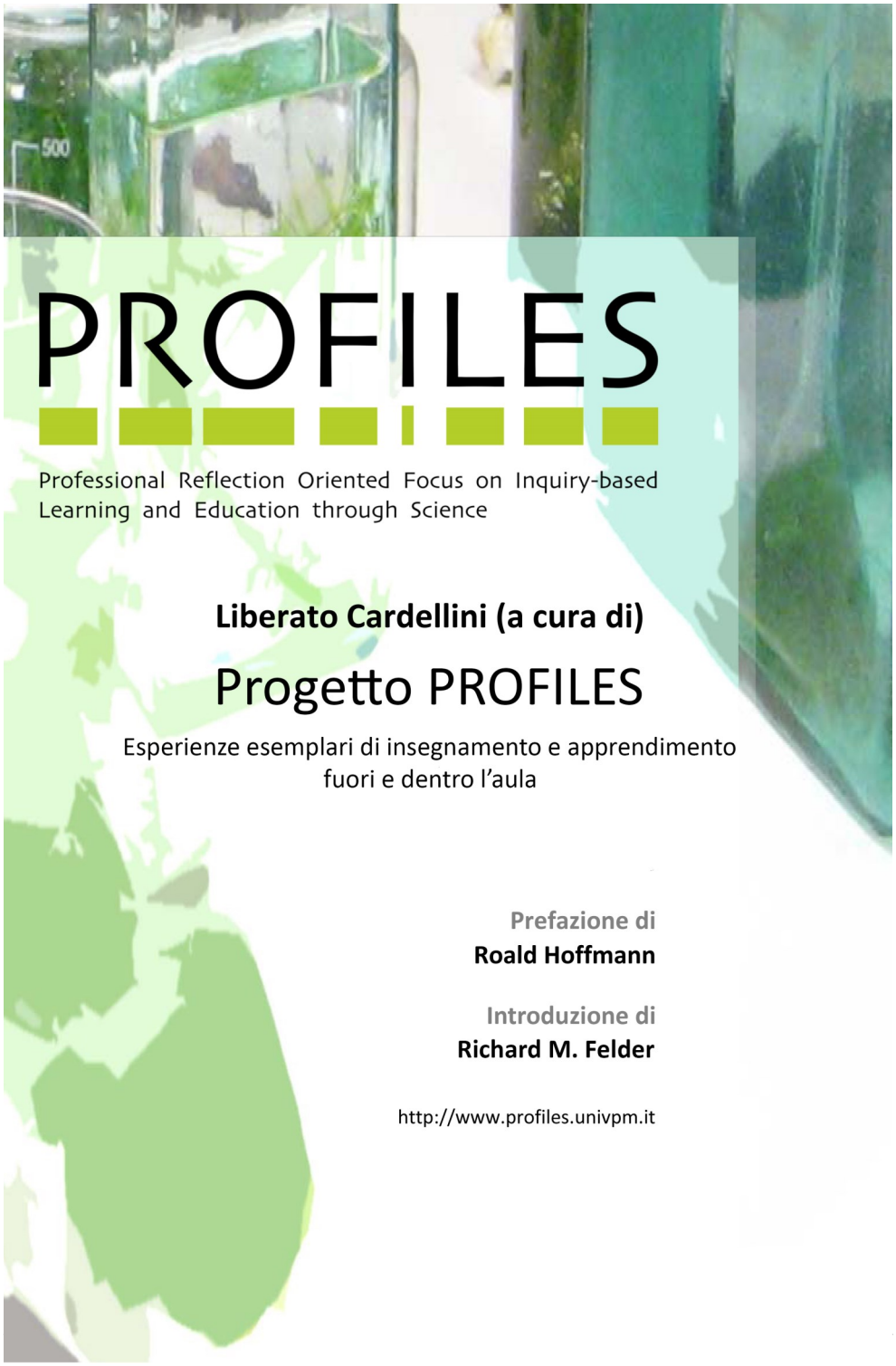


PROFILES

Professional Reflection Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science

Liberato Cardellini (a cura di)

Progetto PROFILES

Esperienze esemplari di insegnamento e apprendimento fuori e dentro l'aula

Prefazione di
Roald Hoffmann

Introduzione di
Richard M. Felder

http://www.profiles.univpm.it

Progetto PROFILES

ESPERIENZE ESEMPLARI DI INSEGNAMENTO E APPRENDIMENTO FUORI E DENTRO L'AULA

A cura di

Liberato Cardellini

Università Politecnica delle Marche

2022

Cardellini, L. (A cura di) (2022). *Progetto PROFILES. Esperienze esemplari di insegnamento e apprendimento fuori e dentro l'aula*
Editorial Office: Liberato Cardellini
© Università Politecnica delle Marche

The document is protected by copyright; and all rights including the right of copying and transmitting as well as any translation and reprint, remain reserved, even when only used in extracts. No part of the document may be reproduced or processed using electronic systems, copied or transmitted in any form without the expressly written approval of the respective author. The copyrights for all pictures, diagrams and texts, if not expressly differently mentions, are with the respective authors and likewise the adhesion for the material used in each case.

http://www.profiles.univpm.it

ISBN:978-88-87548-05-1

Indice

Elenco degli Autori pagina VI

Preface IX
Roald Hoffmann

Foreword 1
Richard M. Felder

Scuola dell'infanzia

1 Degrado e deterioramento ambientale 11
Graziella Paravizzini

2 Principi di educazione scientifica nell'infanzia 17
Anna Rita Benedetti

Scuola primaria

3 Un giovedì speciale alle elementari 23
Valentina Paterna

4 On diagnosing and enhancing students' understanding of the natural world 35
Yue Yin, Jim Vanides, Miki Tomita, Richard J. Shavelson, Maria A. Ruiz-Primo

5 Due esperienze di insegnamento e apprendimento visibile nella scuola primaria 49
Giovanna Paccazzocco, Cinzia Principi

Scuola secondaria di primo grado

6 Dai profumi ai sapori: progettiamo un orto di piante aromatiche 57
M. Vittoria Carini

7 Laboratorio di arte e mestieri 65
Paola Vissani

8 Esperienze di apprendimento cooperativo 87
Umberto Mattioli

9 El vino, vinagre y mosto como recurso didáctico 93
José Antonio Martínez-Pons

10 Episodi di didattica capovolta 113
Monia Grilli

11 Insetti a scuola. Proposta per un apprendimento attivo delle scienze per la scuola media 121
Enrica Miglioli

12 Programma il Futuro, un'esperienza positiva 131
Andrea Giannangeli

13 Healthy/unhealthy diet 137
Chiara Campagnoli

14 I molti aspetti della cooperazione e l'interrogazione cooperativa 143
Federico Teloni

Scuola secondaria di secondo grado

15 C'era una volta …" la fiaba a scuola. Riflessioni sul genere fiabesco e sulla sua valenza educativa nel progetto del Liceo Scientifico "Vito Volterra" di Fabriano 151
Paola Ascani

16 Progetto Marketing: diventiamo imprenditori 155
Francesca Foresi

17 Science education reform in the United States 161
Eugene L. Chiappetta

18 FAD: Formazione A Distanza per studenti lavoratori 167
Francesca Bazzoni, Luciano Scattolini

19 Gabriele è competente? 173
Giuseppe Valitutti

20 Learning a second language in a meaningful way 181
Romano Firmani

21 Scienza e arte: Un laboratorio creativo (La tintura del cavolo) 187
Lorenza Battistini, Pina Frattoni, Anna Gallina, Celestina Crosa, Nadia Guardati, Cinzia Lattanzi, Silvia Stortini, Morena Terzi, Katuscia Palmili

22 Fiera della scienza: Matemagica 195
Teresa Carloni

23 L'insegnamento della Chimica analitica. Analisi volumetrica 201
Rosella Cocciaro, Maria Paola Vallesi

24 Energia è … intelligenza. La nostra scuola ecocompatibile 211
Daniela Bianchini

25 Progetto didattico PBL. Il problema di Giovanni 219
Francesca Vergine

26 ValorizziAMOci – Amor sacro Amor profano 231
Chiara Falessi

27 A scientific approach to the teaching of Chemistry. Evidence from research 245
Norman Reid

28 La topologia dei nodi. I nodi delle cravatte e il concetto di limite di funzione 263
Annamaria Paolucci

29 Tutti autori, e-book, do it yourself. Il libro digitale a scuola fai da te, scoperta guidata per alunni e insegnanti 269
Mariano Maponi

30 Insegnare la Matematica in modo efficace 279
Rosa Pescrilli

31 Learning by doing. Team work: ITT "Divini" – AM Microsystems 283
Elena Marini, Lidia Papavero, Matteo Piersantelli, Adolfo Russo

32 Apprendere per insegnare 289
Silvana Bracaccini

33 Un possibile percorso didattico "alternativo" sullo studio della pressione 297
Fabrizio Gentili

34 How teacher practice can improve students' understanding of science 305
Mansoor Niaz

35 Per concludere il percorso in bellezza 309
Antonio Pistoia

36 Studio sulle proprietà antiossidanti del tè verde utilizzando la reazione di Briggs-Rauscher 317
Rocco Lombardo

37 Adottiamo una diga: quando un progetto diventa realtà 323
Marina Venturi

IV

38	Un cantiere chiamato *PROFILES* *Lucia Caporali*	331
39	Melting colours. Una esperienza di didattica integrata della Chimica applicata, tra classi e corsi differenti *Sergio Palazzi*	337
40	Storia e didattica della matematica: quale rapporto? *Paolo Bussotti*	347
41	Motivating students for science studies in school *Jack Holbrook, Miia Rannikmae*	361
42	La Grande Guerra un secolo dopo: una proposta operativa *Diletta Maria Servili*	377
43	Singolari proprietà del diossido di titanio (TiO_2) *Silvano Fuso*	385
44	Pitagora: le corde della lira, i numeri 1, 2, 3 e 4, il Greco, la sinfonia cosmica delle galassie e ... gli alunni in cattedra!!! *Rossana Brozzesi*	393
45	Approccio al linguaggio chimico attraverso lo studio di casi. Parte I *Alfredo Tifi*	401
46	Approccio al linguaggio chimico attraverso lo studio di casi. Parte II: i protocolli ALCA *Alfredo Tifi*	407
47	A consumer Chemistry case study to promote inquiry-based learning *Teresa Celestino, Fabio Marchetti*	413
48	Ejemplos para el aprendizaje de la química basado en la indagación con aspectos de la vida cotidiana *Gabriel Pinto*	429
49	Insegnamento delle scienze ed educazione alla pace. Un’esperienza di cooperazione didattica tra Italia e Bosnia Erzegovina *Marco Falasca, Lejla Tuzla, Uma Avdukić*	439
50	Progettare percorsi didattici IBSE (inquiry-based science education) *Franco Pirrami*	453
51	Progetto “Fiera della Scienza” *Anna Maria Lodovica Romagnoli, Attilio Rossi*	469
52	Chimica, preziosa chimica! Estraiamo oro dai rifiuti RAEE! *Teresa Cecchi*	475

53 Costruire i concetti nel contesto di appartenenza. Convergenze didattiche paradossali tra mancanza di motivazione e difficoltà di apprendimento 481
Enrico Mansueti

54 L'uso delle tecnologie digitali nella didattica 499
Paolo Cutini

55 When is an experiment not an experiment? 517
Peter E. Childs

Epilogo

56 L'impatto del progetto PROFILES. Parte 1. Organizzazione e basi teoriche 527
Liberato Cardellini

57 L'impatto del progetto PROFILES. Parte 2. L'eccellenza in pratica 573
Liberato Cardellini

Elenco degli Autori

Paola Ascani, *Liceo Scientifico Vito Volterra, Fabriano (AN)*
Uma Avdukić, *Liceo di Breza, BiH*
Lorenza Battistini, *ITT E. Divini, San Severino Marche (MC)*
Francesca Bazzoni, *I.I.S. B. Padovano, Arcevia (AN)*
Anna Rita Benedetti, *Liceo Scientifico G. Galilei, Perugia*
Daniela Bianchini, *I.I.S. Corridoni Campana, Osimo (AN)*
Silvana Bracaccini, *IIS F. Filelfo, Tolentino (MC)*
Rossana Brozzesi, *Liceo Classico F. Stelluti, Fabriano (AN)*
Paolo Bussotti, *Università di Udine, Udine*
Chiara Campagnoli, *I.C. E. Paladini, Treia (MC)*
Lucia Caporali, *Liceo Classico F. Stelluti, Fabriano (AN)*
Liberato Cardellini, *Università Politecnica delle Marche, Ancona*
M. Vittoria Carini, *Scuola Secondaria di primo grado S. De Magistris, Caldarola (MC)*
Teresa Carloni, *I.I.S. Corridoni Campana, Osimo (AN)*
Teresa Cecchi, *I.T.T. G. M. Montani, Fermo*
Teresa Celestino, *Istituto di Istruzione Superiore Galilei-Sani, Latina*
Eugene L. Chiappetta, *University of Houston, USA*
Peter E. Childs, *University of Limerick, Ireland*
Rosella Cocciaro, *I.T.T. G. M. Montani, Fermo*
Celestina Crosa, *IPSIA R. Frau, Tolentino (MC)*
Paolo Cutini, *Liceo Linguistico e Scienze Umane Regina Margherita, Anagni (FR)*
Marco Falasca, *Autore e formatore INDIRE, Torino*
Chiara Falessi, *Liceo Scientifico V. Volterra, Fabriano (AN)*
Richard M. Felder, *North Carolina State University, USA*
Romano Firmani, *Liceo Scientifico A. Orsini, Ascoli Piceno*
Francesca Foresi, *I.I.S. Corridoni Campana, Osimo, AN*
Pina Frattoni, *IPSIA R. Frau, Tolentino (MC)*
Silvano Fuso, *I.I.S.S. P. Levi, Ronco Scrivia (GE)*
Anna Gallina, *IPSIA R. Frau, Tolentino (MC)*
Fabrizio Gentili, *Liceo Classico G. Leopardi, Recanati (MC)*
Andrea Giannangeli, *I.C. E. Paladini, Treia (MC)*

Monia Grilli, *I.C.S. A. Frank, Montecalvo in Foglia (PU)*

Nadia Guardati, *IPSIA R. Frau, Tolentino (MC)*

Roald Hoffmann, *Cornell University, USA*

Jack Holbrook, *University of Tartu, Estonia*

Cinzia Lattanzi, *IPSIA R. Frau, Sarnano (MC)*

Rocco Lombardo, *Liceo Scientifico G. Galilei, Ancona*

Enrico Mansueti, *I.I.S. Ceccano (FR)*

Mariano Maponi, *I.T.T. E. Divini, San Severino Marche (MC)*

Fabio Marchetti, *Università di Camerino, Camerino (MC)*

Elena Marini, *I.T.T. E. Divini, San Severino Marche (MC)*

José Antonio Martínez-Pons, *Universidad de Alcalá, España*

Umberto Mattioli, *Scuola Secondaria di Primo Grado Giovanni Paolo II, Fabriano, (AN)*

Enrica Miglioli, *Scuola secondaria di I grado C. Levi, I.C. M. L. King, Grugliasco (TO)*

Mansoor Niaz, *Universidad de Oriente, Venezuela*

Giovanna Paccazzocco, *Scuola Primaria Madre Teresa di Calcutta, Osimo Stazione (AN)*

Sergio Palazzi, *ISIS di Setificio P. Carcano, Como*

Katuscia Palmili, *IPSIA R. Frau, Sarnano (MC)*

Annamaria Paolucci, *I.I.S. R. Sanzio, Urbino*

Lidia Papavero, *I.T.T. E. Divini, San Severino Marche (MC)*

Graziella Paravizzini, *I.C. E. Paladini, Treia (MC)*

Valentina Paterna, *I.C. King-Mila, Torino*

Rosa Pescrilli, *Liceo Scientifico V. Volterra, Fabriano (AN)*

Matteo Piersantelli, *AM Microsystems, Urbisaglia (MC)*

Gabriel Pinto, *Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España*

Franco Pirrami, *Tirocinio Formativo Attivo, Università di Camerino (MC)*

Antonio Pistoia, *I.I.S. Volterra-Elia, Ancona*

Cinzia Principi, *Scuola Primaria Madre Teresa di Calcutta, Osimo Stazione (AN)*

Miia Rannikmae, *University of Tartu, Estonia*

Norman Reid, *University of Glasgow, Scotland*

Anna Maria Lodovica Romagnoli, *I.I.S. Corridoni Campana, Osimo (AN)*

Attilio Rossi, *I.I.S. Corridoni Campana, Osimo (AN)*

Maria A. Ruiz-Primo, *Stanford University, USA*

Adolfo Russo, *AM Microsystems, Urbisaglia (MC)*

Luciano Scattolini, *I.I.S. B. Padovano, Arcevia (AN)*

Diletta Maria Servili, *I.T.T. E. Divini, San Severino Marche (MC)*

Richard J. Shavelson, *Stanford University, USA*

Silvia Stortini, *IPSIA R. Frau, Tolentino (MC)*

Federico Teloni, *I.C. E. Paladini, Treia (MC)*

Morena Terzi, *IPSIA R. Frau, Tolentino (MC)*

Alfredo Tifi, *I.T.T. E. Divini, San Severino Marche (MC)*

Miki Tomita, *Stanford University, USA*

Lejla Tuzla, *RE.TE ONG, Sarajevo, BiH*

Giuseppe Valitutti, *Università di Urbino*

Maria Paola Vallesi, *I.T.T. G. M. Montani, Fermo*

Jim Vanides, *Stanford University, USA*

Marina Venturi, *Liceo Scientifico G. Galilei, Perugia*

Francesca Vergine, *Liceo Scientifico G. Galilei, Perugia*

Paola Vissani, *I.C. E. Paladini, Treia (MC)*

Yue Yin, *Stanford University, USA*

Preface

If one did not have this book, any account of the realities of science education in Italy would shade over to a jeremiad. A government not paying its teachers enough; chaotic, ill-equipped schools; disinterested parents; students too distracted by the seductive pull of social networks (or just the way the world is around them) to focus on any serious work. How could one teach in such an environment, how could one learn?

But then I open this book, and I see (as you will) dedicated teachers making us of simple everyday substances in laboratories, foregoing fancy spectrometers, and leading, just leading, students to experiment. I see an encouragement for learning through doing, both in making soap and in marketing it. I almost can hear those beer bottles shattering in a physics lab, and, elsewhere, the celebration of what one has learned, on stage and in song. I also see thoughtful reflection, coming out of experience, on when an experiment is an experiment, and how one knows with what a student goes away from a lesson.

I think you will be as encouraged as I was in reading in this book the personal, direct accounts of teaching at the frontlines, so to speak. If the environment is not supportive, and the equipment lacking, these teachers rise above it. I just love these stories of the many, many ways in which Italian teachers have improvised, so as to get the hands and minds of their students engaged in trying to understand. And in the process, with dedication, have woken up in their students the mental powers the young people always had. When those hard-won moment of insight come, they are worth every hour of hard work!

Roald Hoffmann, chemist, teacher, and writer

Foreword

Richard M. Felder
Hoechst Celanese Professor Emeritus of Chemical Engineering,
North Carolina State University
e-mail: rmfelder@mindspring.com

People acquire meaningful knowledge and develop complex skills through practice, reflection, and feedback. We try things, observe and reflect on the outcomes, sometimes get feedback from others on what we did and how we might do it better, and then try again. The more we go through that cycle, the better we get. It follows that providing students with plenty of opportunities for practice, reflection, and feedback from the instructor and fellow students should be the most effective way to teach.

Unfortunately, that is not how most classes past early childhood education is taught. The dominant approach for centuries has been teacher-centered instruction, in which teachers present facts and describe and demonstrate procedures and their students attempt to absorb the presented information and then reproduce it in assignments and examinations. That approach has several benefits for the teachers. They can transfer their knowledge directly into lecture notes, slides, or class handouts and then transmit it to the students in person or electronically. Preparing the materials may take considerable time, but once they have given the course, they can teach it again with relatively little additional preparation. There is one drawback, however. Teaching that makes students mostly passive recipients of information does not lead to much meaningful learning.

The ineffectiveness of teacher-centered instruction is not news. The need for student activity and reflection in the learning process has been known for several millennia, and has been extensively demonstrated in the past century by the work of education pioneers such as John Dewey and countless educational research and cognitive science studies. While mainstream education ignored this knowledge for a depressingly long time, educators are finally beginning to catch on. *Progetto PROFILES* provides excellent evidence of this awareness.

My colleague Rebecca Brent and I recently coauthored a book called *Teaching and*

1 L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 1-9)

Learning STEM: A Practical Guide (1). Our intended audience is teachers of STEM (science, technology, engineering, and mathematics) at the college and secondary school levels, but the methods described in the book have been validated by both cognitive science and empirical classroom research for instruction in all subjects at all educational levels. The 50 chapters of *Progetto PROFILES* provide many examples of some of those methods—notably active, cooperative, and inquiry-based learning—and describe a broad range of applications of the methods to students' development of technical skills, conceptual understanding, critical and creative thinking skills, and entrepreneurship. Those methods and applications are discussed in the remainder of this Foreword, with specific chapters being cited by first author and first page number, e.g., Yin (10). The chapters and sections of *Teaching and Learning STEM* and other references cited in square brackets provide detailed definitions and descriptions of the methods, suggest ways to implement them effectively, and survey the research that validates them.

Active learning (1, Sect. 4.5, Ch. 6; 2)

Active learning has been defined as anything done in a classroom that engages all of the students with the course material by calling on them to work individually or in small groups to answer a question, figure out the next step in a derivation or problem solution, brainstorm a list, critique a paper or presentation, or do any of a countless number of other course-related tasks. Almost every chapter in *Progetto PROFILES* illustrates active learning. Activities discussed include four-year-olds drawing pictures and creating descriptions to illustrate their conceptions of trash and environmental pollution (Paravizzini, Cap. 1), and older students conducting experiments and using the outcomes to draw inferences about behaviors of gases and liquids (Paterna, Cap. 3), unraveling puzzles and magic tricks using mathematics (Carloni, Cap. 22), and designing a product and developing a marketing plan for it (Foresi, Cap. 16).

A teaching method that relies heavily on active learning is the *flipped classroom* (or *inverted classroom*), in which students initially receive information in an online lesson and spend most of the next class session engaged in activities that build on the information. Grilli (Cap. 10) demonstrates how this approach can facilitate students' development of high-level thinking skills in a mathematics course.

Cooperative learning (1, Ch. 11; 3, 4)

Cooperative learning refers to projects carried out by student teams. According to a widely-used instructional model formulated by Johnson, Johnson, and Smith (5), five conditions must be met for group project work to qualify as cooperative learning as opposed to simple group work: *positive interdependence* (the team

members must depend on one another to reach the instructor's learning goals), *individual* accountability (all team members are held accountable for understanding both the work for which they were principally responsible and the work done primarily by their teammates), *promotive interaction* (some of the work must be done by team members working together and reaching consensus on the acceptability of their results), *development and appropriate use of teamwork skills* (the students are helped to develop skills needed for high-performance teamwork, including leadership, project and time management, and conflict resolution), and *regular self-assessment of team functioning*.

Courses that involved cooperative learning are scattered throughout the chapters of *Progetto PROFILES*. They include a project-based course in which student teams designed and built a garden in a deteriorated urban neighborhood to promote the students' awareness of the importance of biodiversity and sustainable development (Carini, Cap. 6); an entomology course designed to teach students the scientific method (Miglioli, Cap. 11); an online computer programming course in which the students developed skills in basic programming, computational thinking, and communication skills (Giannangeli, Cap. 12); and courses in which teams were taught about mathematical functions (Paolucci, Cap. 28), robotics (Russo, Cap. 31), food science and scientific communication (Campagnoli, Cap. 13), analytical chemistry (Cocciaro, Cap. 23), and organic chemistry (Tifi, Cap. 45).

Inductive teaching and learning (1, Sect 9.4, 10.6, 12.2; 6)

In the traditional approach to STEM education, instruction in a topic begins with statements of basic principles and theories, followed by derivations and formulations of problem-solving methods, illustrations of their use, and finally student assignments. In an alternative (inductive) approach, instruction begins with a challenge—a question to be answered, a problem to be solved, or an observation or experimental outcome to be explained. The principles and methods to be taught are learned in the context of addressing the challenge through a combination of individual or team-based student activity supplemented with varying levels of instructor guidance. In *project-based learning*, the challenge is to carry out a project (e.g., a laboratory experiment, a process or product design, or a research study) and produce a report, and in *problem-based learning*, the students are challenged with an authentic (real-world) open-ended problem that may take anywhere from several hours to an entire semester to solve. Other inductive methods include case-based instruction, just-in-time teaching, and discovery learning. Inductive teaching that does not fall into one of those categories is called *inquiry-based instruction* or *guided inquiry*.

Progetto PROFILES presents numerous examples of inductive teaching and learning. Vergine (Cap. 25) used problem-based learning to teach students

environmental science and help them develop critical thinking and communication skills. In examples of project-based learning, students produced science-based works of art in a national competition (Battistini, Cap. 21), designed a school that met various scholastic and ecological criteria (Bianchini, Cap. 24), carried out experiments to answer a series of questions about gas pressure (Gentili, Cap. 33), designed and built a model car, a prosthetic hand, and other devices (Pistoia, Cap. 35), and studied hydroelectric power by building a micro-dam on the Tiber River (Venturi, Cap. 37). Inquiry-based instruction described in many other chapters was designed to promote students' understanding of complex concepts and help them develop a variety of thinking and problem-solving skills.

Promoting conceptual understanding and scientific thinking (1, Section 8.2)

A common complaint about STEM courses is that students who take them may learn to perform routine calculations, but they generally don't learn the principles and concepts behind the calculations. The consequence is that when the students encounter problems that differ even slightly from the ones they saw in class, they cannot make the adjustments needed to get solutions. Another educational challenge is that students often have robust misconceptions about why physical phenomena occur the way they do, and unless instructors can identify and directly invalidate the misconceptions, the incorrect beliefs persist.

Several chapters in *Progetto PROFILES* address the goal of helping students develop conceptual understanding. A powerful and widely used pedagogical tool for doing so is the *concept map*, a diagram that shows the key principles and concepts in a course and the causal and correlational relationships among them. Showing students concept maps can be effective for this purpose, and guiding students in the construction of their own maps is even more effective. Some chapters give examples of the use of concept maps in courses on understanding natural phenomena (Yin, Cap. 11), scientific thinking (Benedetti, Cap. 2), and organic chemistry (Tifi, Cap. 45).

Many of the chapters cited under previous headings for applications of active, cooperative, and inductive teaching and learning also illustrate methods of teaching scientific approaches to problem solving, as do chapters by Bracaccini (Cap. 32) describing a course in the science of materials and nature, and by Niaz (Cap. 34) in a proposal to use the history of science as a vehicle for teaching the scientific method.

Motivating students to study science

A common complaint around the world is that too few students are drawn to

pursue STEM curricula and careers to meet anticipated needs for scientists and engineers in the coming decades. Many authors have reflected on possible ways to interest more pre-college students in science and technology, including authors of several chapters in *Progetto PROFILES*. The general idea is to do as much as possible to teach STEM courses and topics in the context of material related to students' prior knowledge, interests, and career goals (Holbrook, Cap. 11). Besides providing motivation to learn, teaching that way increases the likelihood that presented material will in fact be learned—that is, transferred to long-term memory (1, Sections 3.6-3, 4.3). Illustrations of this approach include using daily life examples to teach chemistry (Pinto, Cap. 11) and games and magic tricks to teach mathematics (Carloni, Cap. 11).

Calls to reform science education

While most chapters of *Progetto PROFILES* describe specific implementations of learner-centered teaching methods, three excellent essays speak in general terms of problems and inadequacies in mainstream STEM education and propose remedies. All those essays would serve well as required readings for every STEM instructor. Eugene Chiappetta (Cap. 11) summarizes remarks and recommendations from recent reports of the United States National Research Council and the National Science Teachers Association. He notes a widespread consensus that most current precollege science curricula are already overstuffed with far more detailed content than is needed to equip students with appropriate levels of skill and understanding, and the situation is likely to get worse when current plans to add engineering to precollege curricula are implemented. He also observes that past efforts at reform—which included attempts to introduce more active, cooperative, and inquiry-based learning into science education—have enjoyed very little success, in large measure because the primary focus of the reforms was content and too little attention was paid to motivating and training the teachers to adopt the new methods. [*Note*: The exact same comment could be made about STEM education at the university level.] No matter how good a teaching method may be in principle, in practice its effectiveness is strictly limited by the pedagogical knowledge and skill of the instructor using it.

Peter Childs (Cap. 11) summarizes and illustrates deficiencies in the traditional ("cookbook") approach to teaching experimental science, along the way providing intriguing glimpses of the history of the field. He suggests that an experiment is not an experiment in the true scientific sense of the word if the experimenters know in advance what the result is supposed to be, or if they are given a detailed recipe to follow or are simply given data rather than obtaining it themselves, or if they just run a computer simulation of an experiment or watch an experiment done live or on a computer monitor. Those approaches can have merit, but they fall short of

equipping students to design and conduct experiments themselves. Childs' suggestion is to return to the origins of experimental science education, in which students were given a research question and, with an amount of instructor guidance appropriate for their background knowledge and experience, designed and carried out experiments to determine the answer. He then offers several examples of transforming recipe-driven experiments into scientific investigations, gives advice on how to do it without overloading students with tasks that are either too difficult or too time-consuming, and suggests responses to instructors concerned that such instruction would require too many resources or too much time.

Norman Reid (Cap. 27) presents a broad critique of traditional chemistry education, drawing on modern cognitive science and using the concept of cognitive overload to explain what makes chemistry difficult for so many students. He also notes that the level of detail and complexity suitable for students intending to become professional chemists (*education in chemistry*) need not and should not be maintained in courses designed to educate students on how scientists approach problems and reach conclusions and on the enormous effects chemistry has had on modern lifestyles (*education through chemistry*). Reid suggests that education through chemistry should dominate precollege chemistry education and education in chemistry should gain increasing importance at increasing course levels, and offers practical suggestions on how to design instruction and assessment in chemistry courses at levels of content complexity and cognitive load suitable for education through chemistry. His suggestions encompass many of the teaching methods featured in other chapters of *Progetto PROFILES*, including using active learning in class, giving pre-learning assignments at appropriate cognitive levels prior to lectures and laboratories, and making sure new material is introduced in the context of students' prior knowledge, experience, and interests.

Unusually innovative teaching

Most of the chapters in *Progetto PROFILES* illustrate the benefits of using teaching methods supported by both cognitive science and solid classroom research, and several of them describe instruction at a level of innovation and ingenuity worthy of being brought specifically to the attention of readers.

Chiara Falessi (Cap. 26) writes about an end-of-semester project conceived by a group of six high school students at the science Liceo Vito Volterra in Fabriano, and eventually participated in by more than 80 students. The idea was to create and put on a show that would demonstrate the academic range and quality of the school to local governing officials, the press, and the public. The show was built on the theme of illustrating and interpreting the concepts of sacred and profane love, and combined recitation, music, dance, and material drawn from every discipline taught in the school, including science, mathematics, art, literature,

and history. The students logged their experiences during the project and reflected on them afterwards, responding to questions about their motivation for doing the project and their feelings about it. They felt they had learned a lot about managing complex projects, dealing with the adult world, working effectively with others in groups, learning about their strengths and areas for improvement, and taking responsibilities seriously and putting them into action.

Rossana Brozzesi (Cap. 44) outlines an extraordinary course built around the Pythagorean theorem that made use of active and cooperative learning, project-based learning, research, concept maps, and flipped classrooms (1, Sect. 7.5). Different teachers presented instructional modules on their areas of expertise and then provided guidance to student teams working on projects in those areas. One module involved translating a Latin essay on the mathematical relations underlying musical harmonies, and a second one then pursued that topic experimentally using Greek instruments and Greek musical scales as focal points. Other projects involved number theory, wave mechanics, cosmology, philosophy, psychology, art, architecture, Latin, Greek, and English, and one particularly imaginative project found influences of Pythagoras in the U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA), the Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI), the European Organization for Nuclear Research (CERN), and the Milan stock exchange.

One of the chapters stood out by including assessment beyond merely surveying students' opinions of their experiences. Teresa Celestino and Fabio Marchetti (Cap. 11) taught chemistry classes using an inquiry-based approach that involved laboratory research activities and cooperative learning. Two cohorts of students taught with that approach consistently outperformed traditionally taught cohorts in assessments of skills in chemistry, problem solving, and critical thinking.

José Antonio Martínez-Pons (Cap. 9) taught a variety of topics in physics, chemistry, and biology by having students conduct experimental measurements of physical and chemical properties of wine, most of which could be performed in a single 45-minute class period with readily accessible equipment and supplies. The experiments included extraction of must from grapes; using paper chromatography to verify that wine contains many components besides alcohol and water; measuring densities of wine, water, and must using densitometry, aerometry, and picnometry; measuring sugar content of wine using refractometry; measuring the pH of wines and vinegars; separating alcohol from water by distillation; and using a home-made ebulliometer to measure variation of boiling point temperature with alcohol content of alcohol-water mixtures. Other experiments included studying diffusion between layers of partially miscible fluids (wine and water) separated by a porous membrane, the transition from laminar to turbulent flow, surface tension, optics, and the effects of climate change on viticulture.

Marco Falasca, Lejla Tuzla, and Uma Avdukić (Cap. 49) describe a cooperative

effort between Bosnia-Herzegovina and Italy to help the former country's science education program recover from the effects of war. The effort involved inquiry-based experimentation and research and cooperative learning and included both instruction of students and training of teachers at four schools in Breza. The instruction focused on answering questions beginning with "How do we explain", "Why do we observe", and "How do we know". The chapter outlines experiments that make use of easily obtained materials and have high visual impact, and describes "Science Saturday", an exhibition put on by students for citizens of Breza that illustrated scientific concepts including density, pressure, and combustion.

Finally, Paola Vissani (Cap. 7) set out to create a "thread of values" textile fiber laboratory centered about creative manual tasks and cooperative learning. Students were organized into four groups that explored different aspects of fiber production, shared what they had learned, and produced a single report. Group 1 explored textiles throughout history—what they were, what they were used for, their different roles in different civilizations and different time periods, and their uses in art and design. Groups 2 and 3 studied natural fibers of animal, vegetable, and mineral origin (Group 2) and synthetic fibers (Group 3)—how they are produced, their characteristics and uses, how they differ, how they show up in art and literature, and how local artists and artisans use them. Group 4 examined the health and environmental impacts of textile production processes and whether and how those impacts can be reduced. The cooperative activities led to a broad variety of learning outcomes, including students' increased appreciation of the value and dignity of manual labor, benefits of cooperation, interconnections among different disciplines (science, mathematics, history, and language), and their own talents and abilities to undertake new fields of study.

Summary

In the Preface to *Progetto PROFILES*, Roald Hoffman writes of the inadequately equipped schools, deteriorating academic environments, underpaid teachers, and poorly prepared and unmotivated students that currently characterize schools in Italy. Similar complaints can be heard many in other countries around the world. Hoffman also observes how encouraged he felt when he read the descriptions in the book of excellent innovative teaching being done by Italian teachers. I had the identical reaction.

International education would be served well if teachers and legislators in all countries would read this book. The teachers might draw inspiration from the stories of instructors whose dedication and creativity enabled them to create powerful learning experiences for their students, despite the challenges faced by their school systems. The legislators might reflect on this thought: if these teachers can provide experiences of this quality in poor instructional environments, how

much more could be accomplished by providing adequate resources to create stimulating and supportive environments? It's a question worth contemplating.

References

1. R. M. Felder, R. Brent, *Teaching and learning STEM: A practical guide*. Jossey -Bass: San Francisco, 2016. <*www.ncsu.edu/felder-public/TeachSTEM/TeachSTEM.html*>.
2. R. M. Felder, R. Brent, Active learning: An introduction. *ASQ Higher Education Brief*, 2 (4), August, 2009). <*www.ncsu.edu/felder-public/Papers/ALpaper(ASQ).pdf*>.
3. R. M. Felder, R. Brent, Cooperative learning. In P. A. Mabrouk (Ed.), *Active learning: Models from the analytical sciences*, (pp. 34-53). ACS Symposium Series 970, Chapter 4. American Chemical Society: Washington, DC, 2007. <*http://www.ncsu.edu/felder-public/Papers/CLChapter.pdf*>.
4. L. Cardellini, R. M. Felder. Cooperative learning. *IS Informatica e Scuola*, 12 (4), 36-39, 2004.
5. D. W. Johnson, R. T. Johnson, K. A. Smith, *Active learning: Cooperation in the college classroom* (3rd ed.). Interaction Book Co.: Edina. MN, 2006.
6. M. J. Prince, R. M. Felder, Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95 (2), 123-138, 2006. <*http://www.ncsu.edu/felder-public/Papers/InductiveTeaching.pdf*>.

Capitolo 1

Degrado e deterioramento ambientale

Graziella Paravizzini
IC "Egisto Paladini" – Treia (MC)
e-mail: paravizzinigraziella@libero.it

Consapevolezza e responsabilità sono le parole che racchiudono tutto ciò che ha significato il lavoro di questo anno. Nato da un progetto in rete "Ambinfanzia" il percorso tracciato e sviluppato con i bambini di 4 anni ha fatto crescere docenti e bambini: i docenti per i risultati raggiunti nonostante le perplessità di una metodologia nuova e i bambini perché alcuni di loro hanno tirato fuori delle capacità che noi avevamo sottovalutato e /o addirittura non conoscevamo.

In circle time nell'aula – sezione viene chiesto ai bambini il significato della parola "rifiuto". Si guiderà la conversazione tracciando una mappatura delle preconoscenze dei bambini riguardo l'ambiente. Ogni bambino farà attenzione a rispettare il proprio turno nella conversazione. Dopo la rilevazione delle preconoscenze attraverso il "brainstorming" si progetta la UDL le cui finalità richiamano la capacità di esplorare, ragionare e sperimentare ed educare i bambini a sentirsi parte di un mondo di cui avere cura.

PRIMA DOPO

Figura 1. Rappresentazione del lago pulito e del lago inquinato.

Nel grande gruppo i bambini ascoltano il racconto “Il laghetto”. Successivamente verranno formati gruppi eterogenei di 4 alunni che riprodurranno graficamente, secondo il metodo cooperativo, la sequenza e la situazione opposta espressa nel racconto: lago pulito – lago inquinato. Ad ogni componente del gruppo si chiede di eseguire un compito preciso: due bambini disegnano, uno colora, uno verbalizza. Da qui la realizzazione di due cartelloni murali.

Ma il degrado è anche quello all’interno della nostra Scuola nella sala - mensa quando i bambini non ripongono nel cestino i rifiuti e non solo …

Figura 2. Si può causare il degrado anche a Scuola …

… fuori dalla Scuola, sulla spiaggia, tracce di inquinamento e degrado ambientale. Dopo l’uscita didattica, tornati in classe, abbiamo chiesto ai bambini, seduti in circle – time se era giusto per loro gettare i rifiuti sulla spiaggia e che cosa accade a quei materiali lasciati lì sulla sabbia. Da qui la formazione di un gruppo cooperativo di tre alunni finalizzato alla rappresentazione grafica e verbalizzazione.

Figura 3. Rappresentazione grafica dei bambini e verbalizzazione.

L’osservazione di vari materiali ci ha portati a proporre un esperimento scientifico sull’assorbimento dei materiali nella terra e nell’acqua. Abbiamo preso 8 vasi. In ciascuno di essi i bambini hanno messo “immondizie” di materiali

differenti: bucce di mela, un pezzo di polistirolo, un foglio di giornale appallottolato, una scatola vuota di tonno. Su quattro vasi viene messa della terra, sui restanti quattro viene versata dell'acqua. Sui vasi con la terra viene messa dell'altra acqua. Infine i vasi sono stati messi fuori sul davanzale. Poi abbiamo chiesto agli alunni di fare delle ipotesi su come sarebbero diventati i materiali dopo essere stati dissotterrati e tolti dall'acqua. Per la maggior parte dei bambini i materiali si sporcheranno e diventeranno neri nel caso di quelli posti sotto terra, si bagneranno per quelli messi nell'acqua. Qualcuno, come Federica, pensa che nel vaso dove c'è la mela "nasce un fiore". Qualche giorno dopo Pietro, osservando i barattoli ha detto che ancora non era successo nulla e che secondo lui la lattina in seguito si sarebbe arrugginita. Dopo circa 4 settimane abbiamo dissotterrato i materiali che stavano sotto terra e tolto dall'acqua gli altri.

Figura 4. Esperimento scientifico sull'assorbimento dei materiali nella terra e nell'acqua.

Nel vaso con le bucce di mela sotterrate i piccoli hanno avuto modo di notare anche un piccolo verme:

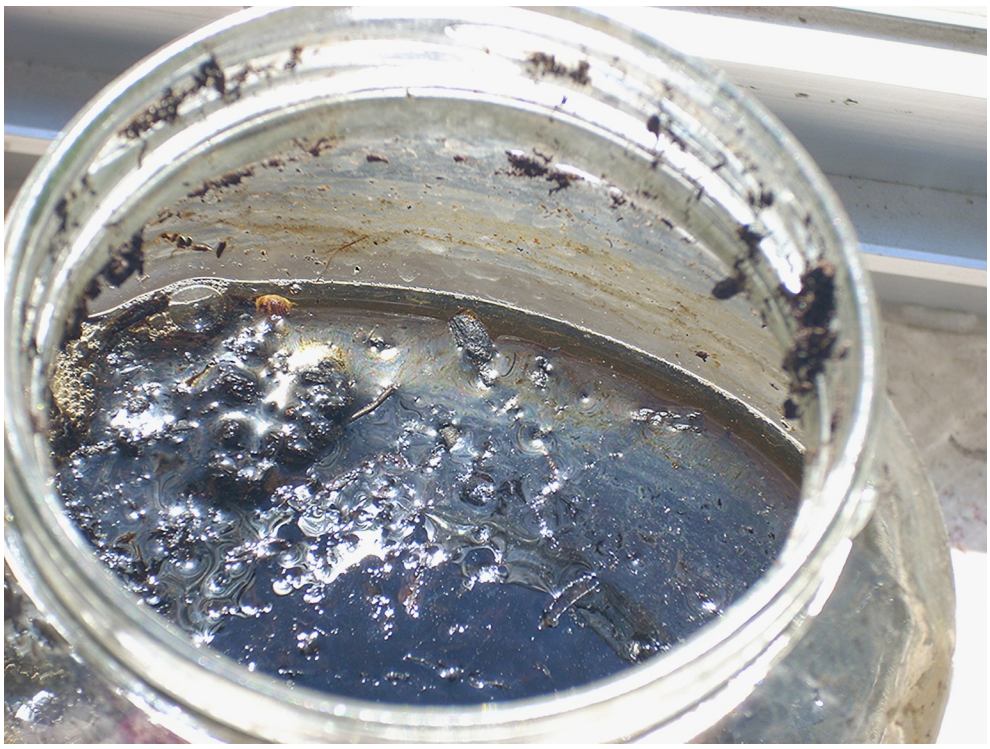


Figura 5. Nel tempo è stato visto anche un piccolo verme.

I bambini si sono resi conto che il polistirolo e la scatola di tonno sono sempre gli stessi, mentre la carta è molliccia e ridotta a brandelli e le bucce di mela sono marcite e sono color di terra. In un secondo momento in palestra viene chiesto ai bambini di riprodurre con gesti motori i materiali che abbiamo messo sottoterra. Successivamente si predispongono gruppi di tre bambini che su fogli grandi rappresentano l'esperienza. Tutto il percorso si conclude con la costruzione di un cartellone riassuntivo dell'esperienza fatta dove i gruppi provano a verbalizzare l'esperienza alla classe e una scheda meta cognitiva con "smile" per esprimere il proprio gradimento.

Bibliografia

1. B. Oakley, R. Felder, R. Brent, I. Elhajj, Turning student groups into effective teams. *Journal of Student-Centered Learning*. 2 (1), 9-34, 2004.
2. R. E. Slavin, *Cooperative learning. Theory, research, and practice*. Second Ed. Allyn and Bacon: Needham Heights, MA, 1995.

Figura 6. Cartellone riassuntivo dell'esperienza fatta realizzato da un gruppo di tre bambini.

Capitolo 2

Principi di educazione scientifica nell'infanzia

Anna Rita Benedetti
Dirigente scolastico - Liceo Scientifico Galileo Galilei, Via XIV Settembre, 79 – 06122 Perugia

L'Educazione scientifica

Parliamo di educazione scientifica e non di semplice insegnamento delle materie scientifiche, in quanto l'educazione pervade tutti gli aspetti formativi e non si esaurisce nello sviluppo dei meri elementi cognitivi dell'apprendimento. L'educazione si cura dello spirito, della psiche e del corpo, sviluppa gli aspetti emotivo-affettivi, relazionali e sociali, oltre alle capacità intellettive. Per educazione scientifica intendo lo stimolo a formare atteggiamenti volti alla scoperta del mondo, alla ricerca dei significati delle esperienze e alla definizione delle relazioni tra il Sé e l'Altro da sé, tra il mondo della percezione interiore e gli universi dell'esperienza.

La nostra cultura è caratterizzata da un'evoluzione della conoscenza che si è strutturata in campi ben definiti ed offre strumenti interpretativi della realtà, creati attraverso percorsi storico-filosofici di ricerca e di costruzione concettuale. Le discipline scientifiche sono l'oggetto dell'educazione scientifica in ambito scolastico e nel percorso formativo dei giovani non può mancare l'alfabetizzazione nei diversi campi disciplinari. L'apprendimento dei linguaggi e dei codici scientifici consente agli studenti di acquisire i mezzi comunicativi e di ricerca per interagire con e dentro le discipline, abilitando ciascuno di loro a continuare, anche autonomamente, i percorsi culturali di sviluppo della ricerca scientifica e delle sue applicazioni.

Perché cominciare nell'infanzia

È noto quanto sia fondamentale il periodo dell'infanzia per la costruzione degli apprendimenti e delle competenze future, quanto il periodo prescolare

L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 17-22)

sia incisivo per il futuro sviluppo della persona ed è quindi indispensabile fondare l'educazione scientifica in questa fase dello sviluppo, per raggiungere risultati certi, sia per quanto attiene alla formazione delle strutture cognitive, sia per sostenere e nutrire la naturale creatività dell'essere umano che già si manifesta nei primi anni di vita. È necessario tenere presente che ogni progresso nella conoscenza è un atto creativo del pensiero e che lo sviluppo della ricerca scientifica avviene proprio grazie a modalità di pensiero orientato alla scoperta, alla individuazione e risoluzione di problemi, alla interpretazione dei fenomeni.

Le indicazioni nazionali per il curricolo

Lo sviluppo del curricolo verticale per il primo ciclo di istruzione si basa sulle competenze che la scuola dell'infanzia deve promuovere. In particolare, nel documento programmatico ministeriale, l'educazione scientifica compare nel campo di esperienza "La conoscenza del mondo". Il processo formativo nasce dall'esplorazione spontanea della realtà e viene stimolato mediante la riflessione sulle proprie esperienze, descrivendole, rappresentandole e riorganizzandole; proprio questo percorso pone "... le basi per la successiva elaborazione dei concetti scientifici e matematici ..." (1, p. 28)

Il linguaggio ha un ruolo chiave in tale processo, come in tutti i processi formativi: il linguaggio comune che si usa per comunicare, ma anche il linguaggio scientifico, costituito dal linguaggio specifico e da simboli. Nelle indicazioni vengono suggeriti i contenuti dell'educazione scientifica: molti aspetti della realtà facilmente osservabili, da cui ricavare gli elementi concettuali e procedurali. Alla fine della scuola per l'infanzia i bambini e le bambine dovranno aver raggiunto competenze in ordine all'uso delle fondamentali strutture cognitive e alle procedure che sono alla base della conoscenza scientifica: raggruppamenti e seriazione, misurazione e rappresentazione simbolica, osservazioni e descrizioni di fenomeni e loro interpretazione e previsione, collocazione di se stessi e di oggetti nello spazio e nel tempo, comprensione ed esecuzione di istruzioni, conoscenza e uso di strumenti meccanici e tecnologici.

Fondamenti della psicologia evolutiva

Una buona didattica è rispettosa delle istanze psicologiche e della loro evoluzione durante la crescita, pertanto è indispensabile che i docenti abbiano una conoscenza approfondita delle caratteristiche dell'età evolutiva e sappiano calibrare gli interventi e gli stimoli in base alla continua osservazione e valutazione delle risposte dei bambini e delle bambine. Richiamo qui solo alcuni aspetti che non possono essere trascurati, bisogni fondamentali per la crescita e per un positivo apprendimento: la sicurezza affettiva, la possibilità di esprimersi liberamente,

la continua ricerca di esperienze.

Il bambino richiede un ambiente sicuro e sereno, in cui sa di essere accettato, protetto e aiutato, la sicurezza affettiva consente la piena espressione delle esigenze cognitive, quindi la disponibilità ad usare corpo e mente per osservare se stesso e il mondo e la libertà di esprimere il proprio vissuto, nella certezza di piena accoglienza da parte degli adulti. La scuola ha il compito di fornire questo tipo di ambiente, nel quale proporre la più ampia varietà di esperienze, che costituiscono nutrimento per la creatività e l'espressione di sé. Il gioco, quale attività spontanea del bambino, diviene strumento metodologico elettivo, capace di soddisfare tutte le esigenze dei bambini e delle bambine: emotivo-affettive, cognitive, espressive. Il gioco quindi, anche nell'educazione scientifica, rimane il mezzo più efficace, a questa età, per la formazione di base.

Ricerca azione

Ed è proprio sotto forma di gioco che si possono proporre attività di concettualizzazione basate sull'osservazione spontanea e guidata della realtà e sull'espressione delle proprie esperienze. Quanto segue si basa su una sperimentazione dell'utilizzo delle mappe concettuali nella scuola dell'infanzia. Le insegnanti, supportate da un corso di formazione, hanno proposto ai piccoli alunni e alunne una metodologia di apprendimento dei concetti scientifici e del linguaggio specifico, partendo da esperienze e da conversazioni, in un percorso di conoscenza di sé, in particolare la percezione del proprio corpo. La didattica per mappe concettuali prevede fasi ben precise e, da parte dell'insegnante, la conoscenza dei concetti e del linguaggio scientifico. Infatti tale didattica si basa sull'assunto che l'elaborazione culturale, soprattutto nel campo delle scienze, è costituita dalla costruzione e organizzazione di concetti connessi tra di loro attraverso relazioni.

L'insegnante, in questo modello didattico, diviene mediatore tra il mondo e il linguaggio del bambino da un lato e la conoscenza scientificamente costruita e definita dall'altro, in modo da stimolare negli allievi e nelle allieve autonomi processi cognitivi. Tali processi si innestano sulla spontanea osservazione da parte dei bambini e delle bambine e consistono nel portare alla coscienza le differenze tra l'elaborazione individuale di tali esperienze e la descrizione e spiegazione scientificamente accreditate. In questo modo non si tratta di semplice memorizzazione, ma di trasformazione ed evoluzione delle strutture cognitive, in cui il linguaggio scientifico viene a sostituire la lingua comune nella descrizione di fenomeni e di esperienze, ma non solo: la riflessione per differenze, tra il percepito e la sua esplorazione scientifica, conduce ad una maggiore capacità di osservazione, ad acquisire l'abitudine alla ricerca di diversi significati, al confronto tra visioni diverse; l'accettazione delle proposte

concettuali della scienza introduce l'idea del sapere scientifico come convenzione, quindi afferma l'esigenza della ricerca continua e della necessità di verifica delle ipotesi.

Percorso didattico

La sperimentazione viene rivolta ad un gruppo di bambini e bambine di tre e quattro anni in una scuola dell'infanzia. Le docenti scelgono come argomento di osservazione il movimento del corpo, quindi preparano la mappa concettuale che illustra il materiale oggetto dell'apprendimento: la nomenclatura delle principali parti del corpo e il funzionamento del movimento muscolare a partire dallo stimolo cerebrale. L'argomento è stato scelto per supportare il processo di conoscenza del proprio corpo, con la presa di coscienza dei meccanismi che consentono il movimento. Come prevede la didattica per concetti, la mappa concettuale serve ai docenti per individuare precisamente il segmento concettuale da introdurre e per individuare gli elementi del linguaggio che definiscono tali concetti e le relazioni tra di loro. Si procede poi con il "colloquio clinico", così definito perché non si tratta di una conversazione, ma di una vera ricerca: i docenti e i piccoli alunni e alunne insieme esplorano le conoscenze già spontaneamente acquisite sulla tematica proposta, i docenti stimolano l'espressione attraverso esperienze, domande, racconti, produzione di disegni, e tutto il gruppo condivide i diversi punti di vista che vengono tutti accettati e discussi, con le ragioni, le spiegazioni e l'esplicitazione dei contesti in cui si sono creati. Si produce in questo modo la "matrice cognitiva" del gruppo, che viene registrata con i disegni e gli oggetti scelti dal gruppo.

La matrice cognitiva costituisce il fondamento sui cui innestare la conoscenza scientifica, si creano con essa l'aspettativa e la motivazione all'approfondimento delle idee e delle esperienze, inoltre i docenti possono verificare quanto è già a conoscenza degli alunni e delle alunne, anche se in modo embrionale ed informale, e quanto invece ancora completamente estraneo; ciò consente di adattare la propria mappa concettuale alle reali esigenze e condizioni del gruppo. Il percorso continua con la predisposizione dell'unità di apprendimento, con la quale i docenti organizzano tempi, modalità e attività per facilitare la trasformazione della matrice cognitiva nella mappa concettuale scientificamente valida. Trattandosi di età dell'infanzia, la maggior parte delle attività sono ludiche, il ruolo del docente è qui fondamentale nel guidare i bambini ad usare, mentre agiscono, il preciso linguaggio scientifico nel denominare il movimento del proprio corpo e nell'individuare le occasioni di rinforzo e di supporto all'uso di tale linguaggio.

Una fase importante, per la formazione delle strutture cognitive, è quella della simbolizzazione, con l'uso di diversi linguaggi: la parola, il disegno, altri tipi di codici, in base all'attività. La simbolizzazione aiuta ad interiorizzare l'esperienza

e abitua, man mano, ad usare il simbolo come sostituto dell'esperienza e come mezzo evocativo della stessa, predisponendo a quelle capacità di astrazione così necessarie per l'apprendimento. Alla fine del percorso è prevista la verifica, sia in relazione all'acquisizione del linguaggio, sia alla capacità di uso dei concetti. Pertanto è importante predisporre modalità di verifica che stimolino all'utilizzo creativo di quanto appreso, attraverso giochi, invenzione di storie, lettura di immagini e drammatizzazione, espressioni grafiche e pittoriche. La valutazione si basa quindi sulla rilevazione dei livelli di padronanza concettuale.

Ricordo in particolare il disegno di un bambino che nella matrice cognitiva individuava la sede del cervello anche nelle ginocchia: c'era già la conoscenza del ruolo del cervello nello stimolo al movimento, ma non, ovviamente, la funzione del sistema nervoso nella trasmissione dello stimolo. Dopo le attività, nel disegno di verifica, il cervello veniva posizionato solo nella testa e veniva anche disegnata la rete nervosa lungo tutto il corpo per la trasmissione dello stimolo. Importante notare che durante tutto il percorso didattico è necessario fare uso di tecniche metacognitive per stimolare nei bambini e nelle bambine la presa di coscienza delle proprie conoscenze e per aiutarli a riconoscere l'evoluzione del proprio percorso di apprendimento.

Risultati

I risultati della sperimentazione hanno dimostrato che è possibile attuare l'educazione scientifica nella scuola dell'infanzia e che il modello della didattica per concetti si rivela molto efficace in quanto affine alle caratteristiche dello sviluppo del percorso di conoscenza scientifica. I piccoli alunni e alunne si sono mostrati entusiasti durante tutte le attività, in quanto protagonisti attivi delle proposte e liberi di esprimersi e di interagire. Le insegnanti hanno rilevato che la sistematicità delle fasi risulta molto utile per l'organizzazione didattica e che l'apprendimento basato sulla scoperta delle matrici cognitive risulta più efficace, strutturato, permanente e quindi formativo.

Conclusione

Nella scuola dell'infanzia si pongono le basi per il futuro sviluppo e per i successivi processi di apprendimento, occorre quindi ottimizzare l'efficacia educativa negli anni preziosi della maggiore plasticità e recettività dell'essere umano. Per la crescita della società è necessario investire risorse nel potenziamento di questo livello scolastico, formando adeguatamente i nuovi docenti e aggiornandoli durante il servizio, valorizzandone al massimo il ruolo delicato ed insostituibile.

Occorre anche porre particolare cura all'ambiente di apprendimento, con interventi di miglioramento degli spazi e ampliamento della dotazione di materiali

e strumenti, necessari non solo per l'educazione scientifica, ma per tutte le attività didattiche. Per la maggiore efficacia formativa, infine, è da ricercare la continua collaborazione dei genitori che vanno aiutati a condividere il più possibile l'azione educativa della scuola. L'evoluzione sociale ed individuale sono possibili solo attraverso un investimento consistente nella formazione dei giovani fin dall'infanzia.

Bibliografia

1. http://www.indicazioninazionali.it/documenti_Indicazioni_nazionali/Indicazioni_Annali_Definitivo.pdf.
2. D. P. Ausubel, *Psicologia e processi cognitivi.* Franco Angeli: Milano, 1978.
3. E. Damiano (a cura di), *Insegnare con i concetti. Un modello didattico tra scienza e insegnamento.* SEI: Torino, 1994.
4. E. Damiano, *Guida alla didattica per concetti,* Juvenilia: Milano, 1995.
5. http://didascienze.formazione.unimib.it/Lucevisione/libretto/libr_4.htm.
6. http://nieer.org/resources/policybriefs/20.pdf.

Capitolo 3

Un giovedì speciale alle elementari

Valentina Paterna
I.C. "King-Mila", Torino
e-mail: paterna.valentina@libero.it

Introduzione

Sono una maestra di sostegno al sesto anno d'insegnamento e grazie alla mia collega Daniela e al nostro continuo scambio di ruoli, sono diventata a tutti gli effetti l'insegnante di tutti i bambini. Abbiamo deciso fin dalla prima elementare che io mi occupassi delle scienze e dell'inglese nella classe, in modo da rendere i nostri ruoli flessibili ed interscambiabili. La mia passione per l'insegnamento delle scienze si è affinata in questi anni, in realtà non è mai stata "la mia materia preferita" ma ho osservato che nei bambini suscitava notevole interesse e partecipazione, con moltissimi contributi che arrivavano anche da casa.

L'impostazione metodologica e didattica che Daniela e io abbiamo scelto in classe è stata fin dall'inizio il lavoro in apprendimento cooperativo; l'esperienza pregressa di Daniela le aveva permesso di conoscere la metodologia e di sperimentarla "a piccole dosi" comprendendone le potenzialità. Il mio incontro con l'apprendimento cooperativo risale ai tempi dei miei studi universitari e alla scelta di approfondirne le caratteristiche e le modalità per applicarlo ed utilizzarlo in classe nel mio percorso di tesi. Grazie alle ricerche, agli approfondimenti e alle svariate opportunità che ho avuto di osservare insegnanti che lo applicavano quotidianamente nelle classi, ho deciso che sarebbe dovuto diventare una delle "mie" modalità principali per un insegnamento coinvolgente e motivante. L'idea su cui mi fermo a riflettere è il fatto che in una lezione in apprendimento cooperativo tutti i bambini pensano, parlano, partecipano attivamente e contemporaneamente alla costruzione del concetto; in una lezione frontale è solo l'insegnante, insieme a pochi alunni, che parla, pensa e partecipa attivamente alla spiegazione del concetto.

Presentazione dell'attività

Grazie al progetto "Le parole della scienza" ho incontrato il professor Falasca, soprannominato "maestro Marco" dai miei bambini. Il progetto vuole iniziare a sviluppare concetti e lessico scientifico fin dalle scuole primarie, attraverso l'osservazione diretta di esperienze scientifiche. L'esperienza attiva, la riflessione e l'elaborazione di ipotesi e di immagini mentali sono attività che, svolte in apprendimento cooperativo, possono portare i bambini a confrontarsi ed a sviluppare maggiore capacità di transfer dei concetti acquisiti. L'attività che abbiamo studiato e proposto con Marco e Daniela, parte dal desiderio di mostrare attraverso un video (ripreso e gestito dall'INDIRE) come l'apprendimento delle scienze in una classe possa essere presentato in modalità cooperativa, sottolineando la figura dell'insegnante come guida per i bambini e non come fonte di controllo. Il costruttivismo è il cardine per assicurare un apprendimento che sia reale e stabile nel tempo.

Figura 1. La troupe in classe.

Il video è stato girato in forma di documentario con una troupe che ha ripreso la nostra attività mentre la svolgevamo in classe. Erano presenti tre ricercatrici dell'INDIRE, Serena, Rachele e Francesca, che ci hanno aiutati a rendere

l'esperienza fruibile a tutti i coloro che vorranno vedere il video. L'esperienza è stata impegnativa ed emotivamente coinvolgente, sia per i bambini, che erano tutti molto emozionati, sia per noi insegnanti che lo eravamo altrettanto. Nella parte iniziale abbiamo diviso i bambini in cinque gruppi, ognuno costituito da due coppie, che in completa autonomia hanno spostato i banchi, predisponendo gli spazi per il lavoro; successivamente abbiamo assegnato loro i ruoli cooperativi: il custode del materiale, del tempo, il portavoce e il regolatore del tono di voce.

Figura 2. Le coppie a lavoro.

Utilizzando la struttura "Pensa - Fai pratica - Discuti in Coppia - Condividi" abbiamo invitato le coppie a gonfiare un palloncino in gomma; per stimolare la collaborazione un componente l'ha gonfiato e l'altro l'ha chiuso con un cordoncino metallico da cucina.

Subito dopo abbiamo domandato ai gruppi: "Perché l'aria che avete soffiato ha fatto gonfiare i palloncini?"; quindi abbiamo chiesto ai bambini di premere (leggermente) sul palloncino con un disco di cartoncino, di osservare come si deformava e come si spostava l'aria al suo interno.

Cercando di guidarli nella riflessione, con una serie di domande stimolo, abbiamo cercato di portarli a costruirsi un'immagine mentale di quello che stava accadendo dentro e fuori il palloncino. Questa parte ha aiutato i bambini a riflettere

individualmente sul fenomeno osservato, dando il tempo a tutti di elaborare liberamente una propria ipotesi. Attraverso la struttura cooperativa "Pensa - Discuti in coppia e poi in quattro - Condividi" ogni coppia ha ricevuto un foglio con questi due disegni e ha dovuto scegliere quale dei due modelli rappresentasse meglio il fenomeno del rigonfiamento del palloncino.

Figura 3. Le prime riflessioni.

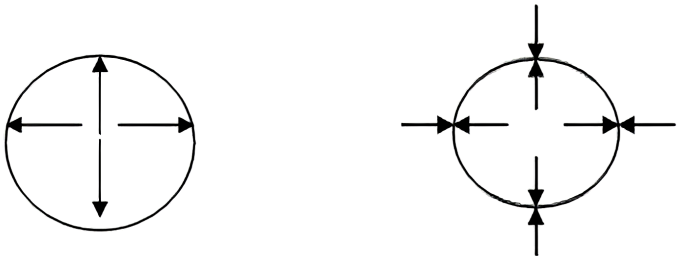


Figura 4. Quale modello rappresenta meglio il fenomeno del rigonfiamento del palloncino?

In 3 minuti la coppia ha dovuto confrontarsi con l'altra del gruppo. A questo punto ogni portavoce si è alzato e, confrontandosi tra di loro per tre minuti, hanno rielaborato le diverse ipotesi per arrivare a formularne una di tutta la classe (struttura cooperativa: "Tutti per uno, uno per tutti!"). Scandire i tempi in maniera

rigida è importante, sia per i bambini sia per l'insegnante, per non perdersi nei vari momenti di confronto e di rielaborazione. Nello specifico: questa struttura permette a tutti, anche i più timidi o timorosi, di intervenire nella formulazione dell'ipotesi di classe che viene riportata alla fine dei diversi momenti di scambio.

La seconda parte dell'attività ha previsto solo l'osservazione dei bambini: dopo aver sistemato una piastra riscaldante di fronte alla classe, a distanza di sicurezza, ho fatto cadere alcune gocce di acqua distillata che bollendo si è liberata nell'aria. Questa volta abbiamo utilizzato la struttura cooperativa "Place-mat": un foglio A3 per ciascun gruppo con una domanda scritta al centro, ai lati uno spazio riservato ad ogni bambino per rispondere individualmente ed infine uno riservato al gruppo per rielaborare le risposte individuali e crearne una collettiva).

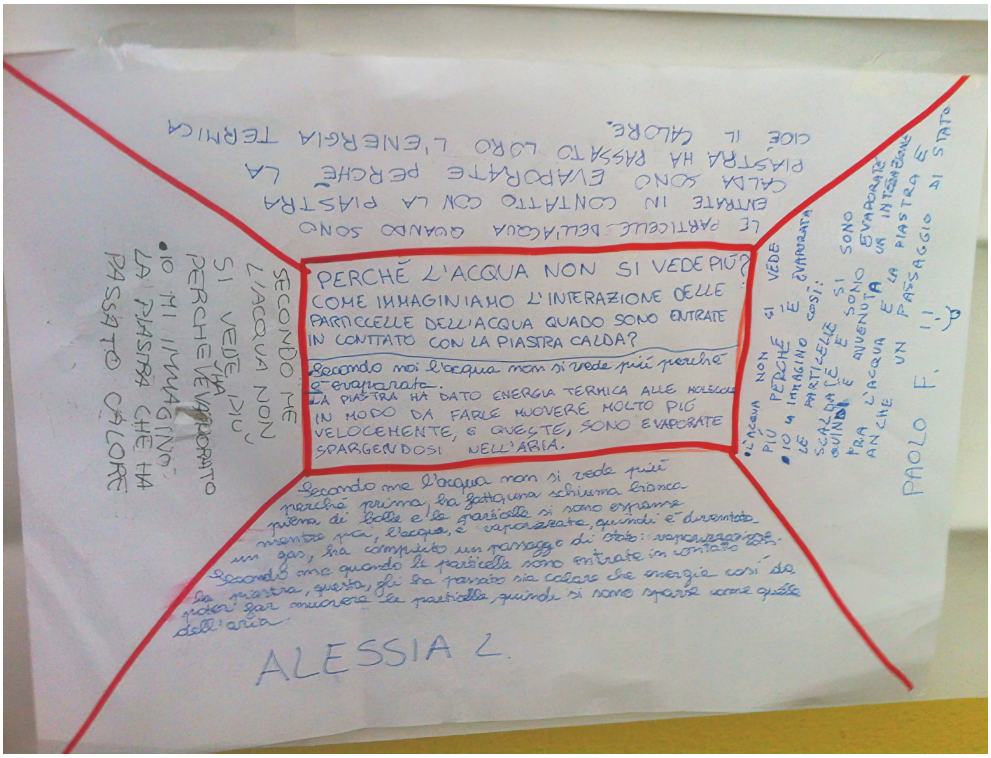


Figura 5. Place-mat di un gruppo di lavoro.

Prima oralmente abbiamo stimolato i bambini poi ognuno ha provato a rispondere alla domanda scritta al centro "Cosa succede alle molecole dell'acqua quando viene riscaldata?" Dopo aver lasciato il tempo ad ogni gruppo di condividere le risposte individuali e di elaborarne una collettiva, le abbiamo lette insieme e abbiamo riassunto le conclusioni oralmente. In queste fasi di rielaborazione, Daniela ed io abbiamo girato fra i banchi guidando e stimolando le riflessioni, aiutando i bambini ad arrivare alla conclusione condivisa. È molto

importante che in questi momenti l'insegnante sia presente fra i bambini perché loro non si sentano soli di fronte a qualcosa di troppo complesso da risolvere.

Figura 6. Il dialogo collettivo.

Per l'ultima esperienza proposta ho utilizzato nuovamente la piastra riscaldante, su cui abbiamo poggiato una beuta al cui interno vi era ripiegato un palloncino.

Per sapere come è stato inserito il palloncino e approfondire l'investigazione dal punto di vista particellare, si consiglia di leggere l'investigazione n°11 presente nel percorso "La Teoria cinetico-molecolare" depositato sul sito Risorse Docenti PON INDIRE: http://risorsedocentipon.indire.it/offerta_formativa/d/index.php?action=tunnel&lms_id=361

Attraverso il dialogo collettivo, ho guidato i bambini nella riflessione su quello che stava accadendo, cercando di focalizzare la loro attenzione sui cambiamenti osservati e sulle loro cause. Questa fase è stata caratterizzata dallo stupore dei bambini che hanno accompagnato l'esperimento con espressioni di meraviglia. Attraverso la struttura "Teste numerate", ogni gruppo ha dedicato un momento alla riflessione individuale e un momento alla condivisione delle proprie ipotesi, per arrivare ad elaborarne una condivisa da tutti.

Questa struttura prevede che l'insegnante chiami un numero a caso, corrispondente ad un membro del gruppo, a spiegare al resto della classe l'ipotesi condivisa, in questo modo si agisce fortemente sulla responsabilità individuale di ogni alunno che così è stimolato ad ascoltare ed a partecipare attivamente alla discussione.

Figura 7. La piastra riscaldante.

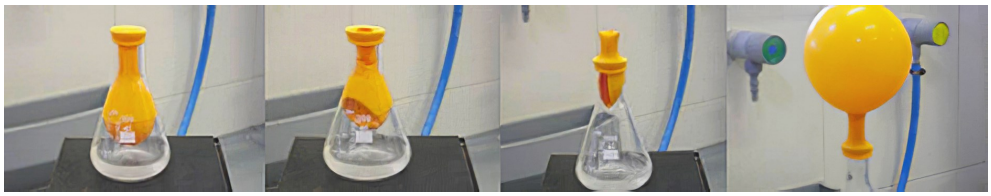


Figura 8. Il palloncino entra ed esce dalla beuta.

È stato molto interessante osservare come all'interno dei gruppi i bambini maggiormente competenti aiutassero i bambini più in difficoltà a prepararsi a rispondere alle domande e li facessero esercitare diverse volte per renderli più sicuri. La cooperazione tra bambini risulta essere sempre uno spettacolo davvero piacevole! Per la revisione metacognitiva finale abbiamo scelto di utilizzare la struttura "Round-table" in cui i gruppi hanno risposto ad alcune domande date dall'insegnante:

1. Ogni gruppo ha ricevuto 4 fogli diversi con 4 domande scritte:
    - Quando gonfiamo un palloncino in che modo si esercita la pressione? In tutte le direzioni o su un punto preciso?
    - L'aria intorno a noi esercita una pressione su tutte le superfici, come si chiama questa pressione?
    - Quando riscaldiamo l'acqua cosa succede alle sue molecole? Perché?
    - Come si chiama la trasformazione dell'acqua che passa da liquido a vapore? E la contro-trasformazione che avviene quando la temperatura diminuisce?
2. Ogni componente ha risposto alla domanda del foglio che portava il suo numero, ha scritto sull'ultimo spazio della pagina e quindi ha piegato il foglio in modo da coprire la sua risposta.
3. Ognuno ha passato il suo foglio al suo vicino in senso orario.
4. Quando è ritornato in possesso del foglio con il suo numero, abbiamo letto tutte le risposte a partire dal numero 1 fino al 4.

Figura 9. "Teste numerate" che discutono.

I tempi sono stati gestiti totalmente da noi insegnati in modo da permettere ai bambini di concentrarsi completamente sulle risposte. Infine, abbiamo ripreso le

risposte dei gruppi collettivamente, rielaborando i concetti principali e rimandando alle lezioni successive i necessari approfondimenti. L'ultima richiesta è stata quella di scrivere su un post-it il gradimento rispetto all'attività proposta, esprimibile con una breve frase o con una faccina.

Figura 10. La maestra supporta il lavoro dei gruppi.

Figura 11. I bambini esprimono il proprio gradimento.

Figura 12. La maestra legge i post-it.

La revisione emotiva è importante perché permette all'insegnante di ricevere un "feedback emotivo" dell'attività, riferito al benessere degli alunni e non all'apprendimento. In questo particolare caso, era necessario capire quali fossero gli stati d'animo dei bambini durante la lunga giornata di riprese.

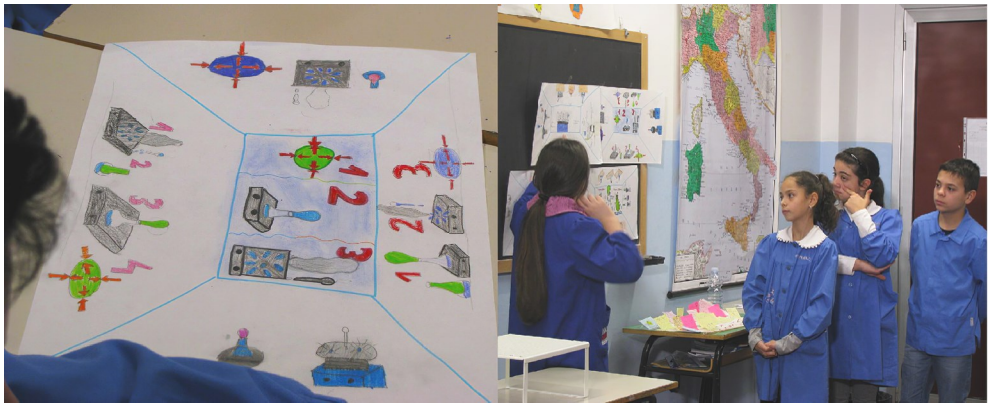


Figura 13. I gruppi spiegano le loro place-mat alla classe.

Il giorno seguente abbiamo cercato di ripercorrere i concetti affrontati, attraverso una Place-mat con disegni, che ha permesso ai bambini di esprimere con le immagini quello che era rimasto loro impresso dopo i vari esperimenti osservati e le riflessioni effettuate con i compagni.

Conclusioni

Lavorare in apprendimento cooperativo è un modo per scambiare, con i propri bambini, pensieri e punti di vista. Durante lo svolgimento di un'attività pensata in modalità cooperativa, le modifiche e i cambiamenti sono necessari: il flusso della spiegazione segue i bambini e le loro osservazioni, inducendo l'insegnante a deviazioni ed approfondimenti che spesso non sono prevedibili. Questa è la caratteristica che più apprezzo nell'apprendimento cooperativo: la lezione si costruisce un passo alla volta in classe con i bambini, io ne studio le linee guida ma insieme scegliamo cosa approfondire e cosa tralasciare, costruendo alla fine qualcosa di unico. Nell'esperienza raccontata, l'essere ripresi ci ha condizionati solo nei primi momenti, in cui eravamo tutti un po' imbarazzati, poi ognuno si è concentrato sul proprio compito, dimenticandosi del contorno.

Sicuramente la parte più impegnativa è rappresentata della preparazione dei materiali: l'insegnante deve scegliere con cura quali e quante esperienze presentare ai gruppi di lavoro, deve valutare quali siano le strutture cooperative migliori da utilizzare e riflettere sulla formazione dei gruppi in relazione agli obiettivi che si vogliono raggiungere. La progettazione è un momento importante ed impegnativo, capace di dare vita ad attività coinvolgenti ed estremamente motivanti sui bambini. L'apprendimento diventa realmente significativo, perché è stato costruito dai bambini un passo alla volta. Gli errori diventano elementi essenziali e funzionali per arrivare alle risposte finali, ognuno si sente libero di intervenire e di inserire idee e materiali personali per arricchire il lavoro di tutti. Anche il clima della classe è più rilassato e sereno perché tutti possono intervenire senza paura di sbagliare e, con l'aiuto dei propri compagni, ognuno può riuscire ad esprimere il proprio punto di vista. Il risultato è tale da investire la maestra da un moto d'orgoglio e di soddisfazione, nel vedere l'intera classe coinvolta in un complesso processo di elaborazione delle teorie scientifiche, alla ricerca della spiegazione dei fenomeni analizzati.

Bibliografia

1. D. Johnson, R. Johnson, E. Holubec, *Apprendimento cooperativo in classe*. Erickson: Trento, 1996.
2. S. Kagan, *Apprendimento cooperativo. L'approccio strutturale*. Edizioni Lavoro: Roma, 2000.
3. R. Karplus, *Introductory physics: A model approach*. W. A. Benjamin: New York, 1969.
4. J. Novak, *L'apprendimento significativo. Le mappe concettuali per creare e usare la conoscenza*. Erickson: Trento, 2001.
5. E. Morin, *La testa ben fatta. Riforma dell'insegnamento e riforma del pensiero*. Raffaello Cortina: Milano, 2000.

Chapter 4

On Diagnosing and Enhancing Students' Understanding of the Natural World[1]

Yue Yin, Jim Vanides, Miki Tomita, Richard J. Shavelson, Maria A. Ruiz-Primo
Graduate School of Education, Stanford University, USA

Introduction

When students come to the classroom, they have their own ideas about the natural world, the knowledge and conceptions they use to understand and explain nature. This knowledge and these conceptions influence how students come to understand what they are taught in school. That is, these ideas form the basis on which students build new knowledge. Some of their existing knowledge provides a good foundation or "cognitive structure" on which formal schooling can build, such as sense of number and language. Other pieces of knowledge, knowledge structures and conceptions, however, are incompatible with currently accepted scientific understanding of the natural world. We call them "alternative" structures or conceptions of nature. Typically students develop their knowledge and conceptions through observation of and interaction with the natural world. From these pieces of knowledge, they cobble together "models" that organize the world. Students rely heavily on what they see; but it is what they do not see that is often the accepted scientific explanation. Consequently, students' science learning is not only the acquisition of new knowledge, it is also the interaction between new knowledge and prior knowledge. For example, everyday life experience leads young children to believe the Earth is flat. Learning that the "Earth is round" some children then believe that the Earth is like a pancake—round but still flat. To fully establish scientifically justifiable conceptions of the natural world, sometimes students have to change how they organize their knowledge and their conceptions—even when their less-than-scientific knowledge and conceptions work in the real world!

To facilitate students' conceptual change toward a scientific understanding of the natural world, teachers need to (a) identify students' current conceptions about the guide students to recognize the universality of the scientific conception. What

 L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 35-47)

is most critical is for teachers to make students' thinking explicit so that alternative conceptions are revealed. Here we present two diagnostic tools for probing students' understanding of nature and organizing teaching to move students from alternative structures and conceptions to scientific ones. With each tool teachers create situations in which students' conceptions are made explicit. One such tool is concept mapping; the other is a "test-like" event. In what follows, we draw from our research on teaching "sinking and floating" where students attempt to answer the question, "Why do some things sink and other things float?" (WTSF). The curriculum on which our example is based is organized around one possible model of WTSF—that of relative densities: (a) things sink when they are denser than the medium in which they are placed (e.g., a rock sinks in water) and (b) things float when they are less dense than the medium (e.g., a wood stick floats in water).

Concept Mapping

A concept map provides one possible representation of how a student organizes her knowledge of some part of the natural world—such as why some things float and other things sink. A concept map is a graphical representation of the relationship among terms (representing concepts; Figure 1). This will sound familiar if you have used graphic organizers, visual software learning tools or concept maps. In our research, we studied various types of concept map activities and found that the design of the activity is critically important. Because open-ended activities are best for exposing "alternate understandings" (cf. "misconceptions"), we use a type of concept map in which students are provided only the terms/concepts and they construct the map. For this open-ended construct-a-map style of concept-mapping activity, students are asked to connect a pair of concepts (e.g., water and matter) with a one-way arrow, and then label the arrow with a word or short phrase that describes the relationship between the two connected terms. These connected terms can be read as a sentence, such as "Water is a type of matter." This sentence—two terms linked by an arrow and phrase—is called a proposition. To make students' thinking explicit on important aspects of the science, a critical activity is teachers' selection of the terms provided to the students.

Although there are many variations in the way you can design concept map activities, those that allow students to construct their own map structure are the most revealing. For this reason, open-ended mapping activities with very few constraints and no pre-defined connecting terms are considered the gold standard for learning more about connections students are making between important concepts. Fill-in-the-blank maps are less suitable for making evident what students' think. Open-ended concept maps give students an opportunity to: (1) think about the connections between the science terms being learned, (2) organize their thoughts and visualize the relationships between key concepts in a systematic way, and

(3) reflect on their understanding. Open-ended concept maps give the teachers an opportunity to identify when students are: (1) not making critical connections, (2) inaccurately connecting concepts, and/or (3) connecting concepts superficially. In sum, concept maps allow students to think deeply about science by helping them to better understand and organize what they learn, and to remember information efficiently. Students also articulate and challenge their thoughts about science when they discuss their maps with each other. Concept-maps, then, allow teachers to collect evidence about how students are organizing the information being discussed about a topic.

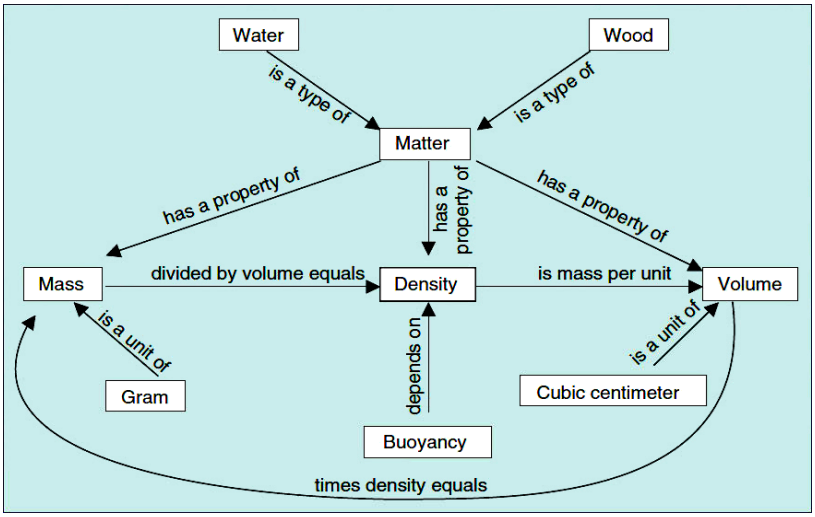


Figure 1. Instructor's (simplified) concept map for a unit on density and buoyancy.

Using Concept Maps

To use concept maps in your classroom, we offer the following three-step recommendation:

Step 1—Select key terms. Scan your curriculum unit and select the most important and critical terms related to the key concepts being taught. Using the terms you have selected, see if you can construct propositions that reflect what students should know and be able to express at the end of the unit. Keep the concept map manageable by selecting a short list of about 8 to 12 terms. Avoid the use of terms that may be easily connected without showing any deep understanding.

Step 2—Determine where in the unit or curriculum the maps will be embedded. Concept maps fit best when alternated with hands-on science activities in a unit. Most often, concept maps are based on the terms that make up the content of a series of investigations. As such, consider inserting a concept

mapping activity at key junctures in the unit. Some criteria to keep in mind in identifying these natural joints are: (1) a sub-goal of the unit is achieved and there is a body of knowledge that can be assessed, (2) a critical point in instruction is reached and it is important to know about students' understanding before proceeding, and (3) a critical shift in student understanding is expected after a particular series of investigations and feedback to students is crucial to help them improve their understanding and to help inform your instruction.

Step 3—Create the activity. For maximum insight into student understanding, design the activity to follow the open-ended construct-a-map style, where students are only provided with the key terms). For students' convenience, you can have them write the science terms on small sticky notes. This allows students to move and organize their thoughts while creating their rough draft.

Teaching with Concept Maps

To implement a concept map activity in your classroom we offer the following four-step recommendation:

Step 1—Train your students. If students have never created an open-ended type of concept map, provide them with a practice topic they are quite familiar with (science-related or otherwise, such as bicycles or food). For example, while the concept map activity itself focused on density, for training purposes students learned to construct a map on a non-science topic (roses), and a practice activity based on the water cycle.

Step 2—Create individual maps first. Ask students to create their own individual maps first. This independent reflection step is crucial; it elicits the personal understanding of each student. We have found that creating a concept map as a class activity without completing individual maps is very time consuming and not engaging for all students.

Step 3—Review the maps in small groups. After students finish their individual concept map, organize small group discussions. Have students share their concept maps with partners. Ask them to find similarities and differences in their maps and try to reconcile them. Group discussions provide opportunities for students to engage in the social aspect of science, where they can articulate their thoughts and learn from each other. Consider the creation of heterogeneous groups with students at different levels in every group. Students in groups also expose to teachers their alternative conceptions as they discuss among themselves.

Step 4—Whole-class discussion of certain parts of the small group concept maps. Ask each group to present their important propositions to the whole class and their organization and explain their choices. Many propositions can be discussed, but focus on those that are more relevant to what you want to

know about the students' level of understanding. A whole-class map can also be created based on these discussions to document class progress, engage students, and provide stimuli for in-depth conversations about science.

Step 5—Revise the maps based on the discussion. We also recommend revising and redrawing their maps. By redrawing their maps, students are encouraged to continue reflecting on the meaning of the science terms; students generate additional details as a result.

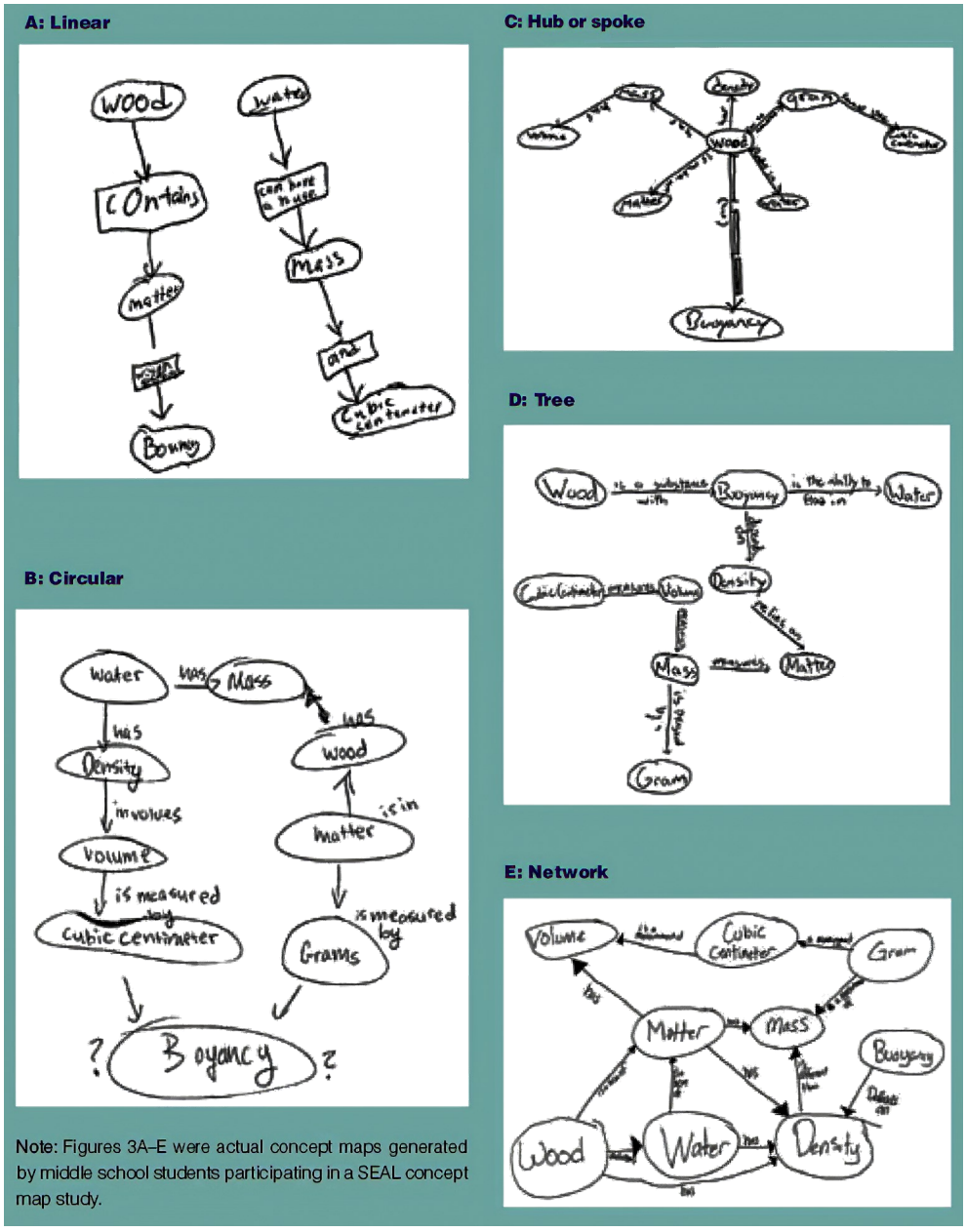
Step 6—Implement the activity at a later time to gather information about students' changes in their understanding. By using exactly the same terms to construct a map at another key juncture in the curriculum unit it is possible to gather information about how students have changed their connected understanding.

Evaluating Concept Maps

Even without formal grading or scoring, you will find concept maps informative. A quick scan of your students' maps will show you what your students are thinking, which in turn will help you generate ideas for improving their understanding. In some cases you may want to formally evaluate or score students' maps. By selecting the most important science terms from your curriculum and creating a consistent scoring process, a concept map activity can be a powerful assessment instrument. We recommend that you focus on the following factors: (a) complexity (Figure 2), (b) existence of the most important propositions (fundamental ideas in sinking and floating like density), and (c) quality of the propositions (e.g., are the propositions correct and scientifically stated? Are they partially correct? Are they incorrect?).

Test-Like Events: Diagnosing and Dealing with Students' Alternative Conceptions

Concept maps provide a visual representation of important aspect of students' "cognitive structures"—how they organize important words (concepts) mentally. They provide a macro view often indicating gaps in students' understanding. For teaching to take the next step, information about the particular alternative conceptions students hold about the natural world (e.g., sinking and floating) is useful. To gain such an understanding, teachers need to probe students' understandings a bit more deeply than just concept maps. In what follows, we provide examples of students' alternative models of sinking and floating and possible probes that teachers can use to reveal these alternative models. Sinking and floating is such a common phenomenon that almost all students have rich experiences and personal "theories" or "mental models" for explaining WTSF, despite its complexity in science. Unfortunately, many of their "theories" are either misconceptions or conceptions that are only valid under certain circumstances.



Note: Figures 3A–E were actual concept maps generated by middle school students participating in a SEAL concept map study.

Figure 2. Examples of students' concept maps for sinking and floating—increasing in structural complexity from A to E.

Based on research literature and an experiment involving over 1,000 sixth and seventh graders, we have summarized 10 misconceptions that middle school students commonly have about sinking and floating (see Figure 3).

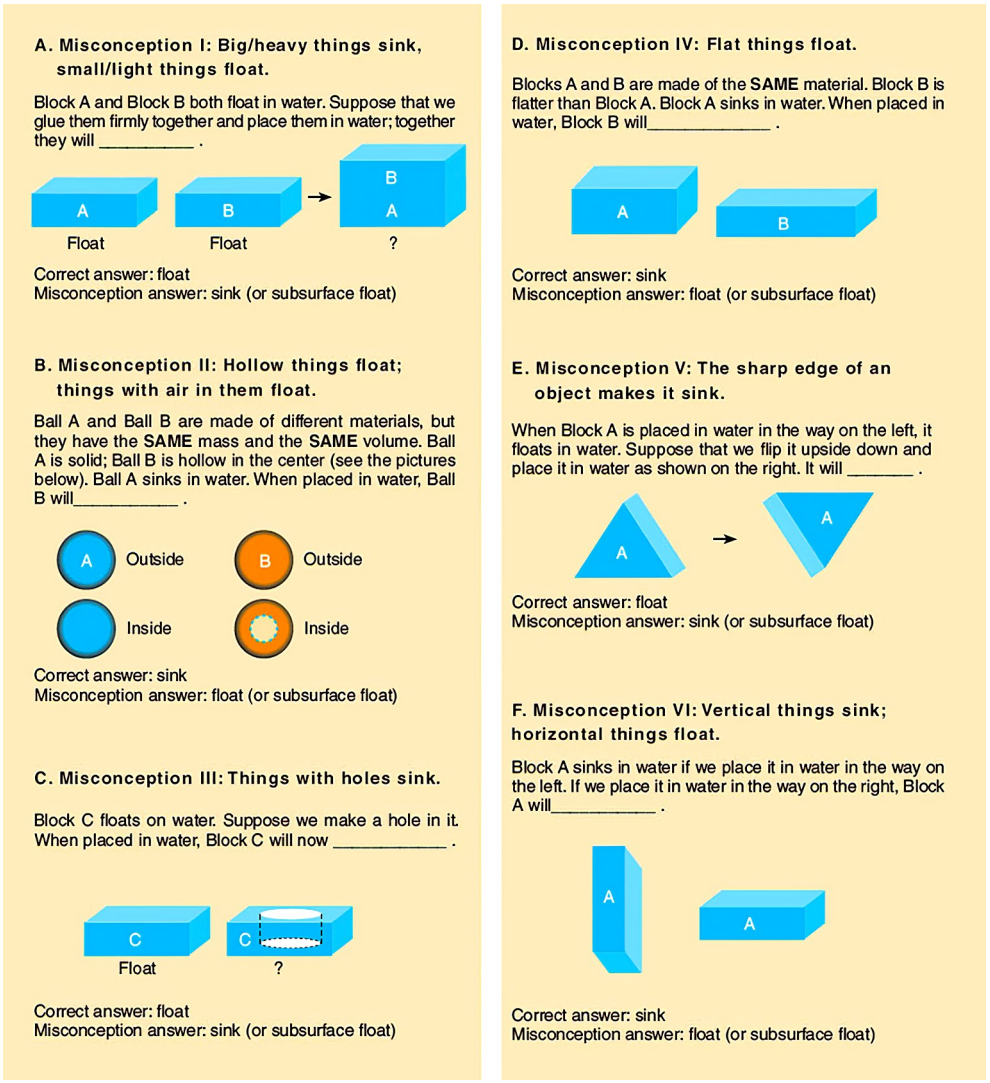


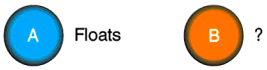
Figure 3. Multiple-choice probes of students' alternative models for explaining why things sink and float.

Those conceptions are so deeply rooted in students' minds that it is very difficult for students to change them, even after they have been intensively exposed to scientific conceptions. To make things trickier, some students might be "trained" to repeat what is emphasized by the teacher and curriculum. These students can provide a scientifically sound answer to simple questions—such as "why do things sink and float"—but still hold their previous alternative conceptions. Authentic laboratory demonstrations or individual interviews are often used to diagnose and change alternative conceptions. However, these diagnostic methods are rather costly

and impractical in the everyday classroom. Facing the challenge of real-world classrooms, we designed 13 multiple-choice items to help teachers diagnose common alternative conceptions related to WTSF.

G. Misconception VII: Hard things sink; soft things float.

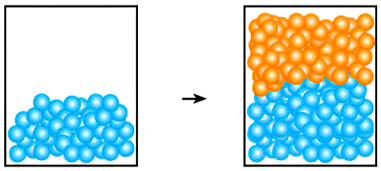
Ball A and Ball B have the **SAME** mass and the **SAME** volume. Ball A is made of something soft. Ball B is made of something hard. Ball A floats in water. When placed in water, Ball B will_____ .



Correct answer: float
Misconception answer: sink (or subsurface float)

H. Misconception VIII: Floating fillers help heavy things float.

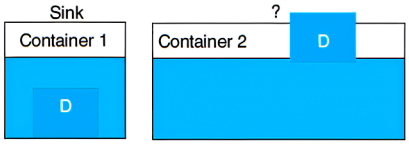
A tightly sealed container is half filled with rocks and it sinks in water. If we fill the other half of the container with foam peanuts, tightly seal it again, and place it in water, it will_____ .



Correct answer: sink
Misconception answer: float (or subsurface float)

I. Misconception IX: A large amount of water makes things float.

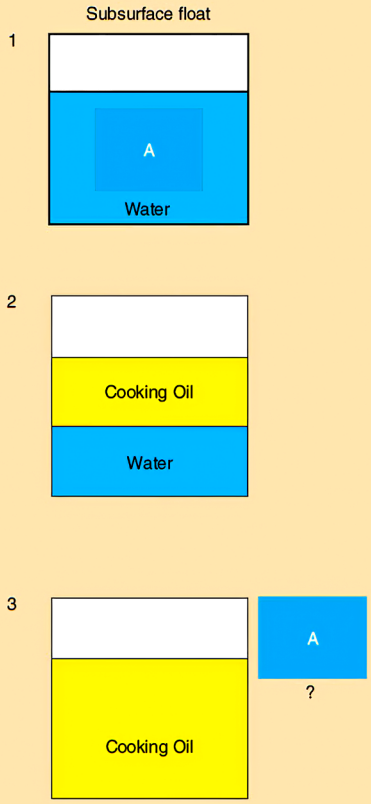
Block D sinks in the water in Container 1. When Block D is put in a big container with more water (Container 2), Block D will _____ .



Correct answer: sink
Misconception answer: float (or subsurface float)

J. Misconception X: Sticky liquid makes things float.

Block A subsurface floats in water (see 1). Cooking oil floats on water (see 2). If Block A is placed in cooking oil, it will _____ .



Correct answer: sink
Misconception answer: float (or subsurface float)

Figure 3 Continued. Multiple-choice probes of students' alternative models for explaining why things sink and float.

Diagnosing Alternative Conceptions

The diagnostic items are given to individual students at the beginning of the unit on buoyancy and density to see what alternative conceptions each student holds

before the teaching. Students complete the diagnostic test in one 45-minute class period. When teaching the unit, we pay special attention to the alternative conceptions identified by the diagnostic tests by designing activities to address each of them —the activities we used will be presented later. At the end of the unit, the same diagnostic items are given to students again to see whether they have established a scientifically sound conception. Each diagnostic item is designed to tap a particular alternative conception. The same three response alternatives are used in each item: float, sink, and subsurface float (see Figure 3). To help us understand more about students' rationale for their choices, we ask students to briefly explain the reason for their choices. For example students who hold alternative conception I—"Things sink or float due to heaviness/size"—will typically select sink or subsurface float for diagnostic item A, while students who have a scientific conception will select float. The short explanations of their reasoning can further illuminate the alternative conception diagnosis. The correct answer and answers associated with the target alternative conceptions are presented with each diagnostic item in Figure 3.

Before proceeding a warning is appropriate here: Designing these multiple-choice items is not easy! The first step is to understand the nature and variety of students' alternative conceptions about some natural phenomenon. Often there is a research literature surrounding a science topic. You can carry out an Internet search for such information. For example, we just (4/25/14) searched for "misconceptions about natural selection" and found a multitude of websites including: http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/misconcep_01. Once you have a firm understanding of the nature and range of misconceptions, and once you (and fellow teachers) confirm their presence (and perhaps others) when you have taught, the next step is to build some questions to probe students' alternative conceptions. We have used a number of different question types but find "Predict-Observe-Explain" multiple-choice questions like those in Figure 3 to be especially well suited. After writing the questions, we use them with students as teaching tasks. The goal is not only to learn what students think but also to find out how we need to re-word the questions so they do, in fact, probe alternative conceptions. This process takes several iterations. Finally, we are ready to use them diagnostically as pre- and post-instruction probes of alternative conceptions.

Realizing Alternative Conception Limitations: Role of Supporting-and Counter-Evidence

To help students realize the limitation of their alternative conceptions, we encourage them to discuss and fill in a worksheet that asks them to provide both supporting and counterevidence for the common alternative conceptions and supporting evidence (Figure 4). Seeing that all the alternative conceptions have counterevidence, students realize these conceptions are not universal scientific rules. In contrast, scientifically

sound conceptions, such as density, do not have counterevidence, and can therefore be used as a universal rule to explain sinking and floating. The worksheet can be completed and discussed in small groups and then discussed in the whole class, so that students can have a rich and wide range of evidence and counterevidence to consider. In addition, when students have trouble coming up with counterevidence for their alternative conceptions, we prepare some predict-observe-explain (POE) activities to promote students' conceptual change. In POE activities, students are asked to (a) predict what will happen if a certain action is taken in an event (e.g., an experiment); (b) observe what actually happens; and (c) finally explain what has happened. Due to students' alternative conceptions, their observations often conflict with their predictions. By creating cognitive dissonance and surprise, POE helps students realize the limitation of their current conceptions and get ready to learn scientific theories.

Misconceptions		Supporting evidence	Counterevidence
I	Big/heavy things sink; small/ light things float.	A boulder sinks, while a leaf and a feather float.	*Small rocks or coins sink, although they are small. Objects made of floating wood will float in water regardless of size. Two pieces of floating wood bundled together still float. A piece of soap sinks in water. If cut into two unequal pieces, both pieces still sink in water regardless of size.*
II	Hollow things float; things with air in them float.	Balloons, beach balls, and basketballs float.	*A submarine sinks although it has air in it all the time.*
III	Things with holes sink.	A boat or ship with a hole in it sinks, e.g., *Titanic*.	*Objects made of floating materials (e.g., wood and foam) will float in water even if there is a hole in them.*
IV	Flat things float.	Water rafts and surfboards float.	*A flat piece of iron and a ceramic plate sink.*
V	The sharp edge of an object makes it sink.	Things with an edge are easier to push in snow, soil, and other solid materials.	*A piece of clay made into an edge shape will sink in water no matter how it is placed in water.*
VI	Vertical things sink; horizontal things float.	When we stand in water, we sink; when we lie on water, we float.	*If we put a piece of wood pencil in water, no matter how you put it in, it floats.*
VII	Hard things sink; soft things float.	Rocks sink, while balloons float.	*A piece of clay sinks in water although it is soft. A piece of wood floats in water although it is hard.*
VIII	Floating fillers help heavy things float.	Life preservers help people float in water.	*If a sealed container sinks, adding foam peanuts and resealing the container won't make it float.*
IX	A large amount of water makes things float.	Boats float in the ocean.	*Some things sink in the ocean although the ocean is huge.*
X	Sticky liquid makes things float.	A marble floats in corn syrup.	*Objects that sink in water will sink in cooking oil, although the oil is very sticky.*

Figure 4. Student worksheet addressing alternative conceptions (columns 2 and 3 are left blank for students to fill in).

In one of our POE activities, we manipulate a piece of clay into different shapes

to help students see the limitations of their conceptions. We show them two clay balls—one is huge, the other is tiny. We ask students what will happen if the two balls are placed in water. Students who have the conception "Heavy things sink" predict that the big one would sink but the small one would float. We then show students that both balls sink. After the observation, students are asked to explain why they both sink. When students discuss their explanations, we guide them to consider the differences and commonalities of the two balls—Volume? Mass? Density? Students then realize that density, rather than volume and mass, determines whether an object will sink or float. Similarly, we use POE to show students the counterevidence for an alternative conception, e.g., "Flat things float". We show students a clay cube sinking in water. We then reshape the cube into a flat clay sheet and ask students what will happen if the flat clay sheet is placed in water. After seeing that the flat clay sheet also sinks in water, students realize that flatness does not determine sinking and floating.

Teaching to Move Students Toward Scientifically Accepted Conceptions

Simply diagnosing alternative conceptions is not an end but a beginning. Learning environments need to be designed where students' alternative conceptions can be challenged, evidence can be collected as to the viability and generalizability of each, and discussion can ensue about what the best available evidence suggest about the conceptions. It is at this point that the students become young scientists engaged in doing science: hypothesizing about competing alternative conceptions, designing experiments to test one or another conception, using evidence to justify their conclusions about the viability of competing alternatives. To this end, we have found POE demonstrations quite effective. They are designed to challenge and test alternative conceptions. For example, to probe students' understanding of WTSF we have used a bar of soap and a pitcher of water. We show students that the bar of soap sinks in water. We then cut the bar into two parts: ¼ and ¾. We ask them to predict whether each will sink or float. Typically they say the large one will sink and the small one will float. Of course the demonstration shows that both sink. They then ask us to cut the ¼ bar in half. Before we do that we have them measure the mass and volume of the ¼ bar and calculate density. We then cut the bar in half and ask students to measure the mass and volume and to calculate density of a half. While mass and volume changes proportionally, density stays the same. But some students still don't believe us. We keep cutting the small piece of soap into smaller halves … eventually the remainder is so small that the water's surface tension keeps the sliver afloat! But by then most students have learned something about sinking and floating.

We have also found student-conducted experiments to be effective. In this case student design an experiment that challenges a conception, such as flat things float.

As shown above, this can be done with clay. However, the teaching task is not done with evidence. Teachers need to model (think and reason aloud) for students how to bring evidence to bear on competing conceptions and to argue from evidence. Once having modeled (perhaps over and over), students should then be given the opportunity to mimic the reasoning observed and argue with justification for their position, or change their position when the evidence shows their favored conception to be less tenable than others.

Concluding Comments

One important goal for science education is to help students come to understand how the natural world works; it is also an important goal of science. Scientists are skeptical of what they personally see and experience in the natural world; they challenge these impressions to understand just how far they go, often discovering inconsistences and better explanations, and thereby surprising themselves. Students are amateur scientists; they too attempt to make sense of the natural world from what they see and experience; they are far less skeptical. Students bring their alternative conceptions of nature to science class. They hold these conceptions as true; they work! Consequently, changing their conceptions is often challenging. Teachers need to know what alternative conceptions students bring with them to class in order to begin teaching science toward the goal of challenging alternative, limited conceptions and helping students come to understand scientifically accepted explanations. Teachers can probe these understandings using such assessment tools as concept maps and multiple-choice questions as we have done. Once alternative conceptions are exposed, the next step is to work with students to decide which of the alternative provide more generalizable explanations and which are quite limited. One way of doing this is with POE questions. Another is to have students set up "experiments" testing alternative conceptions. Either way, what is most important is that students bring trustworthy ("scientific") evidence to bear on their decisions about competing alternative models and use that evidence to justify the position they currently hold.

1. This paper summarizes two earlier papers on tools for teachers to use in probing students' understanding in science classes: Vanides, Yin, Tomita and Ruiz-Primo (2005), and Yin, Tomita and Shavelson (2008).
2. Authorship in (reverse) alphabetical order.

References

1. J. Vanides, Y. Yin, M. Tomita, M. A. Ruiz-Primo, Using concept maps in the science classroom. *Science Scope*, 28, 27-31, 2005. (downloadable reprint, with

permission, is available at http://vanides2.com/Publications/NSTA-ScienceScope/UsingConceptMaps-ScienceScope(summer2005).pdf)

2. Y. Yin, K. M. Tomita, R. J. Shavelson, Diagnosing and dealing with student misconceptions about "Sinking and Floating". *Science Scope,* 31 (April/May), 34-38, 2008.

Capitolo 5

Due esperienze di insegnamento e apprendimento visibile nella scuola primaria

Giovanna Paccazzocco, Cinzia Principi
Scuola Primaria "Madre Teresa di Calcutta", Osimo Stazione - Ancona
e-mail: giovanna_paccazzocco@alice.it; principic61@gmail.com

Le esperienze “Bis…cotti e mangiati!” e “Il giardino delle farfalle” nascono come percorsi in verticale tra classi diverse della scuola primaria. Entrambe si caratterizzano per il fatto di mirare allo sviluppo di tutte le competenze chiave di cittadinanza (imparare ad imparare, progettare, comunicare, collaborare e partecipare, agire in modo autonomo e responsabile, risolvere problemi, individuare collegamenti e relazioni, acquisire e interpretare le informazioni) per rendere gli alunni futuri cittadini critici e responsabili. Le due esperienze condividono anche le stesse metodologie: tutoraggio dei più grandi che guidano i più piccoli alla scoperta di conoscenze, cooperative learning e problem-solving.

Motivazione e metodi didattici

Noi insegnanti abbiamo pensato e attuato i due percorsi partendo dalla convinzione che “fare matematica” alla scuola primaria non significhi solo eseguire “operazioni” o “risolvere problemi con le operazioni aritmetiche”, ma è importante avviare gli alunni ad altre operazioni necessarie ad interpretare i dati dell’esperienza reale quali: rappresentare, schematizzare e generalizzare che costituiscono le basi fondanti delle competenze in matematica (così come d’altra parte viene richiesto anche dalle tanto discusse prove INVALSI).

Se il nostro lavoro nelle classi deve mirare a far sì che gli alunni sviluppino tali competenze allora è necessario un cambiamento di rotta nel modo di lavorare in classe: i bambini non devono rimanere sempre seduti dietro i banchi ma devono anche discutere e confrontarsi, muoversi per sperimentare, dialogare e imparare a ragionare. Queste considerazioni hanno determinato alcune nostre scelte metodologiche:

- problem-solving per trovare strategie di soluzione attraverso le esperienze;
- cooperative learning per discutere, confrontarsi e giungere a soluzioni condivise;
- tutoraggio per comunicare in modo efficace anche tra bambini di età diversa.

Bis…cotti e mangiati! (anno scolastico 2012-13)

Introduzione

Questa esperienza nasce dalla riflessione di come i bambini siano spesso consumatori passivi e vittime inconsapevoli dei messaggi pubblicitari. Attraverso l'analisi di un prodotto largamente usato da tutti i bambini, i biscotti per la prima colazione, si è cercato di renderli consapevoli di ciò che mangiano. Il percorso interdisciplinare è stato caratterizzato da due momenti: una prima fase durante la quale si è compiuta un'analisi di un prodotto largamente usato da tutti come i biscotti per la prima colazione e una seconda fase in cui gli alunni hanno sperimentato la progettazione e la produzione dei biscotti. Questa è stata l'occasione per dare senso alla matematica (D'Amore La matematica come farla amare) perché manipolando gli ingredienti essi hanno sperimentato algoritmi e procedure matematiche in un contesto reale.

L'esperienza è stata condotta in due classi quinte e in una classe terza della scuola primaria, nel bimestre Aprile-Maggio 2013 dedicando in media ad esso 2 ore settimanali e in raccordo con le lezioni svolte nelle classi dall'esperta del WWF in merito alla lettura delle etichette riportate sulle confezioni degli alimenti.

Finalità e obiettivi dell'esperienza:

Questo complesso progetto (http://www.profiles.univpm.it/sites/www.profiles.univpm.it/files/profiles/MODULI/Biscotti%26Mangiati.pdf) è stato sviluppato con l'intento di:

- Offrire occasioni d'integrazione attraverso attività per piccoli gruppi, creando l'opportunità di esperienze sociali positive e piacevoli.
- Rafforzare l'identità e le competenze sociali attraverso il rispetto delle regole di vita comunitaria e di quelle di educazione alla salute.
- Sviluppare la creatività.
- Compiere attività di discriminazione, ordinamento, classificazione dei vari ingredienti.

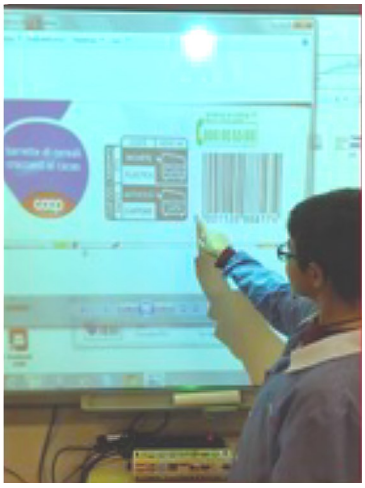
- Misurare quantità e pesi degli ingredienti.
- Raccontare l'esperienza in ordine temporale e causale.
- Conoscere e rispettare le basilari regole di igiene legate all'alimentazione.
- Intuire alcuni elementi di proporzionalità.
- Risolvere problemi e utilizzare algoritmi di calcolo.

Fasi attuative

In un primo momento gli alunni divisi in gruppi hanno osservato, analizzato e infine disegnato alcune confezioni di biscotti portate in classe dall'insegnante, in questa fase all'interno dei gruppi hanno assunto responsabilmente i ruoli più consoni alle attitudini individuali. Gli elaborati prodotti sono stati raccolti in un cartellone che è stato il punto ripartenza per la fase successiva: la discussione sull'analisi degli ingredienti e la lettura delle etichette guidati dall'esperto WWF con spiegazioni e ricerche in rete.

Successivamente agli alunni è stato chiesto di raccogliere informazioni relative al prezzo e al peso delle varie confezioni prese in esame; da ciò è scaturita un'attività

di problem-solving per stabilire quale fosse il prodotto più conveniente, chiedendo di elaborare una valida giustificazione scritta alle risposte fornite. A questo punto i ragazzi hanno focalizzato la loro attenzione sulla tabella nutrizionale dei biscotti presi in esame e hanno scoperto la funzione dei vari additivi contenuti e le loro correlazioni con la salute. Molto interesse ha suscitato inoltre la decodifica del codice a barre per la modalità di scrittura e le informazioni che se ne possono ricavare.



La fase successiva è stata denominata “Divento io un produttore di biscotti” in quanto, partendo da una ricetta, i ragazzi si sono impegnati nel realizzare dei prodotti pianificando e attuando tutte le operazioni necessarie:

- uscita al vicino supermercato per l’acquisto degli ingredienti necessari;
- preparazione dei biscotti;
- realizzazione del contenitore completo di etichetta e prezzo.

Monitoraggio e verifica

Durante le varie fasi del percorso è stata svolta un’osservazione sistematica sugli

alunni sia dal punto di vista relazionale che sui loro atteggiamenti verso i contenuti trattati. Dall'osservazione è emerso che l'attività condotta in gruppo ha permesso a tutti di trovare strumenti e modalità per:

- ricercare una soluzione condivisa al problema;
- reperire le informazioni necessarie;
- comunicare sia attraverso immagini che in forma testuale.

La verifica del percorso è stata strutturata in verifiche disciplinari individuali, produzione di cartelloni di sintesi realizzati a gruppi e presentati al resto della classe, la compilazione di un questionario di gradimento da parte degli alunni e dall'assunzione di un atteggiamento più critico, anche in un contesto non scolastico, nei confronti degli alimenti e della loro commercializzazione come è stato riferito dai genitori.

Il giardino delle farfalle (anno scolastico 2014-15)

Il "Giardino delle farfalle" nasce come percorso in verticale tra alunni della seconda e della quinta di scuola primaria per introdurre il concetto di simmetria. Il punto di partenza è stato l'osservazione di esseri viventi per scoprire la simmetria nella natura e approfondire lo stesso concetto anche con l'utilizzo degli specchi e, soprattutto in quinta, con l'uso di un software per la geometria dinamica come Geogebra. L'esperienza è stata svolta nelle classi da Febbraio a Marzo dedicando ad essa una lezione settimanale di 2 ore.

Competenze di riferimento:

- Imparare ad imparare.
- Comprendere e produrre testi di vario tipo in differenti scopi comunicativi.
- Risolvere problemi in contesti diversi valutando le informazioni e la loro coerenza.
- Spiegare il procedimento seguito anche in forma scritta mantenendo il controllo sia sul piano risolutivo che sul risultato.

Obiettivi del progetto:

- Rendere consapevoli gli alunni di quinta delle loro competenze strumentali e della possibilità di utilizzarle nell'attività con i bambini di seconda.

- Presentare ai bambini di seconda nuove modalità per trovare e scambiare informazioni, collaborare e iniziare a utilizzare strumenti multimediali e software.

Descrizione delle attività:

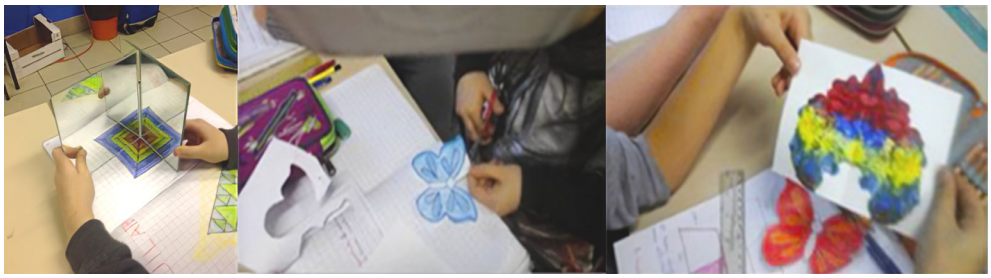
Il percorso è iniziato dal bisogno dei bambini di seconda di acquisire informazioni sulle farfalle. Dopo una prima discussione in classe si è deciso di chiedere aiuto alla classe quinta, visto che anche in altre occasioni i grandi erano intervenuti nella classe per spiegare procedure o fornire i termini appropriati per quello che riguarda contenuti di matematica e scienze. A questo punto noi insegnanti ci siamo accordate per utilizzare una modalità diversa di tutoraggio che prevedesse l'utilizzo della LIM e del computer. Si è deciso di usare:

1. Padlet per lo scambio in tempo reale di informazioni e richieste;
2. Geogebra per approfondire i contenuti sulla simmetria presente nella natura.

Dopo le prime attività sulla simmetria svolte attraverso modalità diverse quali:

- attività con lo specchio,
- disegni e attività di ritaglio,
- macchie utilizzando la tempera,

le insegnanti predispongono la bacheca di Padlet e iniziano gli scambi di informazioni e di immagini tra le due classi che in questa fase hanno lavorato divisi in gruppi: i piccoli chiedono ai grandi informazioni sulle farfalle; i grandi, visto che hanno visitato l'anno prima la casa delle farfalle di Milano Marittima, rispondono attraverso la bacheca condivisa del Padlet, inviando foto e notizie che avevano dell'uscita.



A questo punto gli alunni di classe quinta, dopo aver ricercato immagini e notizie di farfalle da tutto il mondo, ne discutono in gruppo per sceglierne alcune da proporre ai bambini della seconda. La loro scelta cade sulla farfalla più grande del mondo, su quella più piccola, sulla farfalla Monarca che avevano studiato in scienze e su una farfalla le cui ali ricordano il numero ottanta o ottantotto e che

decidono di chiamare “farfalla numerina”.

Le farfalle selezionate vengono inviate alla classe seconda che le osserva alla LIM e con grande entusiasmo le disegnano e fanno proprie le notizie ricevute. Per ricondurre il lavoro alla simmetria la classe quinta predispone uno “scherzetto di Carnevale”: Improvvisamente le farfalle perdono un’ala con la richiesta fatta ai più piccoli di ricostruire l’ala mancante. I bambini di seconda, sperimentata l’impossibilità di ricostruire la farfalla intera attraverso il disegno, anche ricorrendo all’aiuto degli specchi, si arrendono e chiedono come poter fare. I ragazzi di quinta decidono, così, di proporre ai più piccoli l’uso di Geogebra, che già sanno usare, e lo fanno attraverso un filmato che realizzano in classe. In seconda arrivata via padlet la soluzione tutti provano alla Lim a ricostruire l’ala mancante della loro farfalla.

Monitoraggio e verifica

Le varie fasi del percorso sono state accompagnate da osservazioni sistematiche sull’atteggiamento degli alunni da un punto di vista relazionale e da verifiche disciplinari. Il compito autentico prodotto dagli alunni della quinta è stata la realizzazione del video tutorial utilizzato per ricostruire l’ala perduta delle farfalle; il compito autentico dei bambini della seconda è stato comprendere e applicare le indicazioni contenute in esso per poter riavere le immagini intere delle loro farfalle e poter, finalmente, realizzare il loro cartellone.

Considerazioni finali

I due percorsi hanno riscosso un alto livello di gradimento da parte di tutti gli alunni. Le modalità di lavoro utilizzate: tutoraggio, cooperative learning, problem-solving e uso delle tecnologie hanno permesso agli alunni di avvicinarsi ai concetti matematici proposti in un contesto significativo e reale e hanno confermato a noi insegnanti che, come afferma Martha Isabel Fandiño Pinilla, i principali protagonisti della costruzione dell'apprendimento e della valutazione di esso sono gli alunni e il nostro ruolo consiste nel favorire la costruzione e la riflessione di strategie personali per apprendere.

Bibliografia

1. M. I. Fandiño Pinilla, Diverse componenti dell'apprendimento della matematica, La vita scolastica, 2015-2016;
2. B. D'Amore, M. I. Fandiño Pinilla, *Matematica come farla amare*, Giunti Universale Scuola: Firenze, 2013.
3. G. Bolondi, *La matematica quotidiana*. Mimesis: Milano, 2005.

Capitolo 6

Dai profumi ai sapori: progettiamo un orto di piante aromatiche

M. Vittoria Carini
Scuola Secondaria di primo grado "S. De Magistris" Caldarola (MC)
e-mail: m.vittoriacarini@libero.it

Caratteristiche del progetto e motivazione della scelta

In fase di elaborazione del Piano dell'Offerta Formativa relativo all'anno scolastico 2010 - 2011, il nostro Istituto ha raccolto la sfida dei "nuovi saperi" aderendo ad un progetto di educazione ambientale, riservato alle scuole di ogni ordine e grado, bandito dalla regione Marche. La finalità generale dell'iniziativa era chiaramente esplicitata: "educare alla cittadinanza attiva e responsabile per la costruzione della città ecologica e solidale nell'ottica globale della green economy". Tra le tematiche proposte si è scelto di lavorare sulla biodiversità, argomento dal valore altamente formativo, se affrontato con l'obiettivo di educare i ragazzi ad un diverso rapporto con la natura, all'insegna del rispetto e della valorizzazione dell'ambiente in cui viviamo. È apparsa fin da subito indiscutibile la validità dell'esperienza proposta, poiché l'argomento trattato dava la possibilità di costruire percorsi pluridisciplinari con attività laboratoriali significative sia dal punto di vista etico – relazionale che didattico, inoltre permetteva di lavorare sul senso di appartenenza alla comunità locale, prevedendo, fin dalle fasi iniziali, una stretta collaborazione con il Comune e altri soggetti operanti nel territorio.

L'idea è maturata sfogliando un vecchio album fotografico relativo alla struttura che attualmente ospita l'Istituto Comprensivo, un tempo (anni '40 - '50) sede della scuola di avviamento professionale con indirizzo agrario. Nelle foto esaminate era ben visibile che le aree non edificate adiacenti l'edificio scolastico erano state destinate un tempo a giardini ed a veri e propri campi per la coltivazione di diverse varietà di piante. Da qui l'idea di "recuperare" una di queste aree, oggi parzialmente cementificata e adibita a spazio ricreativo, creandovi un orto di piante aromatiche, in perfetta sintonia con il passato. Nella realizzazione del progetto sono stati coinvolti gli alunni della classe prima della scuola secondaria e quelli della quinta

della primaria; questi ultimi si sono occupati dell'allestimento di un piccolo erbario, utilizzando le specie vegetali messe a dimora dai compagni più grandi.

Compito unitario in situazione

Creare un orto botanico di piante aromatiche, allestendo un erbario con le stesse; realizzare un cartellone illustrativo delle caratteristiche delle singole specie con targhette identificative da inserire nel terreno vicino ad ogni piantina.

Obiettivi formativi

1. Sensibilizzare gli alunni al rispetto, alla cura, alla conservazione ed al miglioramento dell'ambiente;
2. scoprire il valore della diversità sia sul piano ecologico (ricchezza delle specie vegetali) che su quello socio – culturale (senso di appartenenza alla propria comunità ed alle proprie radici);
3. documentare esperienze in diverse forme (iconografiche, scritte …);
4. lavorare in modo cooperativo e collaborativo, coinvolgendo diversi soggetti che operano nel territorio.

Attività laboratoriali

Una prima attività è stata la raccolta di materiale iconografico reperito negli archivi della scuola, nel caso specifico vecchie foto in bianco e nero, risalenti agli anni '40 - '50 del secolo scorso, relative all'edificio scolastico e all'area nelle sue vicinanze e ai loro cambiamenti nel tempo.

Figura 1. L'edificio scolastico e le sue vicinanze.

Sono state scelte le immagini ritenute più significative che sono state visionate e commentate in classe, in un'ottica di confronto della situazione del passato con lo stato attuale: gli alunni hanno potuto rendersi conto come l'area in questione abbia

subito sensibili cambiamenti a causa della parziale cementificazione e della conseguente scomparsa della campagna circostante.

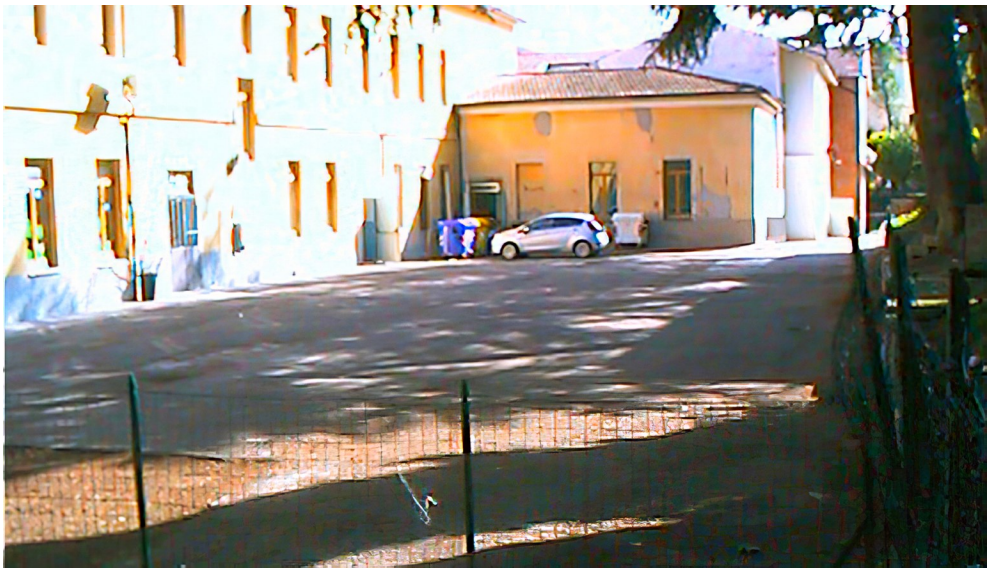


Figura 2. L'edificio scolastico oggi.

La seconda fase ha previsto l'incontro in aula con un'esperta del Laboratorio Territoriale della Provincia (LAB.TER "Monti Azzurri"), ente che si occupa, tra l'altro, di pianificare attività inerenti alle problematiche ambientali. La biodiversità il tema affrontato, di cui è stata sottolineata l'importanza ai fini della conservazione della specie; diverse, in questo contesto, le strategie metodologiche poste in essere per sensibilizzare gli allievi e avviare una riflessione: proiezione di diapositive, giochi interattivi, domande - stimolo per coinvolgere gli studenti e valutare l'incisività dell'intervento. Nei giorni successivi è stata effettuata un'uscita, finalizzata all'osservazione diretta delle varie specie vegetali, sia autoctone che alloctone, presenti nell'area adiacente all'edificio scolastico per far sì che gli alunni cogliessero differenze e somiglianze, ben più significative della semplice apparenza.

L'uscita è risultata efficace anche per la ricaduta didattica successiva, poiché in classe l'insegnante ha riorganizzato gli input ricevuti "sul campo", inserendoli in un quadro organico e coerente di conoscenze. Si è partiti con un'attività di brainstorming per far "affiorare" le informazioni che gli allievi possedevano sulle piante (funzioni, caratteristiche, struttura …); successivamente, attraverso l'uso del vocabolario, è stato analizzato e discusso il significato di termini specifici (pluricellulare, autotrofo, eterotrofo, omogeneo, eterogeneo …) presenti nel manuale scolastico ed emersi durante gli incontri. Sulla base dell'osservazione diretta di campioni vegetali raccolti durante l'uscita si è proceduto, inoltre, ad analizzare la struttura della pianta e ad illustrare le funzioni delle varie parti, nonché

l'evoluzione del suo ciclo vitale. A questo punto i ragazzi sono stati impegnati nell'acquisizione di dati riguardanti il nome scientifico, le caratteristiche morfologiche, l'uso culinario e le proprietà medicinali delle piante aromatiche.

Figura 3. Manifesto del progetto.

Figura 4. La salvia e l'erbario.

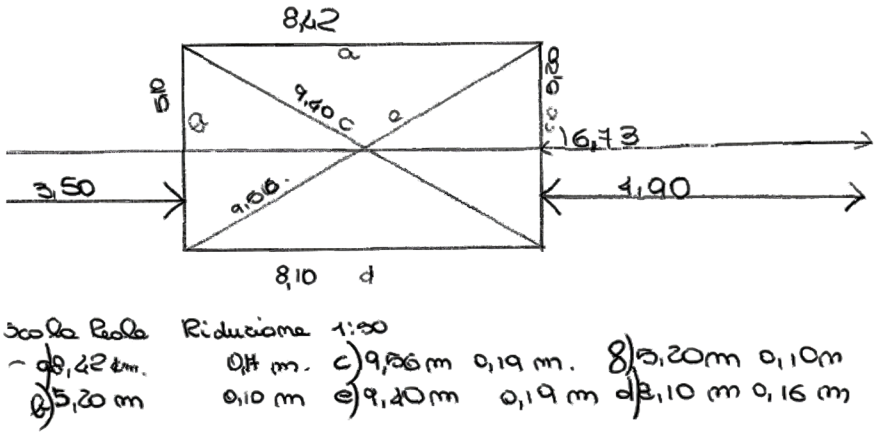


Figura 5. Il progetto.

Una terza fase ha previsto attività diversificate svolte contemporaneamente: la realizzazione di un cartellone illustrativo e di cartellini identificativi da inserire nel terreno.

L'allestimento di un erbario, nella scuola primaria, con reperti essiccati, fissati su cartoncini bianchi, con indicazioni relative al campione (genere, specie, nome volgare, caratteristiche scientifiche e curiosità, e la progettazione / realizzazione dell'orto, in collaborazione con l'insegnate di tecnologia. Si è proceduto, quindi, ad un rilievo dell'area ed alla sua rappresentazione in scala (Figura 5).

È stato chiesto agli alunni di ipotizzare possibili soluzioni progettuali (disegni) in seguito sottoposte al vaglio dell'Amministrazione Comunale, proprietaria dell'area interessata. Dal punto di vista scientifico, dopo aver analizzato le caratteristiche principali del terreno destinato alla piantumazione, i ragazzi sono stati invitati ad osservare direttamente il suolo che, una volta sondato, è risultato non adatto alla coltivazione, perché troppo compatto. Si è ritenuto, quindi, necessario trasferirvi uno strato di terra fertile, resa fine da un "motocoltivatore"; dopo un periodo di assestamento, si è provveduto ad una nuova osservazione sulla base di una tabella creata insieme, di seguito indicata:

	Terra in superficie	Terra in profondità
Colore		
Aspetto granulare omogeneo		
Aspetto granulare eterogeneo		
Sensazione al tatto		
Presenza di vegetali		
Presenza di animali		

Tabella 1. Criteri per la valutazione del terreno.

Inoltre, attraverso semplici esperienze di laboratorio, opportunamente documentate dagli alunni, è stata determinata la presenza di acqua, di aria e calcare nel terreno (Figura 6).

La parte senza dubbio più coinvolgente per i ragazzi è stata la creazione dell'orto nelle varie fasi: delimitazione dell'area con cordoli di marmo forniti gratuitamente da una ditta locale e messi in opera dai dipendenti del Comune; sistemazione di lastre dello stesso materiale all'interno per tracciare percorsi adatti al calpestio e la piantumazione di alcune specie aromatiche, cresciute in laboratorio in semenzai.

Verifica, valutazione, monitoraggio

Per la verifica dell'attività svolta gli alunni sono stati guidati, con opportune domande e con l'ausilio di parole chiave, a presentare le varie fasi di lavoro per acquisire consapevolezza del percorso svolto, cercando di indicare le difficoltà

incontrate e giustificando le scelte effettuate; ciò ha dato modo agli insegnanti di poter raccogliere informazioni per valutare non solo il percorso di apprendimento di ciascun ragazzo, ma anche l'efficacia degli interventi e delle strategie utilizzate. Rilevanti, ai fini di una valutazione conclusiva, oltre al materiale prodotto, sono risultati anche l'interesse e la motivazione manifestati durante le varie fasi di lavoro.

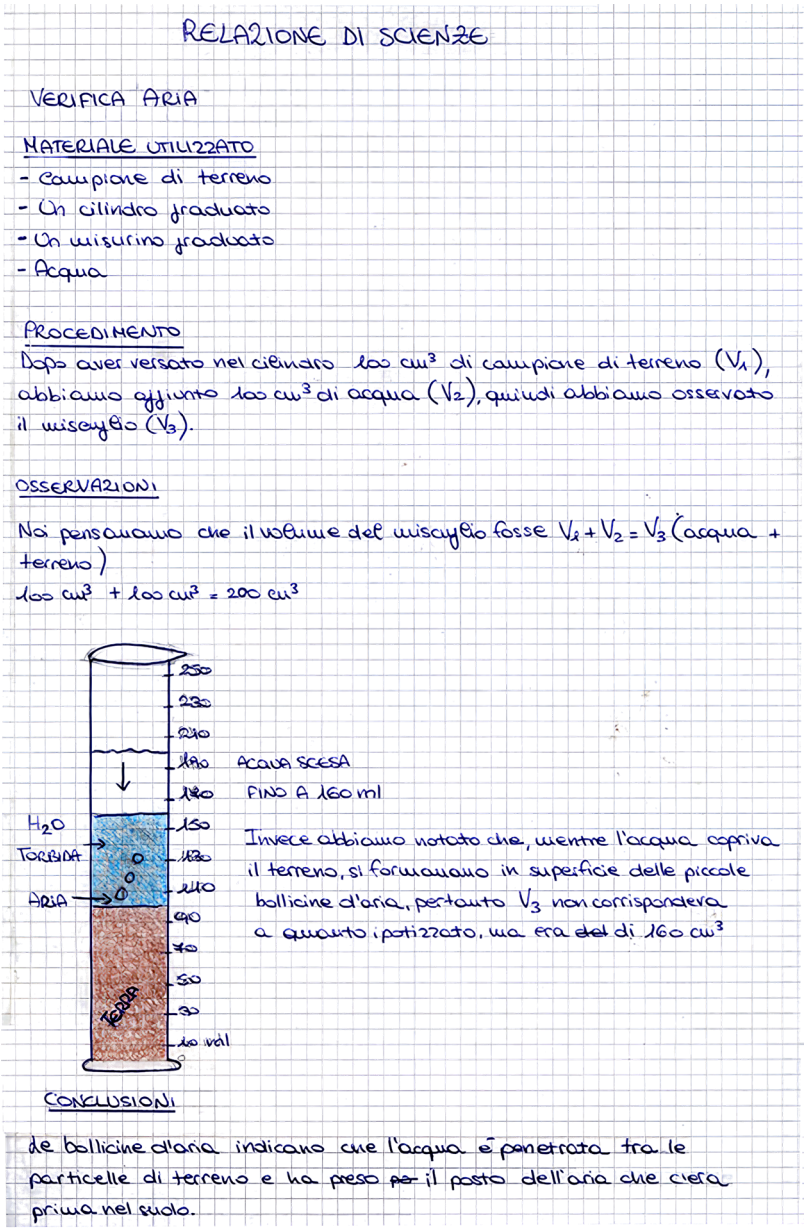


Figura 6. Relazione di Scienze.

Osservazioni conclusive

La validità del progetto è emersa dalla concretezza delle attività svolte (laboratori, uscite, lavoro sul campo, ricerca …); gli studenti, infatti, si sono avventurati in "sentieri poco battuti", vivendo un'esperienza altamente formativa: maneggiare strumenti e materiali, progettare soluzioni a partire da un problema reale, concretizzare quanto ideato, gestire uno spazio ben definito, analizzare dati. Ciò ha dato la possibilità anche agli alunni "più deboli" di acquisire dei contenuti attraverso un metodo operativo che li ha resi protagonisti, creando le basi per un rapporto "più maturo" con la natura, fatto non solo di rispetto, ma anche di cura e impegno costanti.

Figura 7. Gli studenti all'opera nel giardino della scuola …

Figura 8. … con ottimi risultati.

La proposta è risultata rilevante anche dal punto di vista linguistico, poiché lo sforzo di verbalizzare in modo chiaro e corretto l'attività ha spinto gli allievi ad utilizzare termini specifici ed appropriati, arricchendo il loro vocabolario personale. Inoltre, le dinamiche instaurate durante i laboratori sono state utili per migliorare le capacità relazionali dei singoli: lavorare insieme significa confrontare le idee,

“tollerare” le opinioni altrui, condividere scelte in vista di un obiettivo comune, giustificare le proprie posizioni, eventualmente dissentire da ciò che pensano gli altri attraverso una critica costruttiva, aiutarsi reciprocamente in un clima di fattiva collaborazione. Come educatori non possiamo evitare di riflettere su questi aspetti importanti se vogliamo formare persone capaci di vivere in un contesto sociale, caratterizzato da relazioni non sempre facili, dove la cooperazione, secondo forme diverse, diventa necessaria.

Capitolo 7

Laboratorio di arte e mestieri

Paola Vissani
IC "Egisto Paladini" – Treia (MC)
e-mail: PaolaVissani@libero.it

La tessitura

Un'arte che racconta la storia dell'uomo. Attività didattica multidisciplinare, coinvolgente ed emozionante. Istituto Comprensivo: "Egisto Paladini" di Treia; Scuola Secondaria di Primo Grado, Classe Prima a.s. 2013-14.

Premessa e progettazione

L'idea di strutturare un laboratorio di attività manuale è stata sempre nei miei pensieri di docente di Tecnologia, ma realizzarlo sarebbe stato fare uso di una didattica a dir poco controcorrente; infatti negli ultimi decenni la disciplina ha cambiato nome tre o quattro volte, ha subito cambiamenti e rinnovamenti di certo per rispondere ai mutamenti sociali, economici, educativi. Tutto ciò ha comportato, dal punto di vista professionale, adattamenti ed aggiornamenti riferiti all'apprendimento ma soprattutto per l'utilizzo delle nuove tecnologie. Questi ammodernamenti non sempre però hanno portato i risultati sperati, talvolta modesta è stata la ricaduta didattica soprattutto nelle lezioni teoriche delle varie discipline dove i nostri alunni sono stati spesso spettatori passivi di conoscenze e di apprendimento meccanico e non sempre significativo, fenomeno ancora più evidente per quegli alunni meno motivati nello studio. Nei compiti per verificare le conoscenze tecnologiche, nella classe coinvolta nel laboratorio, non tutti erano in grado di raggiungere la sufficienza, molteplici le cause: scarsa motivazione, impegno superficiale, varie le problematiche individuali.

Negli ultimi anni con alcuni docenti della nostra scuola, secondaria di primo grado, aderiamo ad un progetto cooperativo, che ha tra vari obiettivi, anche quello dell'acquisizione della creatività e dell'imprenditorialità (competenza europea);

non sembra possibile ma, se stimolati per un obiettivo visibile e concreto, i nostri alunni sanno essere anche bravi imprenditori. In una narrazione hanno scritto: "Al nostro gruppo questo lavoro è piaciuto molto, perché ci fa sentire piccoli imprenditori lanciati verso il mondo del lavoro". Pertanto abbiamo deciso di realizzare dei prodotti che potevano essere venduti e il cui incasso sarebbe stato usato per acquistare beni e materiali didattici, senza trascurare il valore della solidarietà per cui una percentuale del ricavato sarebbe stata impiegata in beneficenza. È stato pertanto naturale organizzare, in un'aula della nostra scuola, un laboratorio per svolgere attività manuali che via, via si progettavano ma molti erano i quesiti che venivano in mente:

- Quale disciplina è idonea per organizzare laboratori con attività manuali o creative o artistiche? Tecnologia? Educazione artistica? Italiano? Musica? Ci siamo convinti che ogni docente nelle varie discipline può attivare un laboratorio, l'importante è applicare la didattica hands on!
- Che tipo di attività e/o linguaggi prediligere? Manuale, iconico, grafico, multimediale, letterale, scientifico? Forse tutti o solo alcuni; bastava progettare trasversalmente.
- Scegliere in base alla nostre competenze o spaziare e prendere spunto dalle attività artigianali/artistiche del nostro territorio? Dal mio canto questo era un desiderio nascosto: diffondere e facilitare l'uso della manualità per produrre oggetti di uso comune, realizzati dagli stessi alunni, quindi, mi sono proposta per avviare un laboratorio di attività manuali, ciò è stato condiviso da molti colleghi.
- Un dubbio: è opportuno scegliere le attività di tipo artigianali e pratiche in un mondo reale e lavorativo sempre più impregnato di attività industriali meccanizzate ed automatizzate dove le nuove tecnologie la fanno da padrone? Con due colleghi, in particolare, abbiamo pensato che non sarebbe stato anacronistico per i nostri alunni avviare un laboratorio di attività manuale; dalle nostre osservazioni abbiamo notato che molti alunni non sanno fare un fiocco, un nodo, non sempre comprendono la sequenza logica di un procedimento, presentano difficoltà spaziali e di orientamento.

I laboratori di attività manuali e artistiche attivati in questi anni sono stati molteplici, ma quello che ha suscitato vero consenso, ed è stato motivo di vera soddisfazione, è stato il laboratorio di tessitura e particolare riferimento allo studio delle fibre tessili perché è stato intrapreso un importante percorso dove ogni momento si è legato agli altri con un immaginario "filo dei valori". Si è pensato al **filo dei valori** e a lavorare per tutto il percorso su questa tematica dopo aver preso spunto dal video del Museo "La Tela" di Macerata su www.youtube.com (1) "... la torsione attribuisce al filo resistenza. È una metafora importante del legame. Fare

il filo significa riconoscere la differenza della persona che hai di fronte. Occorre imparare ad estrarre la fibra per costruire la relazione ed il rapporto, tenendo in considerazione la caratteristica o il carattere. Se il rapporto, la relazione, sono curati con amore, conoscenza, passione, allora il legame si allunga, si allunga, si ritorce, quindi si rafforza ed è un filo continuo ... . Riuscire a riconoscere il tipo di fibra che abbiamo ci permette di poter costruire una relazione che può essere breve o duratura".

Strutturazione del laboratorio

Questa unità di apprendimento cooperativo è stata strutturata per le seguenti attività da realizzare nella didattica ordinaria in collaborazione con l'insegnante di Matematica e Scienze e di inglese:

1. Concorrere insieme alla conoscenza e soluzione di una stessa problematica.
2. Discussione a tema e realizzazione di un documento riferito ai compiti assegnati e costruzione di tesi e notizie condivise.
3. Scrittura cooperativa: power-point riferito ai compiti assegnati.

Attività educativa-cooperativa:

- **Concorrere insieme alla soluzione di una stessa problematica**: divisione della classe in quattro gruppi di lavoro ai quali verrà assegnato ad ognuno una specifica rielaborazione delle conoscenze;
- **Discussione a tema e costruzione di tesi e conoscenze condivise**: ogni gruppo espone le rielaborazioni emerse attraverso la visione di un documento informatico e cerca di condividerle con tutta la classe.
- **Scrittura cooperativa**: per ogni gruppo realizzazione di un documento power-point. Avvio dei lavori in classe.

Assegnazione degli impegni ai quattro gruppi di lavoro:

Gruppo n. 1. Il vostro gruppo lavora sulle fibre tessili e abbigliamento nella storia. Classificazione e caratteristiche.

- Le fibre tessili nella storia dell'uomo e delle grandi civiltà (notizie storiche).
- Quali fibre tessili sono state impiegate nelle varie epoche storiche (Quali erano i materiali impiegati).
- Vestirsi risponde ad un bisogno primario dell'uomo, ma le varie forme di abbigliamento cambiano nei vari secoli, nei vari ceti e classi sociali, nelle varie attività. (Storia)

- Le fibre tessili hanno trovato impiego in molti settori (imbarcazioni, aeronautica, agricoltura, arredamento, biancheria per la casa) trovate notizie e immagini.
- Immagini, dipinti che evidenzino tessuti particolari, preziosi con disegni differenti nelle varie epoche storiche (Arte ed Immagine).
- Curiosità, e informazioni sul "filo" nella storia (musei, percorsi didattici, nel nostro territorio , in Italia, nel mondo?)
- Classificazione delle fibre tessili in base alla natura, origine e provenienza (schema).
- Schema sulle caratteristiche delle fibre tessili.

Gruppo n. 2. Il vostro gruppo lavora sulle fibre tessili naturali: vegetale, animale e minerale e loro cicli produttivi.

- Cotone, lino, canapa, iuta ed altre fibre vegetali.
- Ciclo produttivo (coltivazione, raccolta, estrazione della fibra) Caratteristiche ed impiego delle singole fibre.
- La seta, la lana, il bisso (fibra tessile attualmente poco conosciuta e minacciata di estinzione); altre fibre di origine animale.
- Ciclo produttivo: allevamento, produzione delle fibre di origine animale. Caratteristiche ed impiego delle singole fibre.
- Le fibre tessili di origine minerale: fibre di vetro, metalliche, amianto. Ciclo produttivo, caratteristiche ed impiego.
- Disegni, immagini, foto che evidenzino le fibre, l'allevamento, le lavorazioni, la coltivazione, la raccolta delle fibre tessili.

Gruppo n. 3. Il vostro gruppo lavora sulle fibre tessili artificiali e sintetiche. Racconta la propria esperienza scolastica sulla realizzazione di prodotti con i fili di varia natura. Attività del territorio.

- Storia delle fibre chimiche.
- Le fibre tessili chimiche: artificiali e sintetiche.
- Produzione del rayon e delle fibre sintetiche.
- Caratteristiche ed impiego. Le più importanti e nuove fibre chimiche.
- La filatura tradizionale (fasi, procedimento); la filatura moderna.
- La tessitura tradizionale e industriale.
- Raccontate la vostra esperienza scolastica sulla realizzazione degli oggetti con l'impiego di alcuni filati di lana, cotone, canapa, per il progetto "crescere nella

cooperazione" (macramè ed uncinetto).

- Foto, immagini di oggetti di fibra tessile, di tessuto nell'abbigliamento e non solo.
- Verificate, con l'aiuto degli adulti, se sul territorio del vostro Comune o di quelli limitrofi sono presenti artigiani o industrie che lavorano e usano fibre tessili e tessuti per capi di abbigliamento e non solo. Cosa producono? Quali tecnologie impiegano?

Gruppo n. 4. Il vostro gruppo lavora sulla produzione delle fibre, dei filati, dei tessuti e relativo impatto ambientale.

- Esiste un impatto ambientale a causa della produzione delle fibre tessili?
- Le lavorazioni per ottenere un tessuto o un qualsiasi oggetto tessile comportano un consumo di risorse esauribili , di acqua, di energia: cercate notizie.
- Come si potrebbero risolvere questi problemi?
- La sostenibilità e la coltivazione biologica potrebbe essere la strada percorribile per limitare danni all'ambiente ed alla salute dell'uomo. Trovate notizie, suggerite soluzioni al problema.

Realizzazione del laboratorio "Filo dei valori"

La classe prima, eterogenea per abilità cognitive, per impegno e capacità attentive è stata divisa in due grandi gruppi, secondo un ordine stabilito e deciso con tutti gli alunni: la componente maschile ha lavorato il macramè per realizzare i portavasi con il filo di canapa (spago) con l'insegnante di Inglese e la componente femminile ha lavorato all'uncinetto per realizzare la coperta con il filo di lana con l'insegnante di Tecnologia. Senza sconvolgere l'orario interno, il gruppo di alunni che non è coinvolto nelle attività manuali lavora nel laboratorio di informatica, con l'insegnante di Scienze, sulla produzione di file ppt riferiti alle fibre tessili evidenziando il contesto storico, la produzione delle fibre tessili nei luoghi della Terra, lo studio della tecnologia per estrarre la fibra, per trasformare la materia prima in filo, tessuto e in prodotto finito e le variazioni della moda nel tempo. A volte per questioni di tempo, ma anche per evitare di stampare i file ppt di diapositive con molte immagini e foto, è stata utilizzata la rete con l'utilizzo della mail per condividere, correggere il tiro di molti documenti informatici che a volte avevano bisogno, prima della verifica finale, di aggiustamenti e modifiche.

I due laboratori, fisicamente vicini, hanno permesso un'attività a classi aperte, dove l'insegnante si confrontava con il collega, gli alunni condividevano le conoscenze ed il procedimento di lavoro; c'è stato un passaggio ed uno sviluppo di competenze tra docente e docente, tra alunno ed alunno, tra docente ed alunno; è

stato abbattuto il muro dell'insegnamento cattedratico. Queste modalità di svolgere le lezioni sono state efficaci anche per noi docenti per un confronto leale e democratico, per avanzare delle proposte, per accettare le idee altrui. Le prime lezioni di laboratorio tecnologico per l'attività all'uncinetto sono state abbastanza difficoltose, ogni alunna doveva apprendere la tecnica dei punti base del lavoro all'uncinetto; la maggior parte di loro, tranne due, non avevano conoscenze ed elementi a riguardo; questo tipo di attività richiede una certa abilità manuale di tipo fine che dal primo momento, ho notato, non erano possedute o erano in embrione.

Dopo la prima lezione ho trascorso un pomeriggio a casa a valutare che forse sarebbe stato meglio non continuare ed abbandonare l'idea di lavorare con l'uncinetto, tali erano le difficoltà incontrate dalle alunne a guidare il filo nella loro mano, a tenere correttamente l'uncinetto, a far comprendere le regole e le tecniche più semplici. Fortunatamente la lezione successiva ero lì a lavorare con loro, a provare, a guidare la loro mano con la mia, ad incoraggiare chi diceva di non riuscire e voleva arrendersi, a dare un sorriso di approvazione a chi aveva portato avanti il lavoro. Qualche alunna ha chiesto di poter lavorare a casa per comprendere meglio e per acquisire sicurezza. Strano ma vero, dopo le prime lezioni l'insegnante era una spettatrice che osservava una richiesta di aiuto ad un'amica e l'altra spontaneamente offriva il suo aiuto e la sua competenza. Il lavoro è stato essenzialmente a coppia, il tutor alunna e alunna discente, il docente è stato il supervisore e facilitatore delle dinamiche di gruppo.

Piano piano tutte sono diventate autonome e ogni alunna era in grado di fare un modulo con il filo di lana, con uno schema ben preciso, con una sequenza di punti che riproducevano un quadrato multicolore che, assemblato a quello delle altre, formava una coperta. Una volta diventate abili sono stati realizzati altri prodotti: collane, bracciali, presine, orecchini, fiori, cuscini, utilizzando fili di lana e di cotone. Ecco alcune riflessioni personali, che noi abbiamo chiamato: "*pensieri e parole*":

"Facendo l'uncinetto siamo state insieme e ci siamo divertite" – Martina.
"Siamo state spronate ad imparare cose nuove" – Aurora.
"È stato un ottimo allenamento alla pazienza" – Un insegnante.
"Stabilire un contatto obbligatorio con il nostro intelletto" – Un insegnante.
"Dopo aver commesso un errore è importante capire il motivo. Quando lavoravo all'uncinetto spesso sbagliavo e, chiedendo aiuto alle amiche o alla prof.ssa, capivo e riuscivo a finire il lavoro. Lavorare all'uncinetto mi ha aiutato ad avere pazienza e ad aver voglia di ricominciare dopo aver sbagliato" – Rebecca.
"L'esperienza delle bancarelle è stata molto bella. Non abbiamo avuto paura a vendere e le persone ci dicevano che erano degli oggetti molto belli. È bello guadagnare dei soldi con il proprio lavoro" – Paolo.

Il lavoro a maglia con l'uncinetto non è una vera e propria attività di tessitura,

("infatti la maglia, la rete è un unico filo che si intreccia su se stesso. Ciò spiega perché, in senso figurato, la maglia o la rete lasciano intendere un coinvolgimento violento, es: presi nella maglia di un imbroglio … cadere nella rete" (2)) ma il lavoro a maglia con l'uncinetto ha rappresentato l'attività che ha stimolato l'esecuzione di esercizi, utili alla manualità, importanti per aiutare le adolescenti a migliorare la motricità fine, cioè quella della mano, delle dita e del polso, abilità molto importante, quella fine, perché è alla base di altre abilità sia fisiche che mentali.

Figura 1. Le alunne lavorano all'uncinetto per realizzare la coperta ed altri prodotti.

Per l'attività di macramè con il filo di canapa di colore naturale, gli alunni sono stati divisi in gruppi da quattro, in modo che ogni gruppo contemporaneamente realizzava un unico porta-vaso,: chi aveva appreso per primo la sequenza giusta dei punti da usare ha collaborato con l'insegnante, ha dato consigli e suggerimenti per far comprendere, a chi era in difficoltà, il giusto procedimento e la sequenza logica delle fasi di lavoro. Questa attività manuale, a differenza della maglia e del lavoro all'uncinetto, diffusa fin dall'antichità, può considerarsi ed annoverarsi come attività di tessitura dove i vari fili, minimo due, formano i punti ed i nodi, che si intrecciano dando origine ad un manufatto artistico, un merletto molto decorativo. Ecco alcune riflessione degli alunni riferite all'attività di gruppo ed al laboratorio di macramè:

"Il lavoro al macramè all'inizio era un peso per me, perché non capivo come si faceva, poi con l'aiuto della professoressa d'Inglese e di Cristian, un mio compagno, ho capito come si faceva ed è diventata un'attività divertente e produttiva" – Tommaso
"Lavorare con la tecnica del macramè è stato interessante soprattutto perché richiede pazienza ed abilità. Mi è sembrato semplice solo dopo un po' di allenamento" – Cristian.

“Lavorare al macramè mi è piaciuto perché abbiamo fatto dei lavori belli e ci siamo divertiti cooperando” – Bogdan
“Mi è piaciuto lavorare al macramè perché ho insegnato ai miei amici questa tecnica e quella per fare i braccialetti con il filo di cotone” – Matthias

Figura 2. Gli alunni lavorano al macramè per realizzare i porta-vasi.

In queste due attività, a prima vista ripetitive, gli alunni hanno dovuto, sia in gruppo che individualmente, risolvere problemi (problem solving) che ogni volta si presentavano: trovare una strategia per andare avanti con il lavoro, disfare e ricominciare quando se ne avvedeva la necessità; attuare un percorso personale e creativo per conseguire il risultato prefissato. Come insegnante mi sono resa conto che è proprio vero: mentre si lavora con le mani, la testa pensa!

“Il filo dei valori” nel territorio

Ci è sembrato necessario far comprendere alla classe che nel nostro territorio esistono varie attività artigianali legate alle fibre tessili, ai filati ed alla fabbricazione dei tessuti, quindi abbiamo organizzato una visita presso un’azienda per comprenderne la realtà. Noi docenti della scuola secondaria di primo grado siamo ben consapevoli che non è facile superare il gap tra la scuola ed il mondo del lavoro, ma vogliamo contribuire con un piccolo seme alla formazione ed all’orientamento scolastico e professionale delle future generazioni. Un valore da non trascurare nella formazione scolastica è il legame con le tradizioni ed il territorio. La scelta di una visita guidata è caduta su un laboratorio artigianale di tessitura che realizza tessuti con filati di origine naturale con l’antica tecnica del telaio a liccetti: “La Tela, museo della tessitura” di Macerata. Quel giorno ai nostri occhi si è aperto un mondo di oggetti, di parole, di gesti, di saperi che nemmeno io avevo completamente percepito, qualche giorno prima, quando personalmente mi ero recata a visitare il laboratorio per concordare le modalità della visita. La visita guidata è stata strutturata in due momenti, la classe è stata divisa in due gruppi eterogenei che si sono alternati nelle due attività:

- Visita della prima parte del museo: il corridoio degli strumenti e della memoria;

l'angolo della tessitura a liccetti; il giardino delle piante tintorie e da fibra.

- Attività operativa individuale: tessere con il telaio verticale a pioli, per realizzare una striscia di tessuto con ritagli di stoffa.

Figura 3. Foto scattate durante la visita guidata al museo della tessitura.

Gli alunni hanno dimostrato un vero interesse, un'attenzione non sempre riscontrabili nell'attività curriculare di classe, interventi con domande e curiosità, scrittura di appunti, sguardi vivi. Ecco le impressioni di alcuni alunni al rientro in classe, la stessa mattinata.

"La visita guidata è stata molto interessante ed originale, abbiamo scoperto con sorpresa che sono le uniche persone in Europa a svolgere la tessitura a liccetti" – Veronica.
"Emozionante, qualche anno fa, senza internet, si lavorava di più con le mani" – Giulia.
"Ho provato emozione per aver eseguito in questo laboratorio un lavoro mai fatto prima" – Mattia.
"Giornata emozionante per aver compreso il significato profondo di alcuni termini della lingua italiana, per le nuove scoperte e per l'attività manuale svolta molto interessante e utile. Dovremmo essere orgogliosi perché questo laboratorio è unico e con queste attività si possono esprimere emozioni. Grazie a questo laboratorio e a questo museo perché raccoglie tutti questi oggetti per filare e tessere e li mostra alla gente; grazie perché tramanda una tradizione, un'attività che è stata utile per millenni. Con la tessitura si è potuto trasmettere il proprio pensiero, le proprie sensazioni ed emozioni e le vicende più importanti accadute nel corso dei secoli" – Adelaide "Bello per le spiegazioni, per le nuove scoperte. Mi ha incuriosita vedere una pianta di cotone, mi ha interessato vedere le piante utilizzate per colorare i filati. Mi è piaciuto il lavoro manuale" – Rebecca
"La cosa che mi è piaciuta di più al museo della tessitura è stato proprio il momento in cui ci hanno fatto tessere. Mi è molto piaciuto visitare questo museo perché è diverso dagli altri" – Paolo.
"È stato veramente bello, per aver visto strumenti utili per filare, per aver fatto l'esperienza della tessitura con un piccolo telaio, per essere stata aiutata a superare

la difficoltà iniziale del tessere" – Aurora.
"È stata una bellissima esperienza perché non mi era mai capitato di assistere al processo di tessitura, perché mi hanno spiegato delle cose davvero interessanti, perché abbiamo realizzato un tessuto con delle strisce di stoffa da materiale da recupero" – Federica.
"Sono rimasto stupito per le cose interessanti che ci hanno spiegato, impressionato per aver scoperto che il metodo a liccetti è l'antenato del computer e che in questo laboratorio si porta avanti l'antica tecnica" – Cristian.
"Sensazioni di meraviglia ed emozione, ma la vera grande soddisfazione è stata vedere il sorriso compiaciuto degli alunni nel mostrare il tessuto realizzato; nell'osservare gli occhi vispi degli alunni per essere riusciti nell'impresa del tessere, per aver percepito che la nostra mattina è stata veramente educativa" – un insegnante.

"Il filo dei valori" nel territorio: ricaduta nelle attività didattiche

A seguito della visita guidata, con l'insegnante di Tecnologia viene svolta questa attività di gruppo, uguale per tutti, in cui gli alunni lavorano sullo stesso argomento. La classe viene divisa in gruppi da quattro componenti. Ciascun gruppo lavora sul museo della tessitura e sul laboratorio "La Tela" di Macerata (Visita guidata e attività di laboratorio).

- Relazione della visita guidata e dell'attività di laboratorio.
- Traccia relazione: 1. indicare lo scopo per cui è stata progettata; 2. tempi, luogo, conoscenze fornite dalla visita; 3. descrizione svolgimento dell'attività pratica di laboratorio di tessitura (materiali, attrezzi, procedimento, lavoro ottenuto); 4. effetti (grazie a questa attività ho imparato, ho scoperto, mi sono divertito); 5. questa esperienza è stata positiva ... interessante, descrivere le impressioni personali.
- Descrizione accurata dei tre ambiti museali: 1. il corridoio degli strumenti e della memoria; 2. l'angolo della tessitura a liccetti; 3. il giardino delle piante tintorie.
- Descrizione e significato letterale, etimologico, simbolico delle parole, degli strumenti, dei gesti ...

Questa visita raccontata con enfasi dagli alunni ha coinvolto altri docenti, che in un consiglio di classe hanno deciso di svolgere una tranche del loro programma partendo da elementi legati alla tessitura. L'insegnante di Italiano, oltre ad aver letto ed approfondito in classe dei brani di Mitologia, di Poesia, di racconti letterari con riferimenti legati alla tessitura, ha approfondito il significato di alcuni vocaboli della lingua italiana legati alla tessitura e di alcuni modi di dire ecco alcuni esempi

(3):

⇒ Fuso: “è un oggetto antichissimo usato per la filatura a mano”. Modi di dire: “dritto come un fuso” si dice di chi ha un portamento ben eretto; “fare le fusa” è il caratteristico ronfare del gatto assimilato al rumore del fuso che ruota.

⇒ Filarello o arcolaio “è uno strumento in legno, fornito di una ruota azionata da un pedale che permette la rotazione del rocchetto su cui si avvolge il *filo*”. Alcuni modi di dire: “annodare i fili” è il tentativo di costruire una relazione, un rapporto; “dar del filo da torcere” è procurare a qualcuno difficoltà; “fare il filo” dimostrare attenzione, fare la corte; “trovare il filo" riuscire a trovare la via per risolvere una questione intricata.

Con l’insegnante di Religione gli alunni hanno letto, riportato, compreso parti della Bibbia, dove le parole “filo”, “tela”, “tessitore”, “ordito”, “pettine”, “telaio”, “conocchia”, “fuso”, “trame”, “tessuto" venivano menzionate. Con l’insegnante di Educazione Artistica hanno approfondito lo studio di storia dell’arte del Rinascimento partendo da un tessuto visto nel laboratorio “La Tela” realizzato con la tecnica della tessitura a liccetti e che riproduce i due lati del bordo della tovaglia dell’ultima cena di Leonardo da Vinci esposta in S. Maria delle Grazie a Milano. Tutto questo mi ha convinto ancora di più che svolgere l’attività didattica realizzando un manufatto non è solo un fare con operazioni conosciute e meccaniche, ma in questo modo si fa cultura, si apprendono nuovi saperi, si condividono sentimenti ed emozioni, si mettono in relazione intrecci e conoscenze che hanno distinto l’uomo attraverso i secoli.

La tessitura

“Un’arte che è stata capace di testimoniare il progresso culturale dell’uomo nel corso dei millenni”. Istituto Comprensivo: “Egisto Paladini” di Treia; scuola secondaria di primo grado, Classe Seconda, a.s. 2014-15

Premessa e progettazione

In questo anno scolastico abbiamo voluto continuare la nostra attività didattica incentrata, soprattutto in Tecnologia, nelle svolgimento di attività manuali con gli stessi scopi del precedente anno, con ferma convinzione della positività del nostro lavoro. Una mia collega che ha collaborato nei vari laboratori ha scritto: “Il laboratorio artistico e artigianale ha la funzione di portare sul piano pratico tutte le nozioni teoriche apprese nelle varie materie di studio. La storia dell’arte, le scienze, la tecnologia, la storia, ecc. tutte sono necessarie per poter creare un oggetto dalla progettazione alla realizzazione pratica. Nella tecnica della tessitura coesistono varie fasi di lavorazione: estrazione della fibra tessile, formazione del filo (filatura),

formazione del tessuto (tecniche differenti di tessitura: armature dei tessuti), tecniche di tintura dei filati e dei tessuti. Tutto ciò ha portato i ragazzi a sviluppare un pensiero logico e coerente che si è trasformato in progettazione. Ma soprattutto ho consentito di trasmettere l'importanza della continuità della manualità nella storia dell'uomo, un aspetto purtroppo sempre più trascurato nella formazione". Un grande storico dell'arte, Henri Focillon, che ha riservato un'attenzione particolare alle relazioni psicologiche e materiali delle forme artistiche e all'atteggiamento estremamente concreto e funzionale, ha scritto (4) "*L'artista che incide il legno, batte il metallo, modella l'argilla, scolpisce il suo blocco di pietra, ... tramanda sino a noi un passato dell'uomo, un uomo antico senza il quale non esisteremmo. Non è mirabile vedere tra noi, nell'età della meccanica, tale ostinata sopravvivenza delle ere manuali? I secoli sono passati senza alterare, di quell'uomo, la vita profonda, senza indurlo a rinunciare ai suoi antichi modi di scoprire il mondo e di inventarlo. Per lui, la natura è sempre un ricettacolo di segreti e di meraviglie. È con le sue mani nude, sempre, che cerca di appropriarsene per farli entrare nel proprio gioco. È l'eterno ritorno di un passato formidabile, la riscoperta, senza ripetitività, dell'ascia, della ruota, del tornio del vasaio. Nell'atelier di un artista artigiano sono scritti dappertutto i tentativi, le esperienze, le divinazioni della mano, le memorie secolari di una razza umana che non ha dimenticato il privilegio della manipolazione*."

"Il laboratorio di tessitura, come qualsiasi altra attività pratica inerente l'arte e l'artigianato, favorisce la socializzazione fra i ragazzi. A volte aiuta a superare barriere come la lingua o le difficoltà di apprendimento, che spesso sono motivo di isolamento. Le attività manuali e artistiche quasi sempre mettono in luce capacità espressive che emergono con difficoltà nella didattica teorica, restituendo autostima agli alunni", continua la collega. La natura delle competenze personali è infatti molto complessa; per comprenderla meglio si può usare la metafora dell'iceberg: negli individui c'è una parte non osservabile, sommersa (processi logici, percettivi, sentimenti, atteggiamenti, idee, valori, processi creativi) che aspettano di emergere. La tessitura, perciò è un'arte che può aiutare l'alunno a far emergere una parte di queste competenze sommerse. Essa è un'attività metafora del percorso della vita: adattarsi a nuove situazioni, ripensare ai propri errori e problemi, essere in grado di risolverli, chiedere aiuto quando da soli non si riesce, sciogliere i nodi senza interrompere i rapporti con l'altro ristabilendo così le relazioni, acquisire capacità di esprimere sentimenti ed emozioni che rimangono nel tempo.

Con la visita guidata dell'anno scolastico precedente al Museo della tessitura "La Tela" abbiamo scoperto che l'arte del tessere non è una prerogativa femminile, anzi un tempo i tessitori erano uomini. Con alcuni docenti quindi abbiamo deciso di svolgere l'attività della tessitura con tutti gli alunni della classe indipendentemente dal sesso, dai comportamenti, dalle abilità sviluppate, dalle competenze ottenute fin qui. Queste le finalità:

- stimolare la collaborazione reciproca;
- arricchire le capacità espressive;
- capacità di risolvere una situazione problematica;
- migliorare le competenze scientifiche;
- vivere una dimensione ludica dell'apprendimento;
- acquisizione di conoscenze teorico-pratiche;
- coordinazione oculo-manuale.

Strutturazione del laboratorio

Assegnazione degli impegni ai quattro gruppi di lavoro:

Gruppo n. 1. Il vostro gruppo lavora su:

- tecniche di filatura delle fibre tessili naturali nella storia;
- filatura del cotone e della lana e di altre fibre (fasi e procedimento);
- le macchine ed i filatoi (metodo artigianale) impiegati nelle varie epoche storiche per ottenere il filato;
- filatura moderna (macchine meccaniche e computerizzate);
- importanza e tipi di torsione dei filati (torsione a S e Z).

Gruppo n. 2. Il vostro gruppo lavora su:

- tecniche di tessitura nella storia (i primi telai, a cintola, verticali etc.);
- la tessitura artigianale con telaio orizzontale, fasi di tessitura (tessitura a liccetti, si può parlare del laboratorio "La Tela");
- tessitura moderna, (telaio Jacquard e la scheda perforata, telai meccanici, computerizzati);
- le armature fondamentali dei tessuti (armatura tela, armatura saia, armatura raso)

Gruppo n. 3. Il vostro gruppo lavora su:

- suddivisione dell'artigianato: artistico, manifatturiero e dei servizi;
- attività artigianali in via di estinzione o scomparse nel territorio di Treia;
- ricerca storica e fotografica delle antiche botteghe artigianali del Comune;
- relazione sull'attività di gruppo svolta in classe per realizzare l'arazzo, i sottopentola, le borse.

Gruppo n. 4. Il vostro gruppo lavora su:

- i colori naturali nella tintura dei tessuti nella storia, nel mito (piante ed altri materiali naturali impiegati, alcuni procedimenti utilizzati);
- relazione sull'attività di laboratorio con erbe tintorie realizzata con esperto il giorno 10 Aprile 2015;
- armonia dei colori naturali: "buoni" per l'ambiente e la salute dell'uomo.

Realizzazione del laboratorio

Con la collaborazione di un genitore abbiamo potuto realizzare un telaio verticale a pioli per ogni alunno/a consistente in una base di legno con dei fori equidistanti su cui sono stati infilati dei pioli. Prima di iniziare a tessere ci sono state delle fasi di preparazione: gli alunni in base a ciò che avevano a disposizione in casa hanno portato a scuola dei tessuti o capi di abbigliamento non più in uso, per ricavare, attraverso la tecnica dello strappo in dritto filo, raramente tagliati con le forbici, strisce abbastanza sottili di tessuti multicolori che sarebbero diventate i fili per tessere. Quanto divertimento a strappare i tessuti! Con queste sottili strisce sono stati preparati dei gomitoli: all'inizio quanta difficoltà manuale, per far ruotare il filo sul gomitolo da formare, ma anche tanta condivisione e momenti divertenti!

Figura 4. Momenti di attività nel laboratorio di tessitura della scuola.

La classe è stata divisa in gruppi eterogenei di quattro persone. Prima di tessere è stato necessario organizzare e progettare il lavoro: per ogni piolo è stato necessario legare ad un anello il filo di lana dell'ordito, ogni filo era doppio per offrire maggiore resistenza; a questo punto è stata richiesta la soluzione del seguente problema: "Calcola la lunghezza dei fili di ordito che doppi permettono la tessitura

di una striscia di 120 cm con in più frange da ambo i lati della lunghezza complessiva di 40 cm. Quale sarà la lunghezza del filo di ordito? Se i pioli sono dodici quanto filo occorre per ordire i fili di una striscia?" Questo calcolo ha coinvolto tutta la classe, la soluzione è arrivata da un gruppo che poi l'ha spiegato alla lavagna.

Non è un caso che anche nelle nostre campagne, quando la tessitura artigianale era un'attività necessaria e fiorente, veniva chiamato un esperto tessitore che era in grado di calcolare la lunghezza dei fili di ordito, (non tutti avevano avuto l'opportunità di andare a scuola) per programmare ed organizzare il lavoro affinché si potesse ottenere la tela della giusta dimensione che avrebbe dato origine ad un lenzuolo ed alle federe, oppure a tovaglie e tessuti per biancheria. In seguito si sono collocati i fili dell'ordito sui pioli: "… ordire è la preparazione dei fili longitudinali attraverso i quali passerà la trama trasversale: operazione questa che richiede una disposizione accurata, ordinata e corretta dei fili da predisporre sul telaio, la quale pregiudicherà l'esecuzione tessile" (5). Nella memoria degli alunni era registrato il movimento del tessere, la tecnica usata l'anno precedente quando la classe era stata in visita guidata al museo della tessitura ma questo non bastava, c'erano varie problematiche da risolvere: come iniziare? Quale strategia impiegare per cambiare colore? Come sciogliere i nodi senza rompere e spezzare il filo? Una volta appresa la tecnica del tessere, come usare entrambe le mani per velocizzare il lavoro? Essere in grado di vedere l'errore ed avere il coraggio di disfare?

La risoluzione a questi problemi è stata individuale e cronologicamente differente per ogni singolo alunno. Nel gruppo, spontaneamente ed in base alla risoluzione dei suddetti problemi, si è creato il tutor, l'aiutante, il moderatore ed in quasi tutti i gruppi, ma in uno in particolare, c'era lo sfiduciato che ad ogni difficoltà aveva la tentazione di smettere, a porre infiniti dubbi sull'operato, cercando di convincere tutti che non sarebbe riuscito ad apprendere il procedimento ed a concludere il lavoro. Niente affatto, dopo alcune lezioni, seppur con tempi differenti, tra successi ed insuccessi, tutti erano in grado di tessere! Dopo molte ore di lavoro, il tessuto con strisce di stoffa recuperata era pronto per diventare, assemblato insieme, un arazzo multicolore e decorativo per la scuola.

Con la tecnica della tessitura sono stati prodotti dei sottopentola il cui filo era una treccia di tessuto, realizzata a mano, la particolarità era che ogni alunno ha utilizzato colori differenti, creando un effetto cromatico personale ed originale, non c'era stato un sottopentola uguale all'altro, ogni alunno ha potuto creare con le proprie mani e la propria fantasia un prodotto unico. Bisognava realizzare ancora manufatti, i ragazzi, ormai abituati a lavorare hanno tessuto strisce di lana per confezionare delle originali borse. Mano a mano che si avvicinava la vendita dei prodotti, alcuni alunni della classe hanno suggerito all'insegnante di realizzare alcune borsette utilizzando il cotone con colori alla moda, perché la vendita in primavera avrebbe privilegiato i manufatti con un aspetto più rispondente alla

stagione in arrivo.

Figura 5. Borse e sottopentola realizzati con la tecnica della tessitura con telaio a pioli.

Il ragazzo che voleva smettere ha lavorato poi in modo così intenso che ha quasi raggiunto gli altri; un altro, con qualche difficoltà di comprensione della lingua italiana perché straniero, dopo alcune lezioni si è avvicinato e mi ha detto sottovoce: "Lo sa professoressa che questo lavoro mi piace tanto?" "Sono contenta" ho risposto repentinamente, ma a dire la verità ero anche un po' emozionata. Molti altri nelle relazioni o varie scritture e argomentazioni per riferire sull'attività hanno scritto:

"Io nel mio gruppo con Binak, Anna, Veronica, Davide mi sono trovato molto bene, anche se ho incominciato a frequentare la scuola dal secondo quadrimestre. Sono stato molto contento di aver imparato nuove esperienze grazie all'insegnante di Tecnologia; la cosa che mi è rimasta in mente è che non riuscivo a disfare il lavoro quando il filo si intrecciava o facevo degli errori, ma stando concentrato e attento ci sono riuscito: la borsetta realizzata con il telaio a pioli é stato il miglior lavoro che io abbia mai fatto." – Giavit

"Abbiamo imparato ad assumerci delle responsabilità quando lavoriamo in gruppo." – Cristian

"Se un compagno è in difficoltà lo aiutiamo." – Giacomo

"A me questa esperienza è piaciuta molto perché era interessante e si lavorava in gruppo. In questo gruppo abbiamo lavorato tutti e ci siamo divertiti molto, ma la cosa che mi è piaciuta di più è stato lavorare al telaio." – Giacomo. (L'alunno che scrive questo commento è riuscito a lavorare senza alzarsi continuamente dal banco, senza distrarsi e disturbare, con una concentrazione inusuale, un avvenimento straordinario, considerato l'atteggiamento che era solito tenere durante le lezioni frontali).

"A distanza di un anno possiamo dire che questo progetto oltre ad averci insegnato vari lavori artigianali, ci ha trasmesso molti valori che forse la società di oggi ha perso. Crediamo di aver avuto professori che ci hanno insegnato che la scuola non è soltanto un luogo dove si studia, ma in cui si può migliorare se stessi e di

conseguenza la società, solo collaborando. Aiutandoci a vicenda, siamo riusciti ad apprezzare di più le persone che ci circondano, non notando solo i loro difetti ma elogiando anche i loro pregi. Inoltre esponendo in classe le nostre esperienze abbiamo scoperto che alcuni ragazzi da timidi com'erano, sono riusciti a fidarsi e ad aprirsi maggiormente con i compagni, senza paura di essere giudicati." – Giada, Laura ed Aurora (Ex alunne).

Ricaduta dell'attività in ambito multidisciplinare

Come già riportato, la tessitura rappresenta "una forma di espressione da migliaia di anni". Quindi ci sono parole originate da gesti, procedimenti e segni particolari dell'attività tessile, presenti nella nostra lingua che, silenziosamente, si stanno perdendo poiché non si è più in grado di decodificarle. E quando le parole muoiono "*muore anche la capacità di comprendere la natura, di ragionare, di percepire il mondo, di metterlo in parole, classificazioni preziose che lo spirito umano ha concepito per ordinare l'universo*" (Maria Pace Ottieri) (6) Questa riflessione è stata utile all'insegnante di Italiano per riproporre la ricerca lessicale fatta l'anno precedente: di seguito alcune parole su cui la classe ha riflettuto.

⇒ *Ordito*: "è un insieme di fili destinati a formare la lunghezza o altezza di un tessuto, essi sono tesi sul telaio da subbio a subbio. Ordire è la preparazione dei fili longitudinali attraverso i quali passerà la trama, la particolare attenzione che si mette nel predisporre gli elementi che andranno a formare l'ordito, e la disposizione ordinata dei fili che lo compongono permetterà di tessere in modo agevole: infatti il termine ordito deriva dal latino e significa ideazione, preparazione accurata, non semplicemente cominciare".
⇒ *Tessuto*: "dal latino textus è un intreccio ortogonale di fili, nasce dall'incontro di due elementi, l'ordito e la trama. Tessere è la prima attività complessa da *cum-plectere*, intrecciare insieme, attraverso la quale l'uomo, interagendo con l'ambiente e le sue risorse, si è evoluto conferendo dignità al proprio aspetto e alla propria vita di relazione … l'uomo ha modificato e perfezionato tecniche, attrezzi e strumenti ma, fino ad un paio di secoli fa, ha sempre considerato la tessitura come una delle modalità espressive di grande pregio: arazzi, tappeti, abiti caratterizzavano lo status ed il decoro". (7)

Alcuni modi di dire

Per estensione del termine, tessuto serve "per indicare complessi territoriali strettamente connessi, tessuto urbano, o un insieme di persone di varia estrazione che abitano nello stesso luogo, tessuto sociale, …" parti che nell'accezione più esatta del vocabolo dovrebbero interagire, appunto democraticamente e in un

dialogo costante.

Altre attività

"Il telaio è certamente la macchina più complessa che sia apparsa nell'antichità, per intrecciare molti fili sottili occorre almeno un telaio a tensione. Diverse modalità di tensione hanno dato origine a diversi telai: orizzontali, verticali, a peso. Secoli di sperimentazioni e perfezionamenti hanno portato a noi il telaio sostanzialmente invariato fino all'era industriale dove l'applicazione della forza motrice ed un notevole grado di automazione ha dato luogo, alla fine del XVIII secolo alla rivoluzione industriale". (8)

Figura 6. Foto scattate durante l'attività con l'esperto di tintura naturale dei filati e dei tessuti e la locandina dell'evento.

Gli alunni hanno discusso in classe sulla differenza dell'artigianato e dell'industria, con particolare riferimento alla tessitura, evidenziando come l'utilizzo del telaio Jacquard (1801) abbia portato dei forti cambiamenti nella tessitura e nel modo di lavorare, di vivere delle persone e della società. Tutte questi elementi hanno fornito la possibilità all'insegnante di Storia di affrontare l'evoluzione della tessitura e del telaio con una ricerca realizzata con il metodo del Cooperative Learning per la produzione di file ppt. Una delle attività di gruppo ha coinvolto, oltre

all'insegnante di Storia quelli di Tecnologia ed Italiano anche Arte ed Immagine, per approfondire l'attività laboratoriale svolta il 10 Aprile riguardante la tintura dei tessuti di lana, seta, cotone con estratti di erbe tintorie, di animali e di minerali.

Conclusioni

Forse molti operatori della scuola e degli alti ranghi dello Stato vorrebbero relegare le attività pratiche, manuali, operative ad una scuola di serie B, ma per smentire ciò vorrei dire che lo sviluppo di attività manuali fa parte della formazione dell'individuo per sviluppare competenze in vari ambiti; esse possono infatti rappresentare il veicolo per un apprendimento significativo, pertanto non sono abilità di livello inferiore, perché se così fosse tutti dovrebbero possederle ed essere competenti: non è così, alcuni alunni, anche i nostri, trovano difficoltà nelle attività operative e pratiche, così come altri la trovano nelle materie letterarie o/e in quelle scientifiche. Vorrei inoltre citare una frase che mi ha colpito durante un aggiornamento: "Io sono ciò che attuo, non ciò che vedo, ciò che leggo, che scrivo". Non è certo una novità, questo concetto veniva affermato anche secoli fa da Confucio: "Se ascolto dimentico, se vedo ricordo, se faccio capisco".

Come l'esperienza informale insegna, se si vuole far breccia nella memoria degli studenti bisogna associare diversi tipi di stimoli: non basta infatti la voce, per quanto accattivante, del docente ma bisogna trovare il modo di associare a questa immagini o esperienze che permettano di "cementare" il ricordo trasformandolo in concetto acquisito. Di fatto, quello che è assimilato potenzialmente "per sempre", anche indipendentemente dal richiamo e dalla continua ripetizione, è la dimensione legata all'attività, al fare, cioè alla memoria procedurale; il fare è un bagaglio di sapere su cui si può contare con maggiore sicurezza. Posso dire con certezza che i nostri alunni con le attività svolte insieme con la modalità del gruppo hanno conseguito elevati obiettivi:

- la consapevolezza che il proprio lavoro contribuisce ed è necessario alla produzione dell'oggetto finito ha migliorato l'impegno ed il desiderio di fare di molti alunni, della classe;
- ha dato la possibilità ad alcune abilità, che altrimenti sarebbero rimaste nascoste forse per sempre, di emergere;
- ha gratificato chi talvolta si trova di fronte ad insuccessi scolastici, restituendo fiducia in sé;
- ha migliorato il desiderio di conoscere anche perché la ricerca in rete e l'uso del computer sono senz'altro attività più congeniali a questi alunni;
- hanno favorito un apprendimento attivo, coinvolgente e significativo.

Con la divisione in gruppi, con l'assunzione dei ruoli, con la ricerca personale di notizie, con l'aiuto reciproco nel fissare le conoscenze (io ripeto, tu ascolti, poi si cambiano i ruoli) si sono riscontrati risultati positivi, anche nelle verifiche individuali di Tecnologia. Nel corso di questi anni ho scoperto insieme agli alunni la forza, i benefici e le soddisfazioni del lavoro cooperativo, dove ognuno mette un tassello che contribuisce a completare il tutto. Nel nostro caso è un prodotto che, ideato, sperimentato e realizzato ha raggiunto l'obiettivo di una didattica con un apprendimento efficace, che non solo scaturisce dai libri di scuola, dalle spiegazioni più o meno sintetiche ed esaurienti dei docenti, dalle capacità attentive e di apprendimento dei singoli alunni, ma è il frutto dell'esperienza individuale del fare, legata da un "filo" con l'altro, con il compagno accanto. Con l'attività cooperativa ogni alunno ha la possibilità di esprimere capacità che altrimenti rimarrebbero nascoste e non avrebbero, per esempio con una lezione frontale, la possibilità di affiorare; ogni alunno è inoltre libero di esprimere la propria creatività perché i campi di attività e di azione sono molteplici e ciò che nell'alunno è in embrione, viene così alla luce.

In una società in continua evoluzione, dove occorre limitare l'individualismo, recuperare nei giovani il senso del lavoro come dignità della persona e non solo come fonte di reddito e di crescita personale, sia un valore da riacquisire e trasmettere alle nuove generazioni, attuando percorsi di sviluppo sostenibile nell'insegnamento teorico e pratico con un approccio cooperativo. La scuola deve migliorare la qualità, sollevare l'apprendimento di Italiano, di Matematica e delle Scienze, ma sviluppare anche competenze di cittadinanza. Questi sono i valori che i giovani apprendono soprattutto con la cultura della cooperazione:

- Partecipazione attiva nel proprio contesto.
- Capacità di collaborare e lavorare in gruppo.
- Capacità di sostenersi ed aiutarsi reciprocamente.
- Capacità di condividere successi, insuccessi e responsabilità.
- Capacità di comunicare e di confrontarsi anche con il lontano, il diverso.
- Capacità di scegliere e di decidere.

Se le competenze delle future generazioni debbono essere competitività e flessibilità, credo che questi valori espressi e messi in atto con la didattica hands on possano essere dei validi aiuti alla formazione dei nostri giovani.

Bibliografia

1. https://www.youtube.com/watch?v=OF4G1Mlen7Y

2. M. G. Varagona, P. Ginesi, *Sulle tracce della tessitura a "liccetti"*. La Nuova Stampa: Camerino, 2006, p. 12.
3. M. G. Varagona, *Museo della tessitura, nei luoghi del fare*. La Nuova Stampa: Camerino, 2008, pp. 9-11.
4. H. Focillon, *L'elogio della mano*. Piccola Biblioteca Einaudi: Torino, 2002, p. 117.
5. Rif. 2, p. 12.
6. Rif. 3, Presentazione.
7. Rif. 3, p. 21.
8. Rif. 2, pp. 12-13.

Capitolo 8

Esperienze di apprendimento cooperativo

Umberto Mattioli
Scuola Secondaria di Primo Grado Giovanni Paolo II, Fabriano, Ancona
e-mail: umberto_mattioli2@yahoo.it

Tutto ebbe inizio quando conobbi il Professor Liberato Cardellini e fui travolto dal suo competente entusiasmo. Un metodo importante da utilizzare nelle classi è l'apprendimento cooperativo. L'idea di far lavorare gli alunni in piccoli gruppi in compiti strutturati, secondo i criteri suggeriti dalla letteratuta, è accattivante. Ma nella messa in pratica a volte sorgono problemi e difficoltà. Questa sperimentazione è stata svolta, per due anni, in una classe seconda e in una terza della scuola secondaria di primo grado "Giovanni Paolo II" di Fabriano, in provincia di Ancona. Scopo del lavoro trovare soluzioni ai problemi che l'apprendimento cooperativo della matematica sembrava presentare nella scuola secondaria di primo grado (già scuola media). In particolare:

- Suddividendo gli alunni in piccoli gruppi è elevato il rischio che parte di essi non lavori seriamente.
- Il metodo sembra prestarsi particolarmente ad affrontare calcoli o problemi che si risolvano in due o tre minuti al massimo.
- Le differenze di capacità fra gli alunni appaiono notevolissime:
  - i più deboli non riescono a lavorare in gruppi omogenei, salvo che il compito assegnato sia particolarmente ed inutilmente semplice;
  - far lavorare i ragazzi maggiormente in difficoltà con uno o due compagni molto capaci è frustrante per tutti e causa una diminuzione di motivazione in ciascuno, perché i migliori non riescono ad insegnare, mentre i deboli tendono a farsi trainare passivamente e non imparano.
- Non è facile motivare i meno capaci ad un maggiore impegno ed i forti ad aiutarli.

- Almeno nella fase iniziale, durante la quale gli studenti familiarizzano con il nuovo modo d'imparare, il metodo si presenta particolarmente lento e la quantità di lavoro svolta è insufficiente.
- La correzione in classe, anche parziale, non è possibile, perché ridurrebbe ulteriormente la già modesta quantità di lavoro svolto.
- Nell'aula permane un certo caos, che, tuttavia, si attenua man mano che i ragazzi imparano a collaborare.

Per ovviare a tali inconvenienti, si è tentato di mettere a punto un semplice metodo, che è stato ampiamente sperimentato e, pur non potendosi ritenere definitivo, si è dimostrato piuttosto efficace. Si ritiene di fondamentale importanza una preventiva, sistematica valutazione degli alunni, per ciascuno degli aspetti affrontati con il metodo del Cooperative Learning, al fine di:

- suddividere opportunamente i ragazzi in gruppi o coppie;
- valutare i progressi.

È utile annotare le principali caratteristiche di ciascun alunno, per rilevare, oggettivamente, nel tempo, eventuali cambiamenti. Il metodo sembra più efficace se non utilizzato subito dopo una spiegazione, poiché, almeno nelle prime applicazioni, anche i ragazzi più dotati hanno bisogno di essere guidati. Pertanto, dopo avere effettuato diversi tentativi e riflettuto sui risultati, si è ritenuto più produttivo procedere nel modo seguente.

Per il calcolo

Riporto in modo schematico la modalità di procedere da me utilizzata e inserita nel contesto di apprendimento delle mie classi.

- L'insegnante spiega e mostra alcuni esempi.
- Ciascun alunno, a turno, scrivendo contemporaneamente sul proprio quaderno, detta al docente un intero esercizio, se molto breve, o una piccola parte dello stesso se più complesso; l'insegnante scrive alla lavagna ciò che viene dettato, controlla, commenta e fornisce spiegazioni, quando necessario.
- Successivamente questo metodo può essere alternato con l'apprendimento cooperativo.
- I più deboli lavorano, insieme ai DSA, con il docente, dettandogli a turno, in modo che l'insegnante assuma, per loro, il ruolo di colui che scrive e commenta e, quando opportuno, spiega.

- Coloro che dovessero raggiungere un livello accettabile di conoscenze ed abilità, uscirebbero da questo gruppo, per lavorare a coppie.
- Gli alunni che hanno l'insegnante di sostegno lavorano con quest'ultimo, se presente, altrimenti formano un piccolo gruppo con compiti più semplici.
- In questo caso essi possono rivolgersi, seguendo un turno prestabilito, a quattro o cinque tutori, scelti fra i migliori della classe; ciò per ripartire l'onere.
- Al docente si ricorre solo quando nessuno dei tutori sia in grado di fornire aiuto.
- La restante parte della classe lavora a coppie, formate dall'elemento migliore e da quello più in difficoltà, dal secondo e dal penultimo e così via, fino a coppie costituite da ragazzi più o meno dello stesso livello intermedio.
- All'interno di ogni coppia uno scrive e detta, l'altro scrive, controlla e commenta.
- I ruoli si scambiano ad ogni esercizio, se breve, altrimenti, come nel caso delle espressioni, ad ogni passaggio.
- Nelle coppie di diverso livello il più bravo deve essere motivato facendogli capire che insegnando si impara di più e con un premio, di mezzo voto, nella successiva verifica, qualora l'altro avesse realizzato o confermato un miglioramento.
- Una coppia in difficoltà, potrà consultare le altre. Al docente ci si può rivolgere solo se nessuno avesse trovato la soluzione.

Per i problemi

Per la soluzione dei problemi viene usata la seguente procedura, riportata in modo schematico.

- Nella fase iniziale, l'insegnante spiega e mostra la soluzione utilizzando alcuni esempi.
- Poi il docente scrive alla lavagna e tutta la classe, scrivendo sul proprio quaderno, collabora alla risoluzione. L'insegnante indirizza, controlla, commenta e spiega, quando opportuno.
- Successivamente si può utilizzare l'apprendimento cooperativo.
- Il gruppo dei DSA e dei ragazzi in difficoltà lavora con l'insegnante, nel modo già descritto per i problemi.
- Gli alunni che hanno il sostegno operano con una modalità simile a quella adottata per il calcolo, incluso il tutoraggio.
- Gli altri ragazzi formano coppie il più possibile omogenee al loro interno.

- Ogni coppia non particolarmente abile, potrà contare su un tutore di livello tanto più alto quanto più il proprio sia modesto. A tale tutore spetterà lo stesso premio previsto per il calcolo, con analoghe modalità. Ciò non penalizza i bravi, i quali sono più veloci.

Sia nel calcolo che nei problemi, appare opportuno mantenere la composizione delle coppie almeno tra una verifica e la successiva, anche per potere meglio decidere l'attribuzione dell'eventuale premio. Il metodo descritto, basato su strategie semplici e pratiche, ha consentito di porre rimedio, almeno in parte, ad alcune delle criticità citate all'inizio, ma non si può che ritenere soltanto un punto di partenza.

Un approccio per l'insegnamento delle scienze sperimentali

Riguardo all'insegnamento delle scienze sperimentali, il Cooperative Learning si è dimostrato altrettanto efficace, presentando minori difficoltà nell'applicazione, ma problemi organizzativi, dovuti all'attuale assetto della scuola secondaria di primo grado. Premesso che l'apprendimento delle scoperte scientifiche, frutto di centinaia di anni di studi, non possa essere totalmente compiuto in laboratorio, quest'ultimo costituisce sicuramente un utile mezzo per sviluppare una mentalità scientifica, mantenere vivo l'interesse e motivare all'impegno. Anche in questo settore sarebbe preferibile che gli alunni lavorassero a coppie, formate da ragazzi di pari livello, per sviluppare il proprio spirito di collaborazione, senza che nessuno sfrutti il lavoro altrui per non impegnarsi. Si è dimostrato utile il tutoraggio organizzato con modalità analoghe a quelle usate per la risoluzione dei problemi.

Nella sperimentazione, effettuata per una decina di anni, sono stati utilizzati prevalentemente materiali di uso comune e basso valore, o di recupero, con l'eccezione di microscopi, poche sostanze chimiche specifiche e un po' di vetreria da laboratorio. Hanno costituito ostacolo all'applicazione del metodo, le risorse economiche della scuola, sempre molto limitate e tali da non consentire sempre l'acquisto di quanto necessario per permettere a tutti di lavorare, il poco tempo a disposizione e l'assenza di un tecnico di laboratorio. La mancanza di tale figura, ha costretto, infatti, il docente, a preparare quanto necessario e riordinare il materiale utilizzato, lavando, asciugando, recandosi a scuola in anticipo o trattenendosi oltre l'orario delle lezioni. La presenza di un assistente, inoltre, sarebbe necessaria per operare con l'intera classe in laboratorio, luogo potenzialmente pericoloso. Ulteriori difficoltà sono, nella scuola "media", l'assenza di protezioni individuali e la giovane età dei ragazzi, che costringono l'insegnante ad effettuare, egli stesso, qualche esperimento potenzialmente rischioso, ma ritenuto realmente importante per favorire l'apprendimento.

Al termine della sperimentazione, il percorso più efficace sembra essere stato quello che è iniziato, nel primo anno, con esperienze guidate in campi come la misurazione e la relativa valutazione dell'errore, l'osservazione al microscopio, partendo dalla comprensione del funzionamento dello strumento, per giungere alla realizzazione ed all'osservazione di preparati, qualche breve uscita in natura con raccolta di reperti per creare un piccolo erbario o una elementare collezione di calchi in gesso di impronte ed altro. Tali attività sono servite a coinvolgere gli studenti, fare acquisire loro l'indispensabile manualità ed iniziare a sviluppare una mentalità scientifica. Successivamente si è passati ad attività più propriamente sperimentali, sotto la guida del docente, affrontate, quando possibile, in modo problematico, fino a livelli piuttosto elevati per l'età. Ad esempio, dopo avere studiato le leve, si è fornito il seguente materiale: della funicella, due bicchieri di carta, un po' di sabbia in un bicchiere, due spiedini, un pezzo di cartone rigido, un paio di forbici, dell'acqua, una squadra, un cilindro graduato ed un sasso di forma irregolare. Alle coppie si è assegnato il compito di riuscire a pesare il sasso, utilizzando il materiale a disposizione, cercando di contenere l'errore entro il grammo. L'insegnante ha fornito un indizio alla volta fino a quando i ragazzi sono riusciti ad intuire la soluzione del problema. Al termine si è effettuata una verifica, pesando il sasso con una bilancia e, qualora il risultato dell'attività non fosse risultato accettabile, si è ricercata la causa del fallimento.

Solo una piccola parte delle esperienze sono state oggetto di relazione, perché pur facendo acquisire ulteriori abilità, ciò appesantisce notevolmente il lavoro ed affievolisce l'entusiasmo di studenti tanto giovani. Nella fase terminale, il docente ha fornito le tracce per realizzare sperimentazioni di diversa difficoltà, a seconda del livello delle coppie di lavoro, le quali hanno elaborato l'elenco dei materiali occorrenti, studiato e realizzato autonomamente l'esperienza proposta. Successivamente ogni coppia ha guidato le altre nella realizzazione del medesimo esperimento, oppure, nel caso in cui non vi fosse sufficiente disponibilità di materiali, ha mostrato e spiegato all'intera classe quanto sperimentato e concluso. Anche questo semplice percorso, dimostratosi piuttosto efficace, non è che un tentativo di concretizzare un'idea e solo un punto di partenza.

Bibliografia

1. M. Comoglio, *Insegnare e apprendere in gruppo. Il Cooperative Learning*. LAS: Roma, 1996.

Capitolo 9

Un recurso didáctico enológico: El mosto, el vino y el vinagre

José Antonio Martínez-Pons
Dpto. Química Analítica e Ingeniería Química. Universidad de Alcalá, Madrid
e-mail: jamartinez46@gmail.com

Resumen

En este trabajo se parte de un producto íntimamente ligado a la cultura occidental, especialmente mediterránea, como es el vino para la enseñanza de un conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos, estos en menor intensidad, relacionados con sus características químicas, su producción y el control de calidad del producto final, resaltándose además el rigor de la metodología de ciertos análisis derivada de la normativa legal, a fin de normalizar parámetros característicos, proponiéndose un conjunto no exhaustivo de experiencias de protocolo sencillo, bajo costo material y en la medida de lo posible, adaptados a los curricula de enseñanza no universitaria.
Palabras Clave: Enología, Aerometría, Química del vino, Parámetros de calidad, Cálculos con gráficas

Abstract

With the wine as wire, a non exhaustive set of easy accomplishment and low cost that experiences is proposed, some of them adaptation of industrial techniques, can be of utility to explain some chemistry and physics phenomena and to help better understanding the methodology of some check tests of quality, extrapolated to the scholastic laboratory. The propose activities can be made using the material and in the time it is arranged in a scholastic laboratory. Also it is indicated like constructing some instruments of measurement and using elements of graphical calculation.
Key words: Enology, Aerometry, Chemistry of the wine, Parameters of quality, Calculations with graphs

Introducción

Enseñar ciencia en general y química en particular, sobre todo en los primeros estadios del aprendizaje, significa entre otras cosas relacionar lo que se estudia en los textos e incluso en el laboratorio escolar, con la vida cotidiana, ya sea utilizando objetos y productos habituales como medio para explicar fenómenos científicos, ya para hacer ver a los estudiantes que la química está en todas partes y como no, en la producción y conservación y uso de múltiples productos comunes en la vida diaria, empezando por los productos alimenticios. Otro aspecto a tener en cuenta es la importancia de los patrones de control de calidad de los productos industriales y su normalización, imprescindible para poder establecer comparaciones.

Las experiencias que se proponen no son exhaustivas y se han seleccionado buscando su sencillez de aplicación ya como trabajo de los estudiantes, ya como experiencia de cátedra. La mayoría de experiencias se han pensado para poderse desarrollar en el tiempo del que habitualmente se dispone, unos 45 minutos y con los medios habituales de un centro de EEMM. Naturalmente, a veces no será posible el rigor real del laboratorio enológico pero si mostrar a los alumnos una versión simplificada advirtiendo como se debe proceder en la realidad e insistiendo en el rigor requerido. Otro aspecto interesante es el posible carácter de alimento funcional del vino que no se tocará, al menos con profundidad.

Qué es el vino

El vino por excelencia es el resultado de la fermentación del zumo de la uva, que a su vez es el fruto de la vid, "*Vitis Vinífera*", en sus múltiples variedades, que hoy día se cultiva en prácticamente toda la Europa meridional y central y también en América desde El Potomac hasta California y gran parte de Méjico, incluso en regiones del cono sur americano, en Australia y Sudáfrica. También en países mediterráneos de cultura musulmana, se cultiva la vid para la producción de pasas. Hay indicios de que la viña se cultivó desde hace más de seis mil años. La Biblia (Génesis XI, 20-21) relata que el patriarca Noé cultivó la vid extrajo su jugo e ignorando sus efectos, lo bebió y se embriagó.

El consumo de vino fue habitual en oriente medio y Europa mediterránea. En los simposios griegos se bebía mezclado con agua pero en tal cantidad que los reunidos solían acabar ebrios Durante la edad media consumir vino era una cierta forma de profilaxis empírica frente al peligro que implicaba beber de las aguas contaminadas que abastecían a las ciudades medievales. Otros países donde por razones climáticas no era posible el cultivo de la vid se bebía cerveza, que aunque utiliza agua en su producción, requiere su hervido y el alcohol que contiene garantiza salubridad. Posiblemente los vinos "antiguos" a los paladares actuales les

resultarían imbebibles. Sin embargo a lo largo de los siglos los viticultores se han esmerado en mejorar tanto la calidad de la materia prima, como de las levaduras y los métodos de producción, de modo que lo que hasta no hace mucho era una actividad artesanal y empírica, se ha convertido en una auténtica ciencia, la enología y la producción del vino un auténtico proceso industrial y como tal, sometido a rigurosos controles. El vino es un producto de alto valor no solo lúdico en el sentido del placer que su consumo puede proporcionar, sino y sobre todo, económico.

En resumen el vino es el zumo de uva, o mosto, fermentado. Este zumo si procede de una uva bien madurada contiene de un 15 a un 25 % de azúcares mono sacáridos, concretamente glucosa y fructosa, en rigor D(+)-glucosa y D(-)-fructosa en una relación aproximada igual a 0,95 pero como la glucosa fermenta mejor que la fructosa, al final del proceso esta relación se reduce a 0,3. Conviene resaltar que ambos glúcidos tiene la misma fórmula empírica $C_6H_{12}O_6$ por tanto la relación entre ambos es la misma en masa que en moles. La diferencia fundamental entre ambos es que la glucosa es una aldosa mientras que la fructosa es una cetosa. Discutir con los alumnos las distintas formas de presentar las fórmulas de ambos glúcidos y sus propiedades ópticas parece excesivo para el nivel propuesto, pero con alumnos avanzados puede hacerse.

La fermentación es consecuencia de una levadura, *Saccharomices cerevisiae*, que produce un conjunto enzimático llamado "**zimasa**", que descompone las hexosas según la reacción de fermentación alcohólica de Gay–Lussac (Leuthard & Eldbacher, 1962; Finar, 1980) según la reacción global:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{zimasa}} CO_2 + CH_3 - CH_2OH$$

En realidad esta es una expresión muy simplificada de lo que realmente ocurre, ya que la fermentación es un conjunto complejo de reacciones. El mosto contiene otros azúcares sobre todo pentosas que pasan al vino y muy pocos disacáridos, como la sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) que normalmente desaparecen durante la fermentación. La levadura se encuentra en la piel de la uva, sin embargo hoy día es común pasteurizar el mosto antes de la fermentación con lo que las levaduras "salvajes" mueren y a continuación se añaden cepas selectas de levadura preparadas en el laboratorio de forma adecuadamente controlada. También se controla de modo exhaustivo todo el proceso de producción del vino desde la cepa e incluso antes, hasta la mesa, los viejos lagares se han convertido en reactores químicos perfectamente controlados. Especial interés tiene la temperatura de fermentación. Cuanto más baja es esta temperatura más lenta es la fermentación. Es importante recordar que el vino es un producto "vivo" y que cualquier manipulación indebida, incluso en el transporte, puede arruinar un producto potencialmente de alto valor. El vino puede contener además de alcohol etílico, otros alcoholes en concentración muy baja, como butírico y amílico (1).

El vino en el laboratorio escolar

A continuación se proponen un conjunto de experimentos siguiendo las pautas descritas en la introducción. La primera práctica puede ser la extracción por presión del mosto. Puede dejarse que el mosto fermente y anotar lo que ocurre. También es interesante que, en colaboración con los profesores de biología los estudiantes observen al microscopio las levaduras. No se insiste más en este tema.

Verificación de que el vino es una mezcla: Cromatografía en papel

El vino es una mezcla de muy variadas substancias, no solo agua (85 %) alcohol (12-16%) y, sino multitud de sustancias, que aunque representan del orden del 5% de la composición del vino le confieren características especiales, como olor color y sabor (Nicholas, 2015). Entre los métodos elementales de verificación, uno muy espectacular es una cromatografía en papel. Se puede explicar a los alumnos en qué consiste utilizando ejemplos simple, como los corredores de una carrera de fondo popular y como aunque salen los corredores la velocidad con que se desplazan va separando los "profesionales de los aficionados", incluso mostrar los componentes de la tinta de un rotulador, para pasar el vino. Para ello el profesor deberá hacer una reducción a baja temperatura (40 ó 50°C) de vino tinto hasta reducir el volumen más o menos a la mitad del inicial. Se entregará a los estudiantes una tira de papel de filtro de unos 10 cm de larga y unos 4 de ancha. A unos 3 cm de uno de sus extremos con un pincel se pintará una línea horizontal con el preparado obtenido y se dispondrá la tira como se aprecia en la fotografía (Figures 1). Al cabo de un poco tiempo se observa la aparición de diferentes pigmentaciones. No se identifican los productos pero si que el vino es una mezcla. También puede hacerse con un disco de papel de filtro, en cuyo centro se abre un pequeño agujero en el que se inserta un macarrón de papel de filtro. Se pinta un círculo en torno al agujero con la reducción de vino y se coloca el disco sobre un vasito con agua de modo que el macarrón se sumerja en ella.

Figura 1. Disposición de la cromatografía en papel y el resultado de la cromatografía.

Medidas de densidad

La densidad es una propiedad física de gran interés. En enología se utilizan dos criterios:

a. Masa volúmica a 20°C. Se define como la masa de la unidad de volumen del mosto o del vino medida a 20°C, se simboliza como $\rho_{20°C}$ y se expresa en g /mL. Por norma la medida se da con cuatro cifras decimales. Equivale a lo que los textos escolares llaman 'densidad absoluta' que en el SI se expresaría en kg m^{-3}. Obsérvese lo detallado de las normas que se irá repitiendo a lo largo del trabajo.
b. Densidad relativa a 20°C o densidad 20°C/20°C. Es la relación entre las masas volúmicas del vino o del mosto y del agua, a 20°C, o la relación entre las masas de iguales volúmenes de vino y agua. Se simboliza como $d_{20°C}^{20°C}$ y equivale a la densidad relativa. Es adimensional.

Tabla 1. Valores máximos y mínimos de la masa volúmica de algunos vinos

	Vino blanco seco		Vino tinto seco		Cava		Vino dulce		Mosto	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
ρ_{20}(g/mL)	0,9880	0,9930	0,9910	0,9890	0,9890	1,0080	1,0500	1,0700	1,0590	1,1150

Formas de medida

Aerometría. Es la forma más habitual. Para medirla se utiliza el densímetro o aerómetro. Mide la densidad utilizando el principio de Arquímedes. (Figures 2 y 3) Consiste en un flotador convenientemente lastrado que lleva un tronco graduado. Más adelante se verá que un aparato semejante también se utiliza para medir el grado alcohólico. Según la normativa se verterá 250 cm^3 de vino en una probeta, se medirá su temperatura y se introducirá el aerómetro previamente lavado y seco. La lectura se efectuará por la parte alta del menisco y se llama "masa volúmica aparente" ρ_t. La masa volúmica a 20°C se obtiene mediante $\rho_{20°C} = \rho_t + c$ donde c es un parámetro correcto en función de la temperatura y que se encuentra tabulado (Garcá Cazorla et al., 2005).

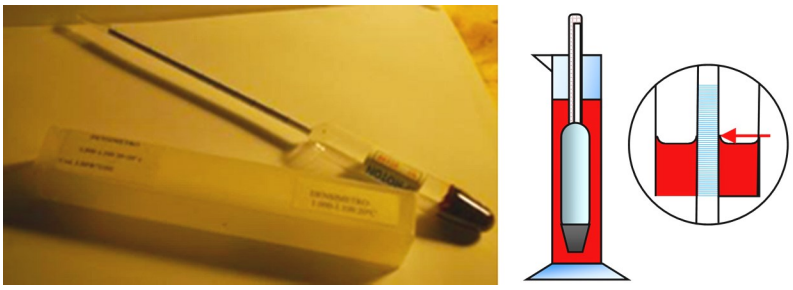


Figura 2. Densímetro 1,000-1,100. La cuarta cifra se obtiene por interpolación. A la derecha el uso del densímetro. La lectura por la parte baja del menisco.

Los aerómetros son aparatos delicados y además su rango de trabajo es muy restringido lo que requiere disponer de varios. La tabla 1 muestra algunos valores que pueden ayudar a seleccionar el densímetro más adecuado. En la práctica puede ser suficiente que el profesor explique su fundamento físico, haga alguna medida y muestre a los alumnos como se hace. También puede proponerse a los estudiantes que fabriquen un aerómetro casero, con una cápsula de plástico, puede recuperarse de un bolígrafo grueso, a la que se ajusta un tapón de goma con una varilla y que se lastra con plastilina y si es preciso con algún perdigón y se calibra (Martínez Pons, 2012). A juicio del autor aunque es un trabajo interesante para que los estudiantes comprendan el funcionamiento del aparato, que "salga bien" es bastante complicado (Figures 3).

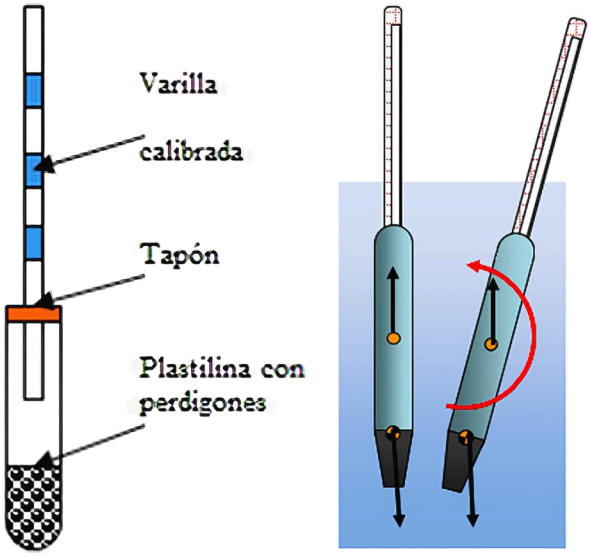


Figura 3. Densímetro casero. A la derecha se observa que al inclinar el aerómetro aparece un par recuperador.

La forma del aerómetro con su lastre garantiza que el aparato se mantenga derecho ya que su centro de gravedad queda muy bajo mientras que el centro de empuje, correspondiente al centro de masas de la parte sumergida se sitúa por encima de él. Si el aparato se inclina ligeramente de la vertical su centro de gravedad no varía y se centro de empuje prácticamente tampoco, de modo que se genera un par de fuerzas peso-empuje que tiende a recuperar la posición inicial (Figura 3). El equilibrio es estable.

Picnometría. Otro aparato adecuado para medir densidades es el picnómetro. Para su uso véase por ejemplo. También es interesante la construcción de un picnómetro casero (Figura 4). En Martinez-Pons (2012) se describe detalladamente el uso del aparato y la construcción del sucedáneo casero.

Figura 4. El picnómetro en acción. A la derecha picnómetros comercial y casero.

Grado probable de un mosto: Refractometría

Es una medida que tiene por objeto determinar el grado alcohólico del vino que obtendrá de un determinado, mosto. En realidad lo que se mide es su concentración de azúcares. Esta se expresa en grados Brix, siendo el grado Brix la concentración de una disolución cuyo índice de refracción equivale a una disolución que contiene un 1% de sacarosa. Obsérvese como se utiliza un valor equivalente, ya se ha dicho más arriba, la cantidad real de sacarosa que contiene el mosto es muy pequeña. Es interesante hacerlo notar a los estudiantes (Martínez Pons, 2012). El índice de refracción, n, y el grado Brix se correlacionan según las siguientes fórmulas empíricas (Garcá Cazorla et al., 2005).

$$n = 0{,}00166 \times (ºBrix) + 1{,}33063; \quad Brix = 6{,}0090502\, n - 799{,}58215$$

Válidas para 15 ≤ °Brix (mosto) ≤ 25 intervalo habitual en mostos. Para rangos más amplios se podría determinar mediante la correspondiente curva de calibrado.

El índice de refracción se mide habitualmente utilizando un refractómetro de Abbè, que puede obtenerse a precio moderado en Internet. Su esquema de funcionamiento se muestra en la figura 5.

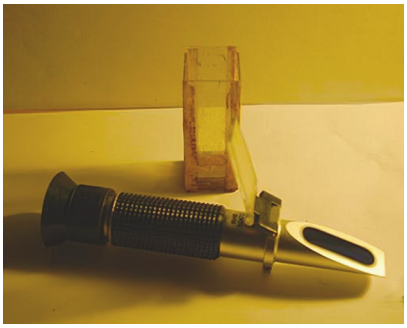


Figura 5. Refractómetro de Abbé.

Consta de un prisma sobre el que se deposita la muestra. Al ser iluminada por un rayo este se desvía según la ley de Shell y el objetivo proyecta el rayo desviado sobre una escala adecuadamente calibrada en °Brix y en índice de refracción que se lee desde el objetivo.

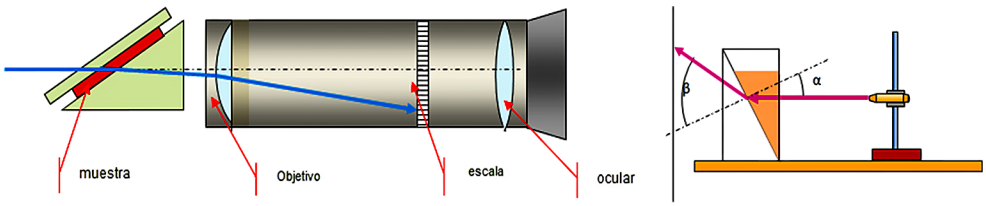


Figura 6. Esquema del refractómetro de Abbé. El rayo luminoso no está rigorosamente dibujado porque les desviaciones son muy pequeñas pero vienen aumentadas cuando el objetivo proyecta sobre la escala. A la derecha esquema del refractómetro.

De no disponerse de este aparato puede fabricarse un refractómetro casero con cuatro vidrios porta de microscopio, dispuestos según el esquema (Figura 6) sobre el que se lanza un rayo láser que se desvía e incide sobre una tabla de calibrado situada en la pantalla (Figura 7). Aunque el aparato es muy didáctico, su uso requiere calibrar en cada sesión y cuidar mucho la posición exacta del dispositivo.

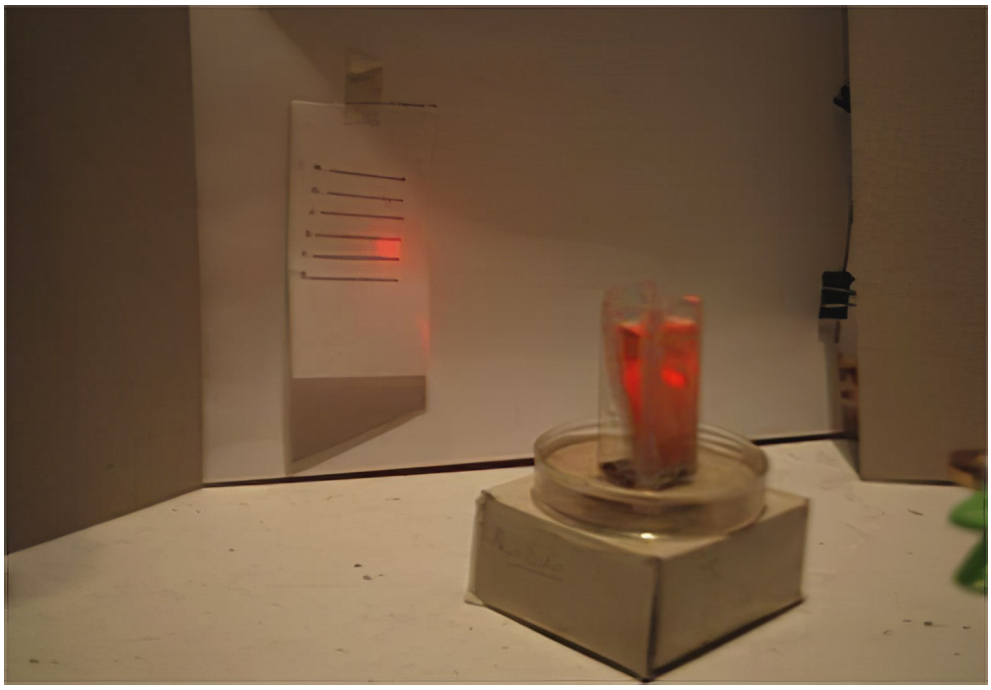


Figura 7. El refractómetro actuando. Por necesidad de la fotografía se ha puesto la pantalla muy cerca, convine una distancia mínima de 1 metro.

Conocido el grado Brix. Se puede determinar la masa volúmica del mosto (Figura 8). Una vez conocida la masa volúmica, que también puede averiguarse por aerometría, el grado probable del mosto se determina mediante la correlación (García Cazorla et al., 2005)

$$\text{Grado alcohólico (\% volumen)} = 150{,}5537\rho_{20^\circ} - 151{,}4771$$

Obsérvese que los cálculos gráficos mediante curvas patrón son todavía hoy muy utilizados y conviene que los alumnos se vayan familiarizando con ellos.

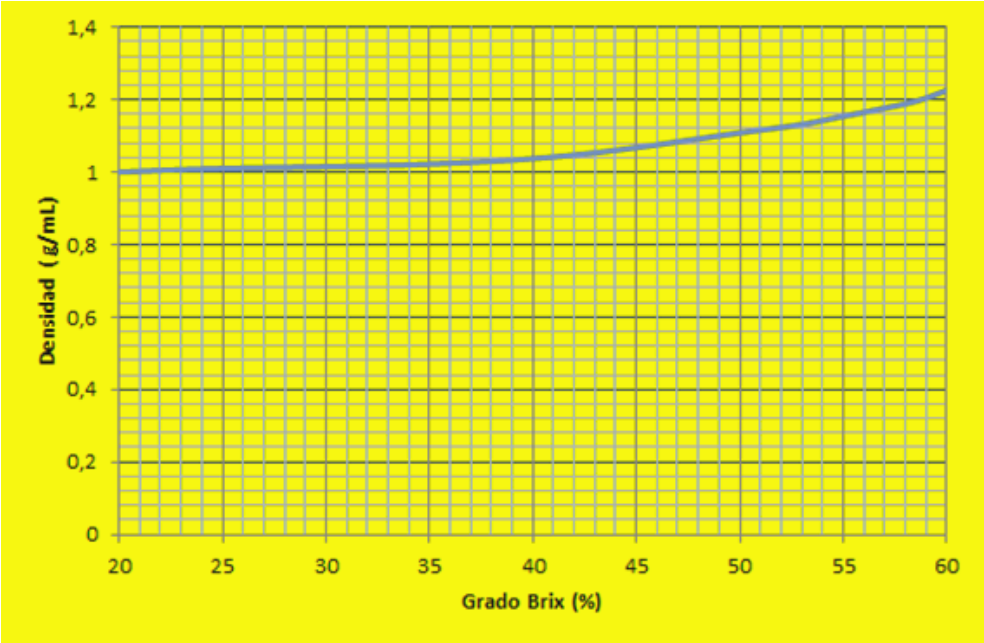


Figura 8. Masa volúmica frente a grado Brix.

Grado del vino (Destilación)

Uno de los parámetros importantes del vino es su contenido de etanol que suele expresarse mediante el **GAV**, grado alcohólico volumétrico, que se define como cm^3 de alcohol contenidos en 100 cm^3 de vino. Industrialmente se mide ya sea por el método de destilación y aerometría ya por ebulloscopia. Ambos métodos son complejos y su aplicación rigurosa queda fuera de los objetivos de este trabajo, sin embargo es interesante por lo menos la práctica de la destilación, recordando además que el proceso en si conduce a una amplia gama de productos, desde el "alcohol de farmacia" a los licores destilados. Para ello se montará el destilador comprendido cada una de sus partes y el papel que representan, desde la inclusión

de plato poroso en el destilador a la posición del termómetro, o el sentido del flujo del refrigerante.

Se puede mostrar y poner en marcha un alambique en miniatura, haciendo notar que estos aparatos no suelen llevar termómetro y que es la experiencia del licorista observando el ritmo de caída de la gota para determinar la calidad del destilado y detenerlo antes de que aparezca metanol (ver más adelante) y que se comparen uno y otro aparato. Es corriente el uso de aerómetros para control del producto. Se recogerá el destilado, desechando las primeras gotas, vigilando siempre la temperatura del vapor y se apreciará el olor del producto, además se puede tomar una muestra en un macarrón de papel de filtro y prendiéndole fuego, ver la llama azulada, casi invisible que no llega a penas a chamuscar el papel. Conviene recordar que es posible que si la destilación no se practica adecuadamente se produzcan reacciones en las que el etanol se rompe dando metanol, muy tóxico recuérdese que el etanol también lo es pero se requieren dosis mayores para producir daños al ser humano.

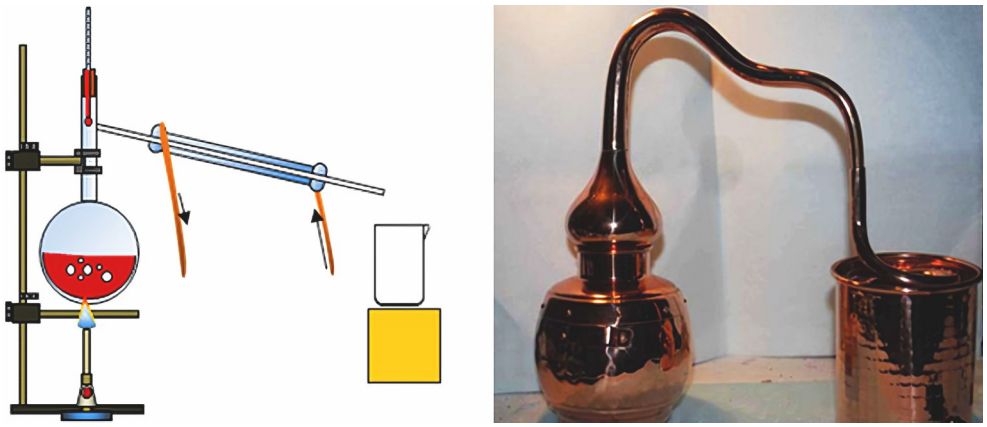


Figura 9. Destilador de laboratorio y alambique.

Ebulloscopia

Otra medida del **GAV** se consigue midiendo la variación de punto de ebullición de la mezcla alcohol agua que depende precisamente del contenido de alcohol, más volátil y por tanto con menor temperatura de ebullición que el agua. (Recuérdese e incluso adviértase a los estudiantes que el agua hierve a 100° si es agua pura y la presión externa es de una atmósfera, 101,2 kPa). En estas condiciones el alcohol hierve a 78,5°C, por tanto la mezcla hervirá a una temperatura intermedia. Esta se mide mediante un ebullómetro Dujardin – Salleron, que no se encuentra en los laboratorios escolares, pero se puede simular mediante un Erlenmeyer con un tapón perforado en el que se inserta un termómetro y un refrigerante de reflujo.

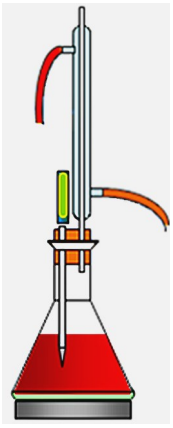


Figura 10. Esquema de ebullómetro improvisado.

Cargando el aparato con agua se mide el punto de ebullición, se lava y se carga con el vino a partir de la diferencia entre ambas temperatura y mediante una curva patrón se determina el **GAV**. Un modo más simple pero menos riguroso requiere construir una curva patrón con mezclas de alcohol agua de difrentes densidades y medir la densidad del vino (Figura 11). Más sencillo aún es utilizar un aerómetro calibrado en **GAV**, que en este caso suele llamarse "alcoholímetro".

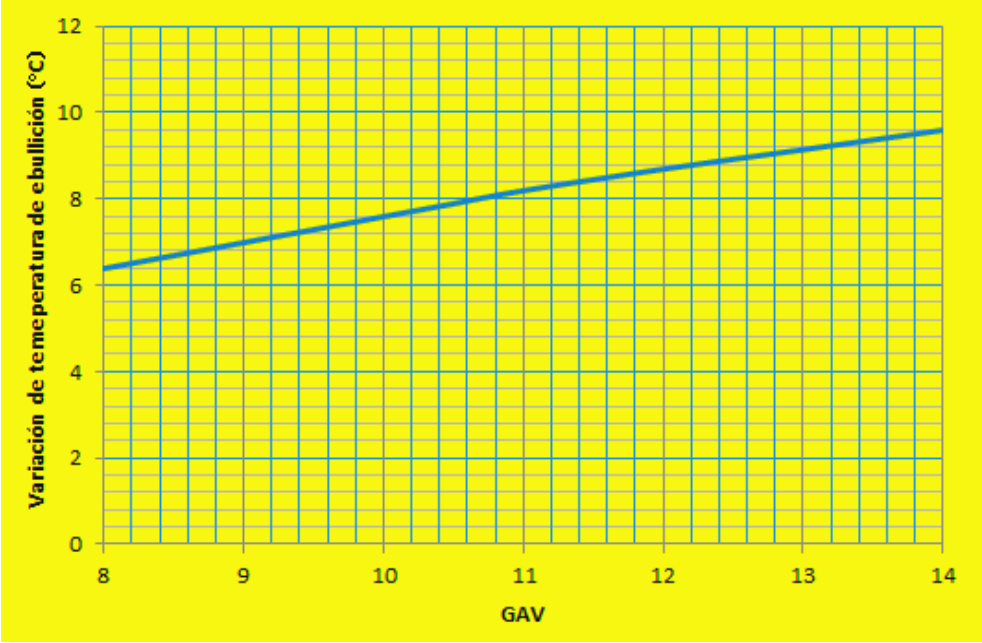


Figura 11. Curva patrón del ebullómetro.

Acidez

En enología la acidez admite también matices. Sedefine la **acidez total** (**AT**) como la suma de todos los ácidos valorables con hidróxido de sodio, hasta pH = 7 aunque se recomienda hacer la valoración a pH 8,2 puesto que los ácidos contenidos en el vino son débiles. En el vino los ácidos más importantes son tartárico, málico, tánico derivados de la propia fruta y acético, fórmico, succínico o carbónico consecuencia de la fermentación maloláctica, un proceso asociado a la fermentación alcohólica. Hay otros ácidos en menor cantidad. La **AT** no incluye los óxidos de azufre y carbono. La **AT** del mosto disminuye con la fermentación ya que el ácido tartárico forma sales cálcicas cuya solubilidad disminuye al aumentar la concentración alcohólica. La **acidez volátil** (**AV**) se debe al ácido acético y demás ácidos de su serie que puede encontrarse libres o formando sales. Es muy importante desde el punto de vista organoléptico y responsable junto con el acetato de etilo del olor a picado de algunos vinos. Su nivel sensorial es de 0,6 g dm^{-3} y 0,1 g dm^{-3} respectivamente. El nombre de volátil se debe a que se debe a los ácidos que se pueden separar por destilación fraccionada del vino. Este proceso es la base del método de García Tena era esa determinación. La **acidez fija** (**AF**) se debe a los restantes ácidos. Se cumple pues que **AT =AV + AF**. (García Cazorla et al., 2005). En la tabla 2 se resumen los valores de referencia permitidos por la legislación (2).

Muestra	AT (g/L)	AV (g/L)
Mosto	3,5-10,0	≤ 0,12
Sangría	3,6-10,0	≤ 0,6
Refresco de vino	4,0-8,0	≤ 0,3
Vino “tranquilo”	≥ 4,5	
Vino base para espumoso	≥ 5,5	≤ 0,60
Vino espumoso	≥ 5,5	≤ 0,65

Tabla 2. Valores de referencia de acidez.

La **AF** del mosto y el vino se expresa en g de ácido tartárico/L (una vez más estamos ante una equivalencia) y por norma se obtiene valorando 10 mL de vino o mosto con una disolución de NaOH 0,1332 M utilizando azul de bromotimol (intervalo de pH 6,0-7,6) como indicador. (García Cazorla et al., 2005). Naturalmente si la medida se hace en el laboratorio escolar, aunque es bueno explicar el proceso oficial, no es necesaria tanta finura. La acidez total se calcula como

$$\mathrm{AT} = \frac{\mathrm{v} \times \mathrm{M} \times 75}{10}\ \text{g de ácido tartárico/L}$$

siendo v el volumen de base gastado y M su molaridad, no necesariamente la oficial. Es un buen ejercicio que los alumnos deduzcan esta relación de equivalencia.

Medida del pH

La medida del pH no es equivalente a la medida de la acidez sino que lo que realmente expresa es la fuerza de los ácidos presentes en el vino. Su medida sigue un protocolo bastante riguroso pero en el laboratorio escolar es suficiente su medida con papel indicado universal, cuidando de leer siempre la indicación por el lado opuesto a aquel sobre el que se deposita la gota. Hoy se pueden conseguir pH-metros bastante robustos y de buen precio. Si se dispone de ellos es preferible su uso al del papel. En este caso se insistirá en que se extreme la limpieza del instrumental antes y después de la medición.

El vinagre: grado de acidez del vinagre (GA)

El vinagre se produce como consecuencia de la oxidación del alcohol etílico del vino, por la acción de de los enzimas generados por un hongo, el *Mycoderma aceti* según la reacción global

$$CH_3–CH_2OH + O_2 \rightarrow CH_3–COOH + H_2O$$

Al vinagre son aplicables los mismos conceptos de acidez pero en la industria alimentaria es normal utilizar como valor de referencia grado de acidez que se define como la cantidad total de ácidos fijos y volátiles contenidos en 100 mL del vinagre, expresados en gramos de acido acético. (Una vez más una referencia referida a un equivalente). La normativa para su medida es muy detallada (García Cazorla et al., 2005), se tomará una muestra de 10 mL de vinagre disueltos en 100 mL de agua destilada que se valorarán con sosa 1,666 M hasta pH 8,2 y utilizando como indicador 6 gotas de fenolftaleína. En el laboratorio escolar tampoco es necesaria tanta precisión.

Si se gastan v mL de sosa entonces si M es la molaridad de la base.

$$\text{GA}\,(\%) = \frac{\text{v} \times \text{M} \times 60 \times 100}{10 \times 1000} = 0{,}6 \times \text{M} \times \text{v}$$

También es un buen ejercicio deducir la fórmula. La legislación establece para el vinagre de uso alimentario GA ≤ 6% (pH ≅ 2,4) y para uso industrial 8% ≤ GA ≤ 11% aproximadamente equivalente a 2,2 ≤ pH ≤ 2,3.

Figura 12. pH del vinagre y del vino tinto. A efectos enológicos la medida con papel carece de precisión.

Dos experimentos transversales

A. Un viejo experimento "aggiornato"

Este experimento parece que lo realizaba Galileo con dos calabacitas. Aquí se ha modernizado un poco. Permite jugar con los conceptos de densidad, viscosidad e incluso difusión entre líquidos (Figura 13). Se precisan dos vasitos iguales y una tarjeta de plástico capaz de cubrir por completo la boca de los vasitos. Se llena uno de los vasos con vino tinto y otro con agua y se explica que el experimento, que no truco, consiste en intercambiar el contenido de ambo vasos sin utilizar nada más que la tarjeta. El vino es ligeramente menos denso que el agua y, tiende a flotar sobre ella, sin embargo ambos líquidos son muy miscibles, por tanto se debe evitar que se mezclen. Este es un buen momento para introducir los regímenes de flujo laminar y turbulento de los fluidos.

Se cubre el vaso de agua con la tarjeta y se invierte sujetando la tarjeta con un dedo. Se puede preguntar si se puede retirar el dedo y recordar el papel de presión atmosférica. Se sitúa el vaso de agua sobre el vaso de vino, se juntan en lo posible los bordes y se retira ligeramente la tarjeta dejando una pequeña abertura. Se observará que normalmente el vino empieza a ascender primero formando una pequeña estructura arremolinada, debida al golpe de ariete y luego, si la abertura es adecuada se forma una lámina de vino que asciende depositándose sobre el agua que bajas aunque no se advierte debido a su transparencia.

El tránsito de un régimen laminar a uno turbulento se determina mediante un número adimensional llamado número de Reynols (Re), por Osborne Reynols

(1842-1912). Una descripción detallada del Re parece fuera de lugar, es suficiente decir a los alumnos que este número es proporcional a la velocidad del fluido al que se aplica, a densidad y a una magnitud lineal, por ejemplo en tuberías es el diámetro de estas, $\left(Re = \frac{uD\rho}{\mu}\right)$ y en este ejemplo el tamaño de la abertura, e inversamente proporcional a su viscosidad. Para Re "pequeños" el flujo es laminar mientras que para grandes se hace turbulento. Si se mantiene la abertura pequeña, el flujo será laminar. Pueden realizarse varios experimentos en paralelo, variando el tamaño de la abertura.

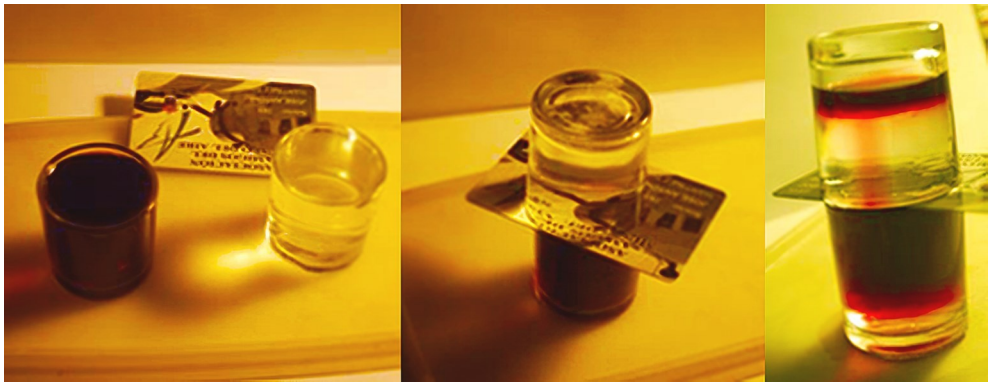


Figura 13. Izquierda, el material necesario. Centro, la colocación de los vasos. Derecha, se está produciendo el transvase. Se aprecia la lámina de vino y también el inicio de la difusión.

Tensión superficial y un poco de óptica

Un propiedad que presentan los líquidos es la llamada tensión superficial que puede resumirse como la cohesión que presentan las moléculas superficiales del un liquido. Gracias a la tensión superficial es posible que ciertos insectos puedan deslazarse sobre la superficie de un líquido o que sobre esta puedan "depositarse" pequeños objetos como monedas de aluminio o aguja, sin que se sumerjan (ni se mojen). Todos estos fenómenos se deben a la tensión superficial como ya se dijo, consecuencia de las fuerzas de cohesión interna de las moléculas del fluido. Son de corto alcance por lo que solo relacionan las moléculas próximas. En el seno del fluido se compensan, dando un resultante nula pero en las proximidades de la superficie, puesto que disminuye el número de moléculas por encima dan una resultante hacia adentro que tiende a que la superficie sea la menor posible. En ausencia de gravedad una gota de aceite debería adquirir forma esférica. Esta situación puede reproducirse compensado el peso de la gota con el empuje arquimediano, para ello deberá depositarse la gota en un liquido de densidad análoga a la del aceite.

Se precisará un pequeño recipiente, agua, alcohol etílico, aceite y un cuentagotas.

El experimento se iniciará preparando aproximadamente volúmenes iguales de agua y alcohol. Cargado el cuentagotas con aceite se sumergirá su punta más o menos hasta la mitad del recipiente y se depositará una gota de aceite, si ésta sube se añadirá con precaución un poco más de alcohol y si se sumerge, agua. En el momento en que la gota quede en equilibrio el experimento esta logrado y se observará la forma (Figures 14). Si el recipiente es cilíndrico y se observa de lado la gota aparece con forma de elipsoide, se debe a la distorsión óptica debida al dioptrio cilíndrico que se forma. La explicación es un buen ejercicio de óptica geométrica.

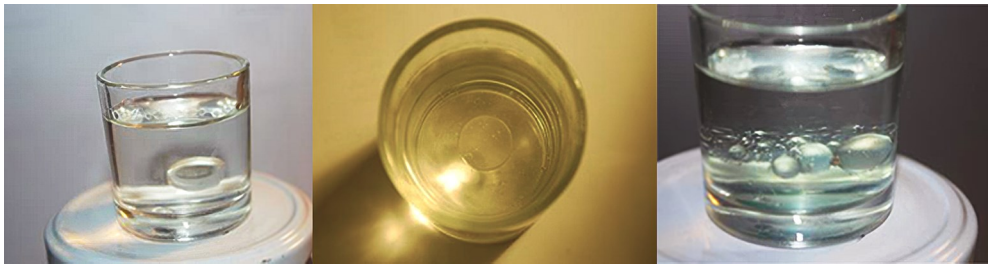


Figura 14. Izquierda, la gota de aceite tiene forma aparente de elipsoide. Centro, vista desde encima es perfectamente esférica. Derecha, unas gotas de detergente deshacen la gota en gotas más pequeñas.

Para simplificar supondremos el vasito cilíndrico y que la gota se sitúa con su centro sobre el eje de simetría vertical de vaso. Considerando que lo que se ve es prácticamente la proyección de la gota sobre un plano vertical, si esta es esférica el diámetro vertical ZZ' no se deforma sin embargo el horizontal sí. En la gráfica se observa la sección del vaso y la gota y se supone que el observador se encuentra a la izquierda (Figures 15).

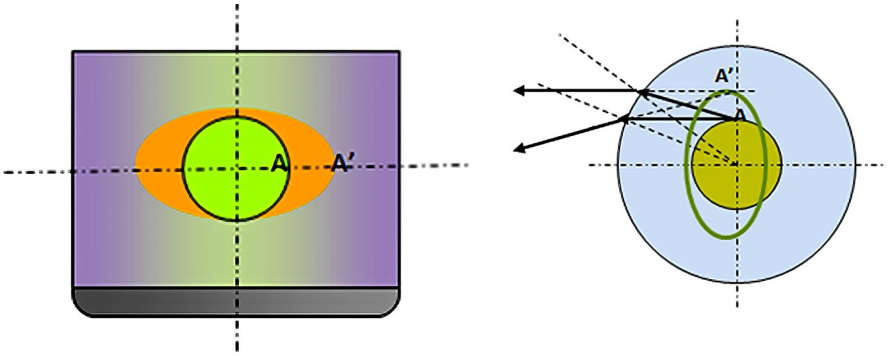


Figura 15. Izquierda, vista frontal. Derecha, esquema de los rayos, el punto A se desplaza a A'. El dibujo no está a escala rigurosa.

Construyendo la imagen de punto A aplicando las leyes de Snell se encuentra que su imagen es A', virtual, siendo OA < OA', y la gota se verá como una elipse

de eje mayor horizontal. También el punto B se ve más cerca del observador pero esto, al mirar de frente, no se advierte. Naturalmente puede continuarse el experimento añadiendo más o alcohol o agua e incluso, con unas gotas de detergente líquido ("mistol").

Cata y otros análisis sensoriales

Tradicionalmente existe otro sistema de evaluar la calidad de un vino, es la cata donde la gracias a su sensibilidad y entrenamiento el catador emite su opinión o ¿juicio? basándose en efectos más o menos subjetivos y sus resultados son en general bastante etéreos. En el mundo del vino parece que existen expertos capaces de apreciar las virtudes y defectos del vino mediante cata pero ésta queda fuera de este trabajo, por la edad de los alumnos a los que se dirige y por su falta de rigor científico en el sentido de la falta de resultados objetivos medibles u objetivables. De hecho la tendencia enológica actual es establecer parámetros medibles incluso para sensaciones como el "bouquet" del vino (Ferreira et al., 2001), pero puede ser un buen ejercicio buscar notas de cata y comentarlas en clase (Figura 16).

El vino como alimento funcional

Como es sabido se dice que un alimento es funcional cuando, además satisfacer las necesidades nutricionales básicas, proporciona beneficios para la salud o reduce el riesgo de sufrir enfermedades. (Juárez & Olano, 2005) Parece ser que el vino, especialmente el tinto contiene sustancias, como restrevaroles o polifenoles, que le convierten en un alimento funcional, valga el ejemplo de la "paradoja francesa" (Saura-Calixto & Goñi, 2005). En algunas regiones de Francia con un elevado consumo de grasa de origen animal la tasa de problemas cardíacos es baja, lo que se atribuye a que esta ingesta va acompañada de un consumo moderado y regular de vino tinto. Este tema es muy amplio sobre el que existe abundante bibliografía, pero no se hará un estudio detallado del tema, salvo una breve mención general de los alimentos funcionales (Juárez & Olano, 2005) y a la conveniencia de una alimentación sana y variada.

> Vino con sorprendente color rojo granatoso con ribete negro y destellos púrpuras, de gran intensidad aromática y frutal que recuerda a las fresas y moras, con un telón de fondo balsámico y especiado con pimienta blanca y rosa. En la boca es muy potente con una buena acidez, muy personal y agradable paso. Equilibrado y estructurado.

Figura 16. Ejemplo de nota de cata tomada al azar de publicidad. Obsérvese el poco rigor de la terminología utilizada, común en este tipo de reseñas.

Cambio climático y viticultura

Uno de los problemas ambientales, más discutidos actualmente es el llamado "cambio climático", que en síntesis consiste, como es sabido, en un ascenso de las temperaturas medias de la atmósfera terrestre. Sin entrar a discutir sobre el fenómeno y sus posibles causas, si conviene tener en cuenta que este cambio de temperatura puede afectar de modo importante al cultivo de la vid y por ende en la producción y propiedades de los vinos que se producen. Temperaturas más cálidas hacen que la uva sea más rica en azúcares por tanto el vino de mayor grado alcohólico y varía la acumulación de sustancias diversas, lo que puede perjudicar el resultado. Si se produce un aumento de temperatura global, terrenos con una climatología óptima para determinadas variedades de uva pueden dejar de serlo y cambiar las viñas a otras latitudes más frescas es caro y no garantiza un buen resultado, además, hay otros factores como la composición del suelo, que variaría al trasladar los cultivos. Este es en síntesis el problema para el cual viticultores y técnicos están buscando ya soluciones (Nicholas, 2015; Zamora Marín, 2015).

Conclusión

El conjunto de experimentos y observaciones propuestos no son ni mucho menos exhaustivos y se han seleccionado a tenor de su simplicidad, bajo coste, instrumentación asequible y sobre todo con posibilidad de ser aplicados como herramienta didáctica adaptándolos al nivel de los alumnos, – el autor piensa que no existen experimentos triviales, todo depende la profundidad que quiera dárseles –, con suficiente riqueza conceptual y práctica para adaptarse a lo curricula de ESO y bachillerato, pero no solo como ejercicios académicos sino aportando información en un campo tan interesante, como se ha dicho en otras partes del trabajo resaltando la importancia de medidas objetivas y normalizadas de control de calidad para establecer criterios de comparación entre difrentes productos, en este caso, vinos y vinagres. De modo colateral se han presentado algunas experiencia que pueden ayudar a comprender fenómenos de óptica o mecánica.

Nota

A lo largo de este trabajo se han nombrado las substancias con sus nombres tradicionales, porque así suelen venir referidos en la bibliografía, es un buen ejercicio que los estudiantes escriban las fórmulas y den su nomenclatura sistemática.

Bibliografía

1. F. Leuthard, S. Eldbacher, *Tratado de química fisiológica*. Aguilar: Madrid, 1962.
2. V. Ferreira, R. López, M. Aznar, *Olfactometry and Aroma Extract Dilution Analysis of Wines*. En J. Jackson, (Ed.), *Analysis of Taste and Aroma.* (pp. 89-122). Springer Verlag: Berlin, 2001.
3. I. L. Finar, *Química Orgánica*. Tomo 2. Editorial Alhambra: Madrid, 1980.
4. J. García Cazorla, M. Xirau Vayrea, R. Azorín Romero, *Técnicas usuales de análisis en enología*. Panreac: Barcelona, 2005.
5. M. Juárez, A. Olano, Introducción. En *Alimentos Funcionales* (pp. 7-9). FECYT: Madrid, 2005.
6. J. A. Martínez Pons, La preparación de la mermelada como recurso didáctico. *Anales de Quimica*. 105 (1), 221-226, 2009.
7. J. A. Martínez Pons, La corona de Gerión y el Eureka de Arquímedes. *Anales de Química*, 109, 119-125, 2012.
8. K. A. Nicholas, ¿Cómo afecta el cambio climático a los vinos? *Investigación y Ciencia*, 466, 40-49, 2015.
9. F. Saura-Calixto, I. Goñi, Fibra dietética y antioxidantes en la dieta española y en alimentos funcionales. En *Alimentos Funcionales* (pp. 167-213). FECYT: Madrid, 2005.
10. F. Zamora Marín, ¿Cómo afecta el cambio climático a los vinos? *Investigación y Ciencia*, 466, 46-47, 2015.

Capitolo 10

Episodi di didattica capovolta

Monia Grilli
I.C.S. "Anna Frank" – Montecalvo in Foglia (PU)
e-mail: monia.grilli@istruzione.it

La “Didattica capovolta” è un metodo di insegnamento che offre, a quei docenti che riconoscono l’esistenza di un “digital divide” fra le nuove generazioni di studenti “nativi digitali” e la generazione di insegnanti “nativi analogici”, l’opportunità di rinnovare l’attività di insegnamento/apprendimento rendendo maggiormente efficaci le loro modalità didattiche. L’innovazione didattica della “Flipped Classroom” nasce dalla consapevolezza che le nuove tecnologie non rappresentano tanto contenuti da dover insegnare, quanto preziosi strumenti che il docente può utilizzare come risorse per rendere più efficace il proprio lavoro: l’insegnante supera, con tale metodo, il tradizionale ruolo di depositario del sapere da trasmettere attraverso lezioni frontali, assumendo la funzione di guida per l’allievo nell'elaborazione attiva e nello sviluppo di compiti complessi, restituendo anche forza e significato alla propria missione di educatore.

Con l'insegnamento capovolto si sposta l’attenzione dal sapere appreso al processo di apprendimento che, tenendo conto delle necessità individuali di ciascun alunno, diventa autonomo, consapevole e fortemente motivante ed inclusivo. L’idea semplice, ma innovativa e punto chiave della didattica capovolta, è quella di offrire agli alunni la possibilità di studiare (o quanto meno esplorare) a casa, l’argomento di studio prima dello svolgimento della lezione in classe. Questo duplice spostamento, nel tempo e nel luogo, di fruizione della lezione, sfruttando anche le potenzialità delle nuove tecnologie, consente di ottimizzare sia il lavoro svolto a casa dai ragazzi, che il lavoro svolto a scuola, dove il tempo può essere impiegato per attuare una didattica laboratoriale, cooperativa ed individualizzata.

L’insegnante costruisce la propria lezione, strutturandola attraverso parti del libro di testo, presentazioni, video tutorial (che rappresentano uno strumento privilegiato per l’apprendimento dei nativi digitali) e la mette a disposizione dei ragazzi,

prima di affrontare l'argomento in classe, unitamente a tutti i materiali utili, condividendoli su una piattaforma e-learning, un sito web o una cartella condivisa su cloud o sul computer di classe. In questo modo, oltre a fornire ai ragazzi un'anticipazione dei contenuti affrontati durante la lezione a scuola, offre loro la possibilità di avere a disposizione tali materiali "per sempre" e di poterne usufruire ogni qualvolta ne sentano la necessità, assecondando il proprio stile e il proprio ritmo di apprendimento.

La seconda parte del lavoro avviene a scuola: i ragazzi affronteranno la lezione in classe avendo già una prima conoscenza dell'argomento trattato (al limite anche solo una vaga idea), avranno la possibilità di fare domande precise su eventuali dubbi e potranno ottenere chiarimenti o dall'insegnante o da altri compagni con idee più chiare e precise (peer learning). Il tempo dedicato alla trattazione frontale dell'argomento in classe diventa breve ed aumenta notevolmente il tempo a disposizione degli alunni per intraprendere, su proposta ed affiancati dall'insegnante, attività applicative, organizzate individualmente e/o per piccoli gruppi, privilegiando metodologie didattiche come il cooperative learning, il problem solving, la didattica laboratoriale ….

Con la didattica capovolta gli studenti diventano responsabili del loro processo di apprendimento sia in termini di meta-cognizione che in termini di autonomia di lavoro e capacità organizzativa. La Flipped classroom è, infatti, anche una strategia didattica realmente e fortemente inclusiva, perché tiene conto dei ritmi di apprendimento di ciascun alunno. Condividendo in modo "concreto e permanente" le lezioni con gli alunni, si offre ad ognuno di loro la possibilità di disporre e consultare i materiali messi a disposizione a loro piacimento (una, due … dieci volte, a video, a stampa, con un reader …). Inoltre la cronologia di pubblicazione delle lezioni consente di ripercorrere step by step l'argomento affrontato: le caratteristiche di inclusività non si rivolgono solo agli alunni con Bisogni Educativi Speciali, ma anche alle eccellenze (attualmente piuttosto trascurate nell'ordinaria attività didattica) o ancora agli alunni assenti, ai quali viene negato l'alibi del "non c'ero, non sapevo!" e, per i quali, i docenti non dovranno riproporre nuovamente l'intera spiegazione dell'argomento trattato nella lezione persa dall'alunno assente.

Riducendo il tempo in classe dedicato alle lezioni frontali, gli alunni hanno la possibilità di lavorare "attivamente" e nel caso in cui trovino difficoltà nello svolgere un esercizio avranno la possibilità di ricorrere all'aiuto dell'insegnante o di un compagno, pertanto non abbandoneranno "l'impresa" come sarebbe accaduto se la consegna fosse stata affidata per casa. Lavorare attivamente in classe aumenta la motivazione, perché aumentano sia gli stimoli esterni (i compagni e l'insegnante) sia gli stimoli interni (devo dare il meglio di me), incentiva la meta-cognizione, perché il percorso di apprendimento è guidato, l'alunno riceve feedback continui dai compagni e dal docente, che può lavorare immediatamente e in modo costruttivo anche sull'errore.

Lavorare in questo modo incide positivamente anche sul clima d'aula poiché migliorano sia il rapporto tra gli alunni che collaborano e vengono stimolati da una "competizione" positiva, sia il rapporto alunni docente. La figura di quest'ultimo viene rivalutata dall'alunno, perché si trasforma da trasmettitore di conoscenze e giudicante a guida sapiente, riferimento certo nel processo di apprendimento.

La didattica tradizionale non è il metodo migliore per favorire i processi meta-cognitivi e, talvolta, la valutazione che il ragazzo si vede attribuita non sempre coincide con le sue aspettative e, di conseguenza attribuisce al caso o al docente la responsabilità del suo insuccesso. Inoltre, il modello "lezione-verifica sommativa (scritta e/o orale)" non consente di monitorare e valutare i singoli step del percorso di apprendimento e ci fornisce solamente una valutazione dei risultati conseguiti dall'alunno: nel caso in cui questi siano negativi diventa faticoso e spesso inefficace attivare strategie di recupero, perché è difficile individuare in quale punto del processo di apprendimento è sorta la difficoltà. "*Nell'insegnamento capovolto, tutte le attività svolte in classe, singolarmente o in gruppo, sono sempre applicazioni personali delle conoscenze o delle competenze acquisite e forniscono un continuo e costante monitoraggio dei progressi fatti nell'apprendimento*" (1). La valutazione, essendo continuativa, ossia frequente (quasi quotidiana) e riferita all'intero processo che si sviluppa in tempi più lunghi, nonché individualizzata, perché connessa al progetto personale di apprendimento di ciascun alunno, diventa, facendo riferimento alla definizione data dal Prof. Comoglio (4), "*davvero autentica*". Inoltre, fornendo agli alunni indicazioni sulle attese e definendo i criteri di valutazione, ogni attività può essere valutata fra pari e/o auto-valutabile.

Figura 1. Tassonomia di Bloom.

La didattica capovolta è un valido supporto per la didattica per competenze: facendo riferimento alla scala dei gradi di apprendimento di Bloom (1. Conoscere, 2. Capire, 3. Applicare, 4. Analizzare, 5. Valutare, 6. Creare), la flipped classroom, a differenza della didattica tradizionale che fatica ad avvicinarsi al terzo livello della piramide di Bloom, consente di andare ben oltre il terzo gradino, perché offre la possibilità di stimolare la creatività, di generalizzare e trasferire la conoscenza, di ideare e progettare soluzioni, facendo lavorare i ragazzi a problemi complessi e concreti, insegnando loro ad applicare i concetti appresi in contesti reali. Gli alunni si avvicinano alla possibilità di imparare ad analizzare, valutare e creare. Facendo inoltre riferimento alle otto competenze chiave europee di cittadinanza, che dovrebbero essere possedute da ciascun cittadino per la propria realizzazione personale e sociale, questa strategia didattica agisce direttamente sulla competenza digitale, sull'imparare ad imparare, sulle competenze sociali e civiche nonché sullo spirito di iniziativa e sulla capacità di team working.

L'insegnamento capovolto può essere integralmente utilizzato dal docente, ma può essere anche sperimentato in singole attività didattiche, a tal proposito si descrivono due episodi di didattica capovolta legati all'insegnamento della matematica in una scuola secondaria di I grado, il primo realizzato con una classe seconda avente come argomento le frazioni e il calcolo frazionario: "Flipped e-maths: LavoriAMO le FRAZIONI" e il secondo realizzato in una classe terza avente come argomento le equazioni lineari: "Le equazioni capovolte".

Flipped e-maths: LavoriAMO le FRAZIONI

Questo episodio di didattica capovolta, nato nell'ambito di un progetto regionale, è stato realizzato con una classe seconda di una scuola secondaria di primo grado. Dopo aver sondato la possibilità di alunni e genitori ad utilizzare anche a casa il computer ed Internet, nonché la disponibilità di un indirizzo email per ciascun alunno, ho creato la classe virtuale sull'applicazione web ***Edmodo*** [1]. Edmodo è un webware, fruibile gratuitamente previa iscrizione, la cui interfaccia è molto simile a Facebook, che consente la condivisione di materiali, la gestione di discussioni e la creazione di questionari, purtroppo l'interfaccia è in lingua inglese. Una valida alternativa è offerta dal social learning italiano ***Fidenia*** [2] al quale gli alunni possono accedere anche se sprovvisti di indirizzo email. Fidenia sta integrando anche i webware ***EpubEditor*** [3] (col quale si possono redigere, anche collaborativamente, e-book multimediali ed interattivi fruibili su tablet e computer) e ***Questbase*** [4] (per creare questionari, test, quiz, verifiche,…).

Scelta la modalità, ho condiviso periodicamente con i ragazzi, lezione dopo lezione, i materiali di studio, composti in parte da video autoprodotti utilizzando *PowerPoint* e ***Screencast-o-matic*** [5] (uno strumento utile per la registrazione dei contenuti dello schermo del proprio PC) ed in parte reperiti su Internet (*YouTube* e

canale ***Schooltoon*** [6]). Ad ogni video (o altro contenuto digitale) ho fatto corrispondere un breve questionario per verificare che ciascuno di loro abbia preso visione dei materiali. Nella lezione in classe, dopo aver fatto un breve punto sulle conoscenze acquisite dal video, ho assegnato attività in piccoli gruppi. Ad ogni gruppo ho chiesto inizialmente di svolgere alcuni semplici esercizi, poi di rielaborare quanto appreso producendo un testo scritto contenente i concetti studiati, di elaborare semplici esercitazioni da proporre ai componenti degli altri gruppi, di realizzare una breve presentazione *PowerPoint* da utilizzare per l'esposizione orale dell'argomento trattato. Infine, ho proposto ai ragazzi di riorganizzare tutti i materiali prodotti in un e-book. Tutti i testi, scritti inizialmente con un normale word processor, sono stati trasferiti sul webware *Epubeditor* nel quale è stato creato l'e-book "*LavoriaAMO le frazioni*". Le presentazioni *PowerPoint* sono diventate le linee guida per la produzione di video registrati con *Screencast-o-matic*. Per ogni tipologia di produzione è stata fornita ai ragazzi una matrice di valutazione al fine di stabilire quali requisiti dovevano soddisfare i materiali prodotti. In questo modo è stata offerta ai ragazzi la possibilità di auto-valutarsi e di valutarsi tra pari favorendo la meta-cognizione. Io ho avuto l'opportunità di poter valutare i miei ragazzi in modo autentico e trasparente.

Grazie alla didattica capovolta, potendo disporre di un numero di ore considerevole da dedicare ad attività *stimolanti* in classe, tutti gli alunni hanno avuto la possibilità di apprendere ed esercitarsi sul calcolo frazionario in un modo più coinvolgente ed efficace di quello offerto dalla didattica tradizionale.

Le equazioni capovolte

Questo episodio di didattica capovolta è stato realizzato con una classe terza di una scuola secondaria di primo grado nella quale si riscontravano grandi difficoltà nello stimolare la motivazione e nell'ottenere l'attenzione dei ragazzi. Quasi tutti i ragazzi potevano disporre, anche a scuola, di uno smartphone o di un tablet ed era ormai consolidato fra gli alunni l'impiego della bacheca di classe del registro elettronico per le comunicazioni insegnanti/studenti. Ho scelto, quindi, questo strumento per la condivisione dei materiali senza ricorrere alla creazione di una classe virtuale configurata in un nuovo social learning. Insieme agli alunni si è deciso di pubblicare i video in un canale *YouTube* e di condividerli pubblicando l'indirizzo nella bacheca del registro elettronico. Ciò ha permesso anche di mantenere la cronologia di pubblicazione per offrire ai ragazzi la possibilità di ripercorrere il piano di studio in qualsiasi momento.

Per la produzione dei materiali, oltre ad utilizzare *PowerPoint* e *Screencast-o-matic*, si è usata l'app ***Explain Everythink*** [7], uno strumento di screencasting e lavagna interattiva dall'interfaccia facile da usare. L'app consente di annotare, animare, raccontare, importare immagini e filmati da riorganizzare in un nuovo

progetto esportabile poi su quasi tutti i supporti (PC, *YouTube*, *DropBox*, *Google Drive* …). In concomitanza col primo video proposto (sulla definizione di equazioni e il primo principio di equivalenza) ho chiesto ai ragazzi di rispondere ad un breve questionario per verificare se avessero preso visione dei contenuti. Nella lezione successiva in classe, dopo aver fatto, anche in questo caso, un breve punto sulle conoscenze acquisite dal video, i ragazzi, organizzati in piccoli gruppi hanno sperimentato il primo principio attraverso un modellino di bilancia con cartoncini colorati corrispondenti alle incognite e ai termini noti. Attraverso la compilazione di una scheda strutturata, ho guidato i ragazzi nella scoperta delle conseguenze di questo principio. Al termine della lezione è stato condiviso con loro un video riassuntivo dell'attività e dei risultati conseguiti. Prima della successiva lezione in classe ho assegnato ai ragazzi il compito di informarsi, consultando alcune pagine del libro di testo, sul secondo principio delle equazioni e le sue conseguenze. Tornati in classe, ho chiesto ai ragazzi, sempre organizzati in piccoli gruppi, di realizzare, utilizzando il loro smartphone, un breve video che spiegasse questo argomento. Ho condiviso chiaramente con gli alunni i requisiti cui doveva rispondere il filmato, sottolineando la necessità di lavorare principalmente sulla qualità dei contenuti, poiché aveva lo scopo di dimostrare l'acquisizione delle conoscenze essenziali dell'argomento, piuttosto che le qualità grafiche del video prodotto. Tali requisiti sono stati organizzati in una matrice di valutazione (Tabella 1).

Criteri	**Livelli**			
	Insufficiente (5)	***Sufficiente (6)***	***Buono (7-8)***	***Ottimo (9-10)***
Chiarezza espositiva	L'argomento è presentato in maniera troppo sintetica e spesso non comprensibile	L'argomento è presentato in maniera troppo sintetica e in qualche passaggio non è ben comprensibile	L'argomento anche se comprensibile è presentato in maniera troppo sintetica	L'argomento è presentato chiaramente ed in modo esaustivo.
Coerenza degli esempi con gli argomenti proposti	Non sono stati prodotti esempi	Gli esempi prodotti non sono sempre coerenti con i contenuti illustrati	Gli esempi sono coerenti, ma non sempre spiegati in modo chiaro	Gli esempi sono coerenti e spiegati chiaramente
Alunni coinvolti nel video	Meno la metà degli alunni ha partecipato attivamente alla produzione del video	Almeno la metà degli alunni ha partecipato attivamente alla produzione del video	Tutti gli alunni hanno partecipato alla produzione del video, anche se la maggior parte di loro ha ricoperto un ruolo marginale	Tutti gli alunni hanno partecipato alla produzione distribuendosi in modo omogeneo i compiti
Durata del video (consigliata: 2-3 minuti)	La durata del video è al di sotto di quella consigliata e l'argomento non è stato completamente affrontato	La durata del video è al di sotto di quella consigliata, però l'argomento è stato completamente affrontato	La durata del video è al di sopra di quella consigliata e l'argomento è stato completamente affrontato	La durata del video è quella consigliata e l'argomento è stato completamente affrontato

Tabella 1. Matrice di valutazione.

I video prodotti sono stati pubblicati sul canale *YouTube* condiviso e ogni studente ha espresso la propria valutazione. È stato molto interessante e costruttivo discutere e confrontarsi sui lavori prodotti e le valutazioni attribuite; loro stessi si sono mostrati molto esigenti e hanno descritto per ogni realizzazione efficaci ipotesi di miglioramento. Sempre nell'ambito di queste attività sono stati proposti agli studenti video rielaborati con ***EDpuzzle*** [8]: un'applicazione web fruibile gratuitamente che offre la possibilità di remixare i video con la propria voce, inserire note audio e creare domande. Gli studenti (previa iscrizione alla propria classe virtuale) possono rispondere e l'insegnante può monitorare anche quante volte lo studente ha visionato il video prima di aver dato una risposta.

Come attività conclusiva dell'argomento, organizzando la classe sempre in gruppi cooperativi, è stato chiesto di produrre esercizi e questionari su quanto appreso nel corso di queste lezioni. Lo scopo iniziale di questi esercizi era quello di proporli poi agli altri gruppi organizzando, così, una sorta di caccia al tesoro a squadre. Utilizzando ancora una volta un'avvincente e coinvolgente strumento disponibile su Internet, ***Kahoot*** [9], piattaforma web alla quale è possibile iscriversi per creare quiz, dibattiti o indagini ai quali i ragazzi possono rispondere utilizzando un qualsiasi dispositivo dotato di browser web, gli allievi sono stati coinvolti in un'entusiasmante gara a quiz.

Conclusioni

In definitiva, la didattica capovolta ha creato la possibilità di offrire motivazioni e stimoli anche agli alunni più riluttanti. I risultati ottenuti sono stati apprezzabili e sicuramente migliori, almeno in termini di interesse e partecipazione, di quelli che avrei ottenuto con la didattica tradizionale.

Bibliografia

1. M. Maglioni, F. Biscaro, *La classe capovolta. Innovare la didattica con la flipped classroom.* Erickson: Trento, 2014.
2. P. C. Rivoltella, *Fare didattica con gli EAS. Episodi di apprendimento situati.* La Scuola: Brescia, 2013.
3. S. A. Miato, L. Miato, *La didattica inclusive. Organizzare l'apprendimento cooperativo metacognitivo.* Erickson: Trento, 2014.
4. M. Comoglio *La valutazione autentica*. Online at: http://www.apprendimento cooperativo.it/img/valutaz_autentica.pdf
5. R. Baldascino, *Insegnare e apprendere in un mondo digitale.* Tecnodid Editrice, 2015.

Siti

1. www.edmodo.com
2. www.fidenia.com
3. www.epubeditor.it
4. www.questbase.com
5. www.screeencast-o-matic.com
6. www.schooltoon.com, la scuola a cartoni animati dov'è possibile imparare divertendosi.
7. App disponibile per IoS, Android e Windows (costo inferiore ai 3€)
8. https://edpuzzle.com
9. https://getkahoot.com/. Per la registrazione e la creazione dei quiz/questionari; https://kahoot.com/, per la fruizione dei quiz/questionari prodotti.

Capitolo 11

Insetti a scuola. Proposta per un apprendimento attivo delle scienze per la scuola media

Enrica Miglioli
Scuola secondaria di I grado Carlo Levi, Istituto Comprensivo M.L.King, Grugliasco (Torino)
Membro del Gruppo Scienze del CESEDI di Torino
e-mail: enricamiglioli@tiscali.it

Premessa

Insegnare e apprendere la biologia significa fare esperienza dell'unicità della vita nella sua molteplicità di forme, sperimentare le interazioni esistenti tra i viventi e i non viventi in un sistema rappresentato dal nostro pianeta. Fare esperienza diretta di qualcosa e poi riflettere, sia individualmente che in gruppo, è l'unico modo per comprendere in profondità. Nella scuola secondaria di I grado è il momento di gettare le basi del metodo scientifico. I ragazzi diventano protagonisti della costruzione del loro sapere attraverso modelli su cui lavorare, su cui riflettere e porsi domande/problemi. I ragazzi applicano il metodo sperimentale organizzati in gruppi di apprendimento cooperativo: fanno osservazioni utilizzando strumenti specifici come i microscopi, descrivono ciò che osservano in modo chiaro ed essenziale, con parole e disegni, raccolgono e rappresentano dati, "manipolano", cioè utilizzano le mani come strumenti di lavoro, pensano e preparano progetti, cercano informazioni utilizzando fonti diverse.

Ho preparato contesti/scenari di apprendimento volti a suscitare emozioni positive: divertimento, curiosità, tenerezza, stupore. Le emozioni sono veicoli importanti dell'apprendimento, giocano un ruolo fondamentale e concorrono a rendere l'apprendimento più profondo, più consapevole e quindi più significativo. Le emozioni, pertanto, entrano in gioco nella formazione perché stimolano l'intenzionalità, la partecipazione, la voglia e la disponibilità ad apprendere, sono in grado di focalizzare l'attenzione, di fissare contenuti ed esperienze, di facilitare interiorizzazione e memorizzazione. Facilitano il "fare squadra" e la creazione di un clima più confidenziale e collaborativo, generano coinvolgimento e desiderio di partecipazione attiva e trasparente. Uno dei contesti in cui è più facile stimolare emozioni positive è quello di mettere *a contatto* i ragazzi *con organismi viventi*:

qualsiasi sia il tipo di organismo, scattano meccanismi affettivo-relazionali. Nella scuola ho avuto l'opportunità di utilizzare il giardino , organizzando dei "safari": muniti di fogli, matite, macchine fotografiche e piccoli contenitori, gli studenti disegnano, descrivono, fotografano e raccolgono esseri viventi e materiale vario che poi al microscopio risulta spesso "pullulare" di organismi invisibili ad occhio nudo.

In questa ottica dal 2007 ho iniziato nel laboratorio della nostra scuola un allevamento di insetti stecco di tre specie diverse che sono diventati modelli per comprendere alcuni temi centrali della biologia: il ciclo vitale, la metamorfosi, la distinzione tra maschio e femmina, l'origine dei viventi, la riproduzione sessuata e asessuata, le mutazioni, le strategie di adattamento, la classificazione. Questo lavoro ha previsto anche uno studio di comparazione con altri insetti trovati nel giardino della scuola (coccinelle, cavallette, farfalle notturne …) consentendo di avviare il discorso della classificazione dei viventi e dell'evoluzione.

Le cinque grandi idee relative allo studio della vita. Obiettivi generali

Il lavoro con gli insetti stecco si articola in cinque moduli corrispondenti alle cinque grandi idee presentate negli obiettivi generali (figura 1):

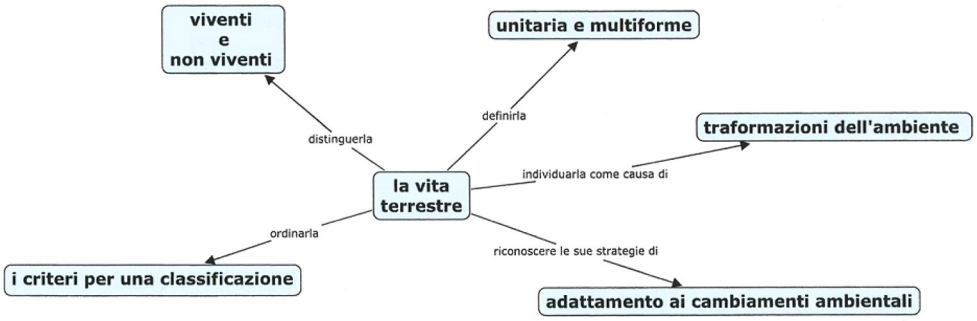


Figura 1. Gli obiettivi generali dei cinque moduli.

Metodologia

Il lavoro di laboratorio è sempre organizzato e svolto secondo il metodo dell'apprendimento cooperativo. (Felder and Brent, 2007) Questo prevede la formazione di gruppi di 3 o 4 studenti e la presenza di almeno tre elementi fondamentali: l'interdipendenza positiva (tra cui gli obiettivi di gruppo), la pratica di abilità sociali e la responsabilità individuale. Gli obiettivi di gruppo aiutano gli studenti a lavorare *come* gruppo e non solo in gruppo. La responsabilità individuale impedisce che il singolo studente possa essere sostituito dal lavoro di altri. L'interdipendenza positiva fa sì che i ragazzi si sentano accomunati dalla percezione di essere collegati gli uni con gli altri, in un modo tale che il successo

del singolo e del gruppo non possano realizzarsi senza la collaborazione di tutti. L'interdipendenza ha varie forme: di ruolo, di informazione e risorse, di identità di gruppo, di contesto, di ricompensa, di celebrazione. L'apprendimento cooperativo permette di sviluppare e potenziare:

1. *La motivazione*. Gli studenti aiutano i loro coetanei ad apprendere perché è nel loro interesse farlo e così lo sforzo è aumentato
2. *La coesione sociale*. Gli studenti aiutano i loro compagni, perché si preoccupano del gruppo
3. *La personalizzazione*. Gli studenti imparano di più perché i loro compagni più capaci possono impegnarsi con le particolari difficoltà che uno studente sta avendo (l'insegnamento reciproco può generare apprendimento più efficace di quanto sarebbe possibile con un solo adulto per ogni studente, a causa del cambiamento dei rapporti di potere)
4. *L'elaborazione cognitiva*. Coloro che forniscono aiuto in contesti di gruppo sono costretti a riflettere di più sulle proprie idee chiarendole meglio (non si capisce mai veramente qualcosa, fino a quando non lo si prova ad insegnare a qualcun altro)

Attivare gli studenti come risorse di apprendimento reciproco può quindi essere visto come un trampolino di lancio per gli studenti affinché diventino responsabili e protagonisti del proprio apprendimento.

Valutazione

La verifica é la raccolta dei dati necessari a formulare un giudizio, mentre la valutazione é un giudizio di valore formulato sulla base dei dati disponibili. Si può verificare senza valutare ma non si può valutare senza prima aver verificato. Secondo Johnson D.W. e Johnson R.T. ci sono alcune regole per verificare e valutare. Vengono utilizzati metodi di verifica differenti:

a. quelli basati sulla prestazione che si focalizzano sui risultati dell'apprendimento, su ciò che gli studenti hanno appreso e che si concretizzano in temi, progetti, filmati, test scritti, ricerche e lavori manuali;
b. quelli di "qualità totale" che si concentrano sui processi dell'apprendimento, sul come gli studenti hanno appreso;
c. quelli di verifica "autentica" che richiedono agli studenti di usare la procedura o l'abilità desiderata in un contesto reale e che riguardano la conduzione di un esperimento, la stesura di un articolo per un giornalino di istituto, la presentazione orale ad un convegno simulato o la preparazione di una mostra. (Wiggings, 1989)

È necessario verificare con costanza e sistematicità in termini formativi, poiché gli studenti hanno bisogno di un feedback continuo ed individuale. Gli studenti vanno coinvolti direttamente nella verifica del loro livello di apprendimento utilizzando un sistema basato su criteri oggettivi che confrontino i miglioramenti del singolo e non il suo livello di raggiungimento in riferimento ai compagni. Il processo di valutazione include, oltre la verifica del livello quantitativo e qualitativo dell'apprendimento, anche il controllo del miglioramento delle competenze sociali che mediano l'apprendimento. Si prevede una doppia valutazione: quella individuale e quella di gruppo. Per ciò che riguarda la valutazione delle competenze si predispone una griglia osservativa per la raccolta in itinere di "indizi di competenza", su tre livelli: base, intermedio e avanzato. Corrispondenza tra livelli e voti:

Base	5 e 6
Intermedio	7 e 8
Avanzato	9 e 10

Tabella 1. Corrispondenza tra livelli di competenza e voti.

Questa valutazione viene effettuata dal docente osservando il lavoro dei gruppi durante l'attività, mentre i ragazzi interagiscono tra loro e producono informazioni, conoscenze, rielaborazioni. (figura 2)

Alunni	Avere atteggiamenti d'interesse e curiosità verso i fenomeni della realtà circostante
	Sviluppare le capacità senso-percettive, che riguardano l'osservazione e la raccolta dati mediante l'esplorazione e la manipolazione di oggetti
	Riconoscere le proprietà di diversi oggetti confrontandoli, individuando somiglianze e differenze e operando classificazioni in base alle proprietà
	Sviluppare abilità e capacità di descrivere un dato scientifico anche con l'aiuto di mappe concettuali
	Porre e porsi domande, alle quali un'indagine scientifica cerca di dare risposta
	Riconoscere le cause e gli effetti nei fenomeni considerati
	Saper lavorare in gruppo (ascolto, confronto, discussione, argomentazione)

Figura 2. Griglia per l'osservazione in itinere degli indizi di competenza (dal curricolo verticale di scienze dell'Istituto comprensivo M.L.King di Grugliasco).

Modulo 2. Ordinare la vita attraverso criteri di classificazione serve a comprenderla meglio

Questo modulo permette al docente di fissare il concetto di specie e nel contempo di parlare e discutere sul significato della scienza, partendo proprio dall'evoluzione che la comprensione e lo studio degli esseri viventi ha avuto nel corso dei secoli. L'epistemologia della scienza aiuta i ragazzi a dare un significato al loro processo di apprendimento e a considerare la scienza non più come una fede che dà solo

verità assolute, ma come proponitrice di "verità" provvisorie, valide finché non sono superate da altre. La scienza si nutre di dubbi, di incertezze, ma è proprio questa sua natura che ci consente di andare avanti, oltre le conoscenze attuali per ridisegnare ogni volta la realtà del nostro mondo. Come dice Thomas Kuhn, in questo approccio il progredire della scienza non è più lineare, ma necessita ogni tanto di una *rivoluzione scientifica* cioè un rovesciamento delle concezioni metodologiche o un nuovo paradigma concettuale.

Guida per l'insegnante

Uno dei primi sistematici fu Aristotele che ordinò i viventi nei tre regni, Vegetale, Animale e Umano formati da materia che acquisisce un principio soprannaturale; in contrapposizione Democrito diceva che la vita si ha quando la materia è sottoposta a meccanismi che sono interni alla natura (leggi naturali). E in questo caso si discute sulla relazione tra scienza e fede, con importanti implicazioni interdisciplinari. L'idea del modello di Aristotele perdurò per secoli, consentendo l'affermarsi della sistematica fissista, che concepiva ciascuna specie fissa nel tempo così come era stata creata da un'entità fuori dalla natura. È importante sottolineare che anche il grande sistematico Linneo, il cui sistema di nomenclatura binomia usiamo ancora, era un fissista. Solo dalla fine del settecento e poi nell'ottocento si fa strada il convincimento che le specie si trasformano in altre specie nel corso di milioni di anni, aprendo la via al concetto di evoluzione.

Nella classificazione operata oggi giorno i gruppi tassonomici non danno solo un ordine tra morfologie, fisiologie e comportamenti diversi osservabili nei viventi, ma ci consentono di definire l'effettivo grado di parentela fra due o più specie e di ricostruire la storia della vita sulla terra. Un aspetto molto interessante che può derivare dalla definizione di specie (con una grande valenza interdisciplinare) è la dimostrazione scientifica che tutti gli uomini del mondo appartengono ad un'unica specie, l'Homo sapiens: gli uomini si incrociano in tutte le possibili combinazioni e i meticci e i mulatti, a loro volta, danno incroci fecondi. Le razze sono solo varietà geografiche.

Attività degli studenti

In un primo momento ai ragazzi è richiesto di usare letture, siti internet messi a disposizione dal docente per ricavare informazioni generali sugli insetti stecco. In un secondo momento, i ragazzi lavorano con gli insetti utilizzando lenti e stereo-microscopi, compilano una scheda-relazione con i risultati dell'osservazione diretta degli insetti, arricchita con le notizie raccolte dalla ricerca precedente. I ragazzi noteranno la maggior difficoltà ad "operare" con organismi vivi e dovranno trovare strategie per la migliore osservazione possibile. Alla fine i gruppi presenteranno

alla classe la specie di insetto stecco studiato, utilizzando cartelloni o una presentazione con PowerPoint. Gli studenti scoprono che:

- La morfologia e la fisiologia degli organismi sono alla base della classificazione.
- All'interno di un grande raggruppamento (Insetti) si possono distinguere sottogruppi, fino ad identificare la specie.

Nucleo tematico: Gli esseri viventi
Ordine di scuola: Prima classe della scuola secondaria di primo grado
Tempo medio per svolgere il modulo: Otto – nove ore
Enunciati di competenza utilizzati: Utilizzare fonti. Formulare ipotesi in base ai dati forniti. Riconoscere e stabilire relazioni. Classificare. Applicare le conoscenze acquisite alla vita reale.
Obiettivi di apprendimento: Effettuare una ricerca di informazioni utili tra le fonti a disposizione. Osservare parti di un organismo e collegarle alla loro funzione. Utilizzare l'osservazione per trovare criteri di classificazione. Descrivere e riconoscere costanti e variabili.
Organizzatori concettuali (Nuclei fondanti): Strutture e funzioni. Modelli.
Concetti chiave: La struttura della materia vivente. I criteri di classificazione degli organismi viventi.
Prerequisiti dello studente: I principali raggruppamenti dei viventi (Dominio – Regno – Tipo). Il ciclo vitale. Uso dei microscopi e del materiale di laboratorio.
Competenze lato docente: Preparare fonti adatte da proporre agli studenti (siti internet – libri – schede di rapida consultazione). Acquisire sicurezza nelle attività di laboratorio. Partire dalle preconoscenze degli studenti e saper individuare le misconcezioni. Dedicare ampio spazio a discussione, confronto e riflessione su quello che si fa.
Competenze lato studente: Distinguere nelle fonti le informazioni utili. Individuare domande alle quali un'indagine scientifica cerca di dare risposta. Utilizzare linguaggi specifici. Descrivere con vari strumenti (relazioni scritte, orali, disegni, mappe, presentazioni in PowerPoint) i risultati di un'osservazione.
Abilità sociali (Comoglio e Cardoso 1996): Sapersi relazionare con gli altri (ascolto, accoglienza). Leadership (suddividere i ruoli, pianificare, definire gli obiettivi, favorire la partecipazione, spiegare idee e procedure, scandire i tempi di lavoro). Gestione dei conflitti (autocontrollo delle proprie emozioni, accettare le differenze e riconoscere il valore degli altri, negoziare). Soluzione dei problemi (favorire la generazione di idee, criticare le idee e non le persone, usare aiuti per la correzione tra pari, raggiungere un accordo). Prendere decisioni.

Attività sperimentale:

Osservo e descrivo

Materiale: Insetto stecco. Scheda di osservazione (allegato 1). Materiale di consultazione. Netbook. Stereo-microscopio.

Ipotizzo e concludo

- Da che cosa si riconosce che si tratta di un essere vivente?
- Da quali caratteristiche si deduce che questo organismo appartiene al regno animale?
- Questo organismo appartiene al gruppo dei vertebrati o degli invertebrati? Giustificare la risposta.
- In base alle osservazioni, si tratta di un:
  - ◊ Porifero
  - ◊ Celenterato
  - ◊ Platelminta
  - ◊ Nematode
  - ◊ Anellide
  - ◊ Mollusco
  - ◊ Artropode
  - ◊ Echinoderma
- Cosa distingue questo organismo come Insetto?

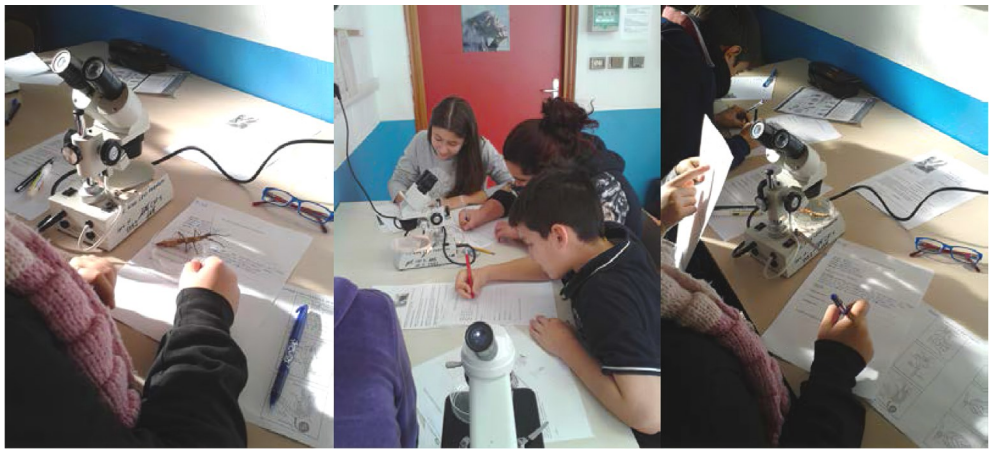


Figura 3. Studenti all'opera durante lo svolgimento del modulo.

Figura 4. Immagini dallo svolgimento del modulo.

Valutazione

Per la valutazione dei risultati dell'apprendimento si utilizza la griglia della figura 5 e viene effettuata sui prodotti del lavoro sperimentale (relazioni, test, ricerche, manualità …). Questa valutazione (che è individuale) viene integrata dalle osservazioni in itinere (figura 2). Si utilizzano i voti riferibili alla Tabella 1.

	AVANZATO	INTERMEDIO	BASE
Utilizzo fonti	✓ Distingue le informazioni utili ✓ Organizza le risorse in modo logico e coerente ✓ Facilita l'uso delle risorse	✓ Identifica le informazioni utili con qualche difficoltà ✓ Organizza le risorse in modo non sempre coerente con gli obiettivi del lavoro	✓ Non identifica tutte le informazioni utili ✓ Non sempre le informazioni trovate sono coerenti con le richieste
Utilizzo strumenti	✓ Conosce e utilizza in modo sicuro e appropriato gli strumenti a disposizione	✓ Utilizza in modo corretto gli strumenti a disposizione	✓ Utilizza in modo non sempre corretto e/o insicuro gli strumenti a disposizione
Compilazione scheda - relazione	✓ Registra in modo ordinato i dati e le osservazioni ✓ Le descrizioni sono pertinenti, accurate e complete, esposte in modo chiaro e preciso ✓ Le conclusioni sono precise ed esplicite ✓ L'uso del linguaggio specifico rende la comunicazione chiara ed efficace	✓ Registra in modo abbastanza ordinato i dati e le osservazioni ✓ Le descrizioni sono sostanzialmente corrette, anche se con qualche omissione ✓ Le conclusioni sono sostanzialmente corrette, illustrate con spiegazioni abbastanza chiare ✓ La comunicazione è comprensibile ed esprime il significato complessivo, con termini e/o concetti chiave	✓ Non è ordinato nella registrazione dei dati e delle osservazioni ✓ Le descrizioni sono solo parzialmente corrette e/o fornite in modo incompleto ✓ Le conclusioni sono confuse e si rilevano errori; non riesce a trovare spiegazioni e argomentazioni a quanto osservato ✓ La comunicazione è quasi sempre comprensibile nel significato globale ma le poche informazioni essenziali sono riportate con scarso uso di termini specifici

Presentazione del lavoro di ricerca	✓ La presentazione contiene ampie e documentate informazioni ✓ Il linguaggio è chiaro e sintetico, i termini usati sono appropriati e adeguati al contesto, l'esposizione segue un percorso logico ✓ La presentazione vien utilizzata come traccia da integrare, la conoscenza dei contenuti è sicura, si è in grado di rispondere a eventuali domande ✓ L'organizzazione della presentazione rispetta i tempi a disposizione	✓ La presentazione contiene le informazioni essenziali ✓ La comunicazione delle idee è appropriata e il linguaggio è comprensibile; l'esposizione non è sempre strutturata in modo logico ✓ C'è una buona padronanza dei contenuti, a livello concettuale sono evidenti alcune incertezze, ma si è in grado di rispondere alle domande ✓ L'organizzazione della presentazione rispetta i tempi a disposizione	✓ La presentazione contiene poche informazioni essenziali, alcune superflue, ma sostanzialmente attinenti alle richieste ✓ Ci sono difficoltà nella comunicazione delle idee, i termini sono inadeguati al contesto, l'esposizione è frammentata ed è difficile cogliere i collegamenti ✓ La presentazione viene letta, la conoscenza dei contenuti è superficiale; si nota una certa difficoltà a rispondere ad eventuali domande ✓ Nel procedere della presentazione si perde l'organizzazione dei tempi

Figura 5. Griglia di valutazione dei risultati dell'apprendimento.

Per la valutazione delle abilità sociali si utilizza la seguente griglia (figura 6). Si utilizzano i voti riferibili alla Tabella 1.

Gruppo	Alunno	Relazionarsi con gli altri	Leadership	Gestione dei conflitti	Soluzione di problemi	Prendere decisioni

Figura 6. Griglia per la valutazione delle abilità sociali.

Allegato 1.

Osservazione di insetto stecco: scheda 1.

Obiettivo: identificare un organismo vivente attraverso strumenti specifici di osservazione e arrivare a una classificazione, determinandone le caratteristiche morfologiche

Materiale: stereomicroscopio, capsule Petri con l'insetto, foglio bianco, matita, gomma, colori, righello

Procedura: Osserva attentamente tutte le parti dell'organismo, spostando la capsula quando serve (attenzione! Sono esseri viventi, maneggia con delicatezza)

Osservazioni: In quante parti è diviso il corpo?.....
.....
.....
Di che colore è? .....
Quante zampe ha? .....
Descrivi la struttura delle zampe .....
.....
Ha delle antenne? .....
Ha delle ali? .....
Quanto è lungo? .....
Misura la lunghezza di ogni struttura (testa, torace, addome, zampe, antenne…) .....
.....
.....
.....
Descrivi brevemente la bocca: .....
.....
Come sono gli occhi? .....
A quale delle tre specie appartiene? .....
Altre osservazioni: .....
.....

Disegna l'insetto stecco che hai esaminato e coloralo.

Bibliografia

1. R. M. Felder, R. Brent, Cooperative learning. In P. A. Mabrouk (Ed.), *Active learning: Models from the analytical sciences*, ACS Symposium Series 970, (pp. 34-53). American Chemical Society: Washington, DC, 2007.
2. G. Wiggings, A true test: Toward more authentic and equitable assessment. *The Phi Delta Kappan*, 70 (9), 703-713, 1989.
3. M. Comoglio, M. A. Cardoso, *Insegnare e apprendere in gruppo*. LAS: Roma, 1996.
4. G. Mezzetti, *L'uomo dalla natura alla scienza*. La Nuova Italia: Firenze, 1987.
5. B. Negrino, D. Rondano, *Come uno scienziato: Darwin* (libro C). Il capitello: Torino, 2012.
6. R. Zanoli, L. Pini, P. Veronesi, *Scopriamo la natura*. Zanichelli: Bologna, 2012.
7. McGavin, G. C. (2006). *Insetti e ragni*. Milano: Fabbri.
8. E. Stella, *Elogio dell'insetto stecco*. Editrice La Stampa: Torino, 1992.
9. Siti relativi alle tre specie di insetti ospiti: "Medauroidea extradentata", "Phaenopharos khaoyaiensis", "Lamponius guerini"; sito insettostecco.it

Capitolo 12

Programma il Futuro, un'esperienza positiva

Andrea Giannangeli
IC "Egisto Paladini" – Treia (MC)
e-mail: agiannangeli@hotmail.com

Introduzione

Nel corso dell'anno scolastico 2014/2015 la scuola secondaria di primo grado di Treia ha aderito al progetto "Programma il Futuro", avviato dal MIUR e con la collaborazione del CINI – Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica – nell'ambito del programma "*Progetto PROFILES*". L'idea nasce nel mese di ottobre 2014 quando il mio collega prof. Teloni Federico ed io abbiamo deciso di partecipare ad un evento organizzato in occasione della settimana europea della programmazione (Europe Code Week, 11-17 ottobre 2014), occasione durante la quale il MIUR ha avviato l'iniziativa *Programma il futuro*.

Motivazione e metodi didattici

La comprensione dei concetti fondamentali dell'informatica e il pensiero computazionale (Wing, 2006) sono solo alcuni degli aspetti più innovativi che caratterizzano questo progetto e che hanno accompagnato gli studenti attraverso un percorso in itinere di grande successo. I percorsi didattici di *Programma il Futuro* sono accessibili dal sito di fruizione (http://studio.code.org/) e si dividono in lezioni interattive e lezioni senza rete: le prime sono disponibili via web e sono organizzate in una serie di esercizi progressivi che non richiedono particolari abilità informatiche e conoscenze scientifiche; le seconde senza rete invece possono essere svolte semplicemente anche con carta e penna e non richiedono l'uso di un calcolatore. Per ciascun tipo di lezione sono previste due modalità di utilizzo: base (*L'Ora del Codice*) e avanzata (*Corso Introduttivo*). *L'Ora del Codice* prevede lo svolgimento di attività propedeutiche al pensiero computazionale e impegna gli studenti per circa un'ora tempo. Il *Corso*

131 L. Cardellini (a cura di) *Progetto PROFILES* (pp. 131-136)

Introduttivo approfondisce gli aspetti del pensiero computazionale e prevede fino ad un massimo di 20 lezioni per un tempo variabile. Tutte le attività proposte contribuiscono a sviluppare le competenze logiche e le capacità di risolvere problemi, attraverso la programmazione (coding) in un ambiente ludico. Le lezioni possono essere svolte per piccoli gruppi, anche strutturati secondo la filosofia dell'apprendimento cooperativo (Cardellini, Felder, 1999) e possono trovare applicazione nella metodologia del problem solving (Cardellini, Johnstone, 2006).

Presentazione dell'esperienza e discussione

Il progetto inizia nel mese di Novembre dell'a.s. 2014/2015 e sono stati coinvolti tutti gli studenti delle classi prime, seconde e terze della sezione B. Dopo aver eseguito l'iscrizione come docente referente al sito ufficiale (http://www. programmailfuturo.it/), ho dovuto procedere all'iscrizione di ogni singolo alunno per ottenere il codice di accesso personale. In questa maniera ogni studente può svolgere autonomamente le proprie lezioni ed esplorare in completa libertà i contenuti che maggiormente lo interessano. L'insegnante dopo aver creato la sua classe virtuale ed aver iscritto gli alunni ad un corso, può controllare tramite un cruscotto i progressi e gli apprendimenti degli allievi. La tipologia di lezione senza rete è stata ideata per essere svolta senza computer, dunque è un'attività che può essere pratica avendo anche poco tempo a disposizione (ad esempio per spezzare la routine delle lezioni canoniche), in qualsiasi contesto (anche fuori dall'aula) e con pochi mezzi a disposizione (servono solo carta e penna).

Particolarmente apprezzata dagli studenti è stata la lezione 4 *Programmazione su carta a quadretti* (http://studio.code.org/s/20-hour/stage/4/puzzle/1) che si articola nelle seguenti attività: scegliere un'immagine; scrivere l'algoritmo per disegnare l'immagine; convertire l'algoritmo in un programma; scambiare il programma con un altro studente o gruppo di studenti e disegnare l'immagine; verificare che il programma sia corretto; aggiungere funzioni per rendere il programma più semplice. Per lo svolgimento di queste attività ho applicato i criteri del cooperative learning, organizzando gli studenti in gruppi di due o tre, prevedendo anche l'alternanza dei ruoli. Di seguito descrivo alcuni dei possibili ruoli che gli studenti possono assumere. Ruolo 1, l'ideatore: inventa o sceglie un'immagine da sviluppare; ruolo 2, il programmatore: crea l'algoritmo e lo traduce in linguaggio simbolico; ruolo 3: il revisore: analizza, elimina gli errori del programma, apporta miglioramenti con le funzioni (Figura 1).

Le lezioni interattive richiedono necessariamente una connessione internet e un maggior tempo di esecuzione. Anche in questo caso ho organizzato gli studenti in piccoli gruppi con al massimo due – tre componenti per computer (Figura 2). Considerato il grande interesse e coinvolgimento da parte degli allievi ho lasciato sin da subito ampia libertà e autonomia nella scelta delle attività, limitando i miei

interventi solo a piccole richieste di aiuto. Alcuni alunni si sono particolarmente distinti e prodigati nel somministrare spiegazioni ai compagni in difficoltà, dimostrando di possedere elevate competenze in questa disciplina.

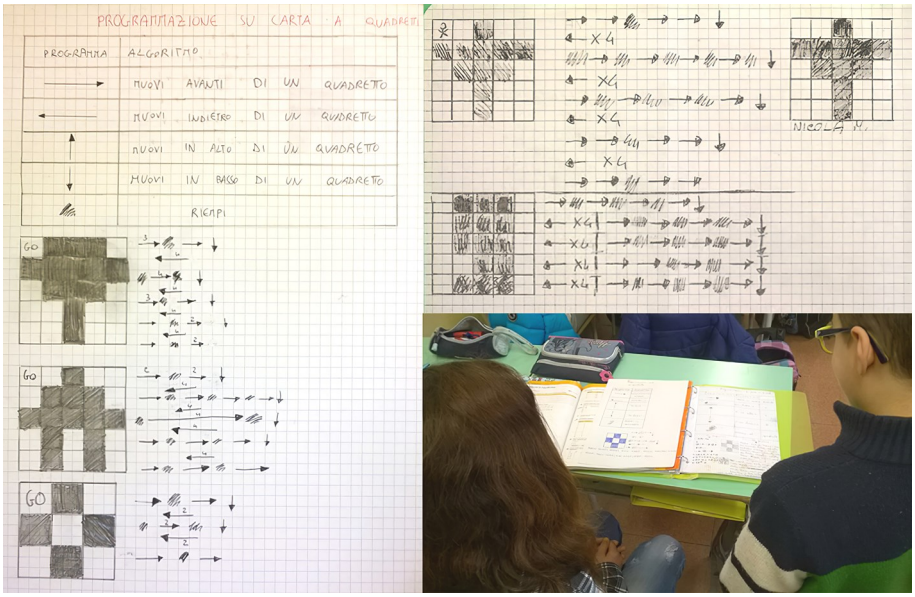


Figura 1. Esempio di programmazione su carta in CL: è possibile osservare l'applicazione delle funzioni e la presenza di alcuni bugs.

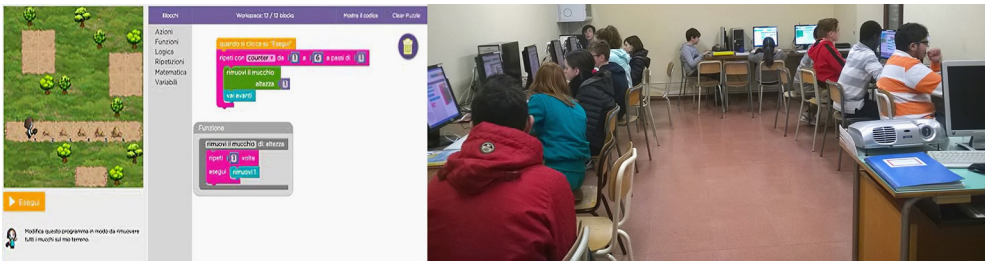


Figura 2. Nella lezione interattiva gli alunni possono svolgere attività autonome e indipendenti. Ciascuno è libero di scegliere cosa fare in base al proprio interesse.

Attraverso il pannello di controllo ho potuto monitorare la partecipazione e i progressi dei miei studenti, osservando con ammirazione che molti di essi proseguivano autonomamente il lavoro a casa. Le motivazioni che li hanno spinti a procedere volontariamente sono state: l'interesse personale, l'entusiasmo verso una disciplina nuova e didatticamente attraente, il desiderio di approfondire. Espongo di seguito due esperienze che illustrano al meglio il processo di autonomia perseguito dagli alunni.

Esperienza 1. In generale posso affermare che la partecipazione degli studenti è stata quasi totale e il 40% di essi ha scelto di proseguire il lavoro anche a casa. Due

alunni di classe terza, con valutazione in matematica sufficiente, hanno completato la modalità avanzata di 20 lezioni in solo due pomeriggi, concludendo che è stata un'esperienza molto divertente ed interessante, sicuramente da approfondire. Dal loro punto di vista il coding è stato un modo per esercitare e coltivare la passione dell'informatica, esulare dalle consuete attività didattiche, provare entusiasmo nello studio. Per me è stato motivo di scoperta, avendo avuto la possibilità di fare emergere, in alcuni alunni, competenze latenti mai rilevate precedentemente, e di riflessione, per quanto concerne l'adeguatezza del mio attuale sistema valutativo di impianto disciplinare, evidentemente carente in questo contesto didattico.

Esperienza 2. Un altro traguardo raggiunto in termini di autonomia riguarda questa volta una studentessa di classe prima, che fin da subito si è distinta per il suo spiccato interesse e coinvolgimento verso questa attività. L'alunna di sua iniziativa ha portato ha termine quasi la metà delle lezioni del programma avanzato ma, questa volta, il coding è stato il punto di partenza per sviluppare ulteriori interessi e nuove competenze. Come detto in precedenza, l'alunna ha mostrato da subito grandi abilità informatiche, tanto da essere spinta, autonomamente, a trascrivere il suo "quaderno delle regole di matematica" su supporto digitale. Dice di averlo fatto solo per il piacere di farlo e che le maggiori difficoltà incontrate non hanno rappresentato un ostacolato al raggiungimento del suo scopo (Figura 3).

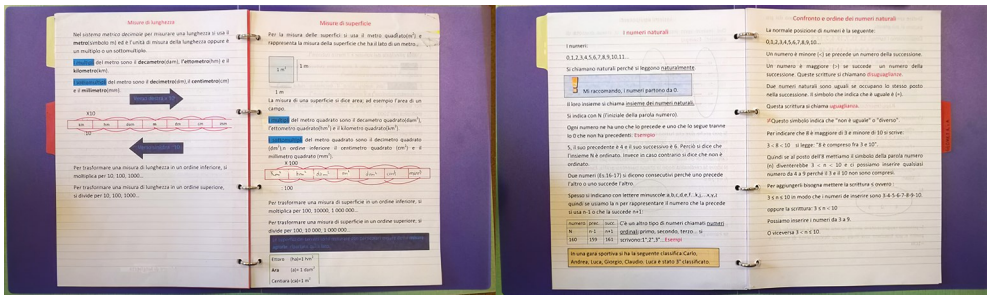


Figura 3. Alcune pagine del "quaderno delle regole di matematica"di Serena, alunna di classe prima, scritto al computer.

L'interesse e la voglia di conoscere, se opportunamente guidati e stimolati, a quanto sembra, possono superare l'ostacolo della noia dei compiti domestici e spingere gli studenti verso nuovi traguardi. Quando con grande stupore e ammirazione ho controllato il "quaderno delle regole" di Serena, perfetto dal punto di vista grafico e dei contenuti, tento un ulteriore passo in avanti proponendole l'uso del software GeoGebra (https://www.geogebra.org/), per la creazione di immagini geometriche di migliore qualità. La conclusione è che ormai tutta la classe è stata coinvolta in questo percorso didattico e sta utilizzando al meglio le potenzialità di questo software, sia per lo studio della geometria sia per la soluzione di alcuni problemi (ad esempio per analizzare le proprietà dei punti notevoli dei triangoli). La studentessa prepara autonomamente le lezioni al

computer e funge anche da tutor nei confronti degli alunni meno abili. Lo spirito di emulazione ha spinto alcuni compagni a seguire il suo esempio, generando un meccanismo a catena che è sostenuto dalla motivazione e dalla passione.

L'entusiasmo è il denominatore comune che ha legato il progetto *Programma il Futuro* a tutte le attività didattiche che da esso ne sono scaturite. Gli studenti sono stati coinvolti in prima persona e hanno potuto sperimentare forme di autoapprendimento in un ambiente dinamico e creativo (Figura 4), ottenendo al termine delle attività un attestato di partecipazione (Figura 5).

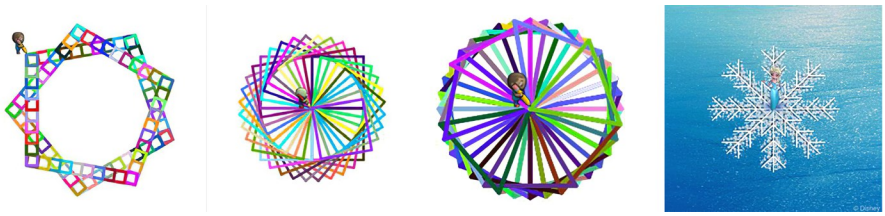


Figura 4. Immagini creative realizzate dagli studenti con "l'Artista" e "Frozen".

Figura 5. Certificati di partecipazione degli studenti rilasciati al termine delle attività.

Conclusioni

Dai risultati della mia esperienza il progetto *Programma il futuro* ha ampiamente superato gli obiettivi prefissati dai suoi ideatori. L'acquisizione di tecniche rudimentali di programmazione, lo sviluppo del pensiero computazionale, l'applicazione del problem solving e il lavoro cooperativo hanno insieme promosso un autentico processo di autonomia allo studio. Gli alunni hanno scoperto una disciplina capace di coinvolgerli, entusiasmarli e spingerli alla ricerca di altra conoscenza. Questa attività didattica mi ha permesso di vedere gli alunni con una nuova prospettiva, di fare affiorare competenze nascoste e di avere nuovi stimoli per l'esercizio della professione. Inoltre è stata anche un'occasione per progredire e migrare verso un sistema di valutazione continuo e per competenze.

Bibliografia

1. L. Cardellini, A. H. Johnstone, Problem solving: per migliorare le capacità cognitive. *IS Informatica & Scuola*, 13 (1), 32-35, 2006.

2. L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo. Un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, 21 (1), 18-25, 1999.
3. J. M. Wing, Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49 (3), 33-35, 2006.
4. http://code.org/
5. http://codeweek.it/
6. https://www.geogebra.org/
7. http://www.programmailfuturo.it/

Capitolo 13

Healthy/unhealthy diet. La didattica basata sul PBL e la crescita della motivazione

Chiara Campagnoli
IC "Egisto Paladini" – Treia (MC)
e-mail: chca@libero.it

Nell'ambito del progetto "Educazione alimentare", che coinvolge l'intero Istituto per tutto l'anno scolastico, i docenti di Inglese, Scienze e Tecnologia hanno predisposto un'attività di CLIL dal titolo "Healthy/unhealthy diet". L'obiettivo è didattico, nel senso dell'acquisizione di un lessico L1/L2 sull'argomento (cibi, bevande, piramide alimentare, modalità di conservazione e somministrazione degli alimenti) ed educativo, intendendo aiutare gli alunni a distinguere tra cibi sani e non, a nutrirsi con equilibrio e senso della moderazione, allo scopo di prevenire i disturbi legati ad una alimentazione scorretta. L'attività è partita dai docenti d Scienze e Tecnologia e si è estesa quasi simultaneamente alle lezioni di Inglese. Il mio modo di procedere è stato il seguente:

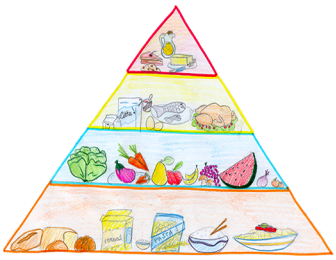
- Brainstorming sul lessico noto in L1 ed L2
- Presentazione della piramide alimentare in Italiano e lavoro di ricostruzione della stessa in Inglese.
- Dialogo basato su domanda/risposta "What do you have for breakfast/lunch/ dinner?" e relative risposte.

Per quanto riguarda il primo punto ho chiesto di richiamare alla memoria i nomi dei cibi conosciuti, dividendoli per tipologie. Es: fruit (orange, apple, ….). In seguito la classe ha ripreso la piramide alimentare e l'ha tradotta in Inglese utilizzando il lessico noto. Per i termini sconosciuti avevo precedentemente preparato un'attività di "matching terms" a coppie, come:

ITALIANO	INGLESE
Grassi	Poultry
Carboidrati	Alcoholic drinks
Pollame	Fats
Cereali integrali	Olive oil
Legumi	Protein
Bevande alcoliche	Whole grains
Olio d'oliva	Carbohydrates
Proteine	Dry beans

Tabella 1. Match Italian and English.

Una volta terminato il lavoro sul lessico, i ragazzi, divisi in gruppi di 4 persone ciascuno, hanno disegnato la piramide alimentare. Ciascun gruppo doveva occuparsi di una sezione specifica (carbohydrates, fruit, and vegetables, ecc) e apporre didascalie appropriate. La piramide è stata poi ricomposta su un grande poster e affissa in classe.



Fats and sweets (sugar, butter, olive oil, biscuits and cakes)
Protein (cheese, poultry, meat, fish, eggs, milk)
Fruit and vegetables (lettuce, aubergines, carrots, pears, bananas, apples, watermelon)
Carbohydrates (pasta, rice, bread, whole grains cereal, cous cous) Dry beans (peas, beans, soy, barley)

Figura 1. La piramide alimentare.

La terza fase, quella del dialogo, è iniziata, a titolo d'esempio, dalla cattedra; ho quindi chiesto qua e là "What do you have for breakfast/lunch/dinner?". Gli alunni dovevano poi continuare tra di loro, dal posto, ad alta voce. Tutto sarebbe andato avanti seguendo lo schema prefissato, (che ho portato a termine successivamente) se non ci fosse stato l'*errore*, peraltro tipico di molti studenti, di tradurre alla lettera l'espressione "fare colazione" con "make breakfast", che invece significa "preparare la colazione". Di fronte a questo *ostacolo*, ho perciò impostato le successive attività secondo la dinamica didattica del Problem Based Learning o apprendimento per problemi, che, nel caso specifico, sono emersi dal contesto, dagli studenti stessi. La consapevolezza di riconsiderare quanto già appreso ha coinciso con la necessità di acquisire e modificare le conoscenze pregresse ed arricchire il vocabolario di nuovi items lessicali ed espressivi. La curiosità ha permesso di rendere piacevole la ricerca dei termini alternativi a "make" e così abbiamo introdotto i "cooking verbs". Lo step successivo è andato come, anzi meglio, di quanto pianificato. Le attività in classe si sono

svolte nell'arco di 2 lezioni da 1 ora ciascuna e sono state:

- Lavori di gruppo (Cooperative Learning) sul tema "recipes": Ciascun gruppo, composto da 4 persone, ha analizzato, scritto, illustrato e riferito in inglese semplici ricette appartenenti a culture culinarie differenti, in considerazione del fatto che la presenza di alunni stranieri in classe ha reso possibile un arricchimento in tal senso.

Si è proceduto alla stesura delle varie ricette: *ingredients and quantities*, *preparation*, *illustration*, dopo di che, ciascun componente del gruppo secondo la struttura delle "teste numerate", ha interagito con gli altri gruppi chiedendo e dando informazioni sul lavoro svolto.
I numeri 1 avevano il compito di illustrare la ricetta con un disegno;
I numeri 2 di fare domande su ingredienti e preparazione ("What are the ingredients?" e poi "How much/many ...?", quindi "How do you make it?") e di trascrivere le risposte;
I numeri 3 rispondevano su ingredienti e quantità;
I numeri 4 sulla preparazione.

Integrazione e inclusione

Prima di procedere con l'attività, i numeri 2, 3 e 4 hanno memorizzato ciò che dovevano riferire, poiché non era permesso leggere. I numeri 1 di ciascun gruppo sono stati da me assegnati agli alunni con buone capacità espressive dal punto di vista grafico, ma scarse dal punto di vista linguistico. Per gli studenti DSA e BES, parlare o scrivere in L2 è veramente frustrante; gli stessi, però, sono in grado di riconoscere il lessico di base e di comprendere semplici e brevi messaggi. Questa attività ne ha permesso l'inclusione ed ha rafforzato l'interdipendenza positiva all'interno del gruppo. I numeri 2 erano invece di pertinenza degli alunni che hanno una maggiore competenza morfo-sintattica ma scarsa attitudine al dialogo orale. Questi ragazzi, non dovendosi preoccupare eccessivamente della forma grammaticale, si sono potuti concentrare maggiormente sulla pronuncia e sulla *fluency* del loro discorso. In questo caso l'attività è servita come potenziamento.

I numeri 3 e 4 sono stati dati appositamente a tutti quegli alunni, che peraltro costituiscono la maggior parte della classe, che sono abituati a considerare "compito" solo quello scritto e che perciò non curano affatto l'aspetto della memorizzazione e della ripetizione orale di quanto presentato in classe. Ho notato che la mancanza di un metodo di studio basato sul rinforzo anche mnemonico degli items lessicali, spesso frena il processo di apprendimento e di acquisizione di concetti e funzioni linguistiche più complesse. Non possedere

parole limita fortemente la possibilità di **possedere** la realtà e comunicare esperienze. In queste occasioni, per far capire l'importanza della ricchezza lessicale, mi è capitato di raccontare le storie legate alla mitologia germanica; Wotan (Odino) era il capo del Walhalla non perché fosse il più forte fisicamente, ma perché conosceva più parole degli altri e quindi "possedeva" il mondo più di chiunque altro.

In sintesi, oltre alla preziosa ricaduta educativa dell'integrazione e dell'inclusione, l'attività ha fatto sì che l'attenzione fosse focalizzata non solo sui contenuti, ma anche sulla lingua inglese, favorendone e potenziandone la comprensione e la produzione. Inoltre, l'interdipendenza positiva durante il lavoro ha favorito l'acquisizione di importanti abilità sociali essenziali nei rapporti interpersonali di ogni giorno. La fase conclusiva è stata quella di considerare i lavori svolti e, alla luce dei contenuti appresi, rispondere alla domanda: "Which is healthier?" ("Quale dieta è la più salutare?") Ci siamo soffermati ad analizzare le ricette prendendo la Dieta mediterranea come punto di riferimento. Il resto è stato in seguito ripreso e discusso con i docenti di Scienze e Tecnologia.

La verifica è stata articolata in due momenti:

1. Show us your work: choose one of you to speak about your recipe.
2. Find out good and bad qualities of your recipe in comparison to the Mediterranean diet.

Per quanto riguarda la disciplina che insegno, la domanda "Which is healthier?" ha aperto nuovi orizzonti. Essa, per esempio, ha offerto l'occasione di anticipare la struttura grammaticale del comparativo di maggioranza ed altre funzioni comunicative ad essa connesse. Per i docenti di Scienze e Tecnologia questa attività va ad aggiungere competenze significative quali:

- Saper individuare gli alimenti più adeguati per la propria alimentazione e stabilire, in base al loro apporto calorico, una corretta dieta giornaliera.
- Saper individuare gli alimenti di stagione e a km zero per promuovere un consumo consapevole e rispettoso dell'ambiente.
- Saper individuare corrette strategie di conservazione degli alimenti e metodi per cucinare in modo salutare per preservarne le caratteristiche alimentari.
- Saper individuare le cause della malnutrizione nel pianeta e intraprendere semplici atteggiamenti quotidiani come la riduzione degli scarti alimentari.
- Saper accogliere i propri compagni, in particolare quelli provenienti da altri paesi stranieri, e fare in modo che il mangiare insieme diventi un luogo di incontro e arricchimento culturale.

Figura 2. Lavoro nella classe.

In conclusione:

- La progettazione iniziale è un punto di riferimento importante, complesso e strutturato, ma la *flessibilità* del docente è una qualità che, per definizione, dovrebbe rendere possibile la modifica in itinere e in base al contesto, l'arricchimento e la riconsiderazione dei percorsi previsti, proprio perché deve lasciare spazio, pur arginandone gli eccessi, al fiume in piena costituito dall'apporto di ciascun alunno, per creare un ambiente che sia il più possibile favorevole all'apprendimento e ne amplifichi l'efficacia.
- Il Cooperative Learning favorisce una didattica inclusiva che si deve muovere sul binario del miglioramento organizzativo, perché nessun alunno sia sentito come non appartenente, non pensato e quindi non accolto. Essa mira ad una partecipazione equa, poiché si basa *effettivamente* sull'interdipendenza positiva e sulla responsabilità individuale e crea un clima relazionale positivo, trasformano ogni attività di apprendimento in un processo di problem solving di gruppo.
- Il CLIL ha creato una forte motivazione all'apprendimento della lingua inglese, in quanto vista come strumento comunicativo e non come "materia" di studio avulsa dal contesto. Oltre a ciò, l'abbinamento CL e CLIL ha incoraggiato tutti gli alunni ad "esporsi" alla comunicazione in L2 per poter comunicare gli esiti del lavoro svolto.

Figura 3. Gruppi cooperativi all'opera.

Bibliografia

1. L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo. Un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, 21 (1), 18-25, 1999.
2. R. E. Slavin, *Cooperative learning. Theory, research, and practice*. Second Ed. Allyn and Bacon: Needham Heights, MA, 1995.
3. B. F. Jones, C. M. Rasmussen, M. C. Moffitt, *Real-life problem solving. A collaborative approach to interdisciplinary learning*. American Psychological Association: Washington, DC, 1997.

Capitolo 14

I molti aspetti della cooperazione e l'interrogazione cooperativa

Federico Teloni
IC "Egisto Paladini" – Treia (MC)
e-mail: federico.teloni@libero.it

Introduzione

L'Istituto Comprensivo "Egisto Paladini" di Treia partecipa, per il sesto anno consecutivo, al progetto "Crescere nella cooperazione", promosso dalla Regione Marche, Confcooperative Marche, Università di Urbino. Il progetto ha coinvolto nella nostra scuola, in tutti questi anni, più di 270 alunni e 15 insegnanti. In colla-borazione con la Banca Credito Cooperativo, BCC di Filottrano, si cerca di educare i ragazzi al valore del risparmio, della cooperazione e dell'imprenditorialità, unici strumenti in una società alla continua ricerca di strategie di sviluppo e innovazione e in linea con le competenze chiave emanate dalle direttive europee. In questi anni gli alunni, i genitori e i docenti dell'Istituto scolastico treiese hanno fatto un percorso formativo che li ha avvicinati al modello di sviluppo cooperativo, promuovendo la cultura della cooperazione, della dimensione solidale e sociale, della partecipazione democratica e dell'imprenditorialità. Le finalità del progetto prevedono:

- Integrazione e scambio tra scuola e territorio;
- Valorizzazione della cultura della cooperazione tra i giovani;
- Miglioramento delle relazioni interpersonali tra i pari e tra adulti e ragazzi/e con particolare riferimento alla capacità di lavorare insieme e di aiutarsi reciprocamente; di esercitare la solidarietà;
- Potenziamento dell'imprenditorialità come conoscenza e valorizzazione del sé e come capacità di finalizzare le proprie azioni al conseguimento di un risultato concreto, osservabile e socialmente utile;

- Potenziamento delle capacità creative e progettuali nei ragazzi, genitori e docenti;
- Promozione e potenziamento nei docenti delle capacità progettuali e di innovazione metodologica e didattica;
- Sviluppo della conoscenza del territorio locale, monumenti, luoghi e tradizioni;
- Sviluppo delle competenze fondamentali per la vita di ogni persona;
- Sviluppo della cittadinanza attiva con partecipazione alla vita sociale e amministrativa della città di Treia (Consiglio comunale delle ragazze e dei ragazzi).

In questo anno abbiamo inserito un ulteriore modulo formativo di *Alfabetizzazione economico finanziaria* che ci ha permesso di approfondire alcuni aspetti importanti:

- La moneta, sua storia, sua funzione, sua evoluzione;
- Le modalità di pagamento alternative alla moneta;
- Il concetto di risparmio; le forme del risparmio;
- Il funzionamento di una banca con particolare riferimento alla BCC.

Il progetto è inserito nelle quotidiane esperienze scolastiche cercando di innovare la nostra didattica. Gli strumenti pedagogici che utilizziamo riguardano la relazione tra le persone e l'interiorizzazione sui valori cooperativi fondamentali: partecipazione attiva di tutti gli alunni all'attività cooperativa, autonomia nei processi decisionali, imprenditorialità, didattica cooperativa, transdisciplinarità, ampiezza delle categorie dei soggetti coinvolti, studio e assimilazione della cultura cooperativa, capacità di ripensarsi criticamente e saper riconoscere e correggere i propri errori, capacità di documentarsi e raccontare la propria esperienza. Un'esperienza molto importante è l'utilizzo del cooperative learning nella didattica ordinaria: suddivisione in gruppi di lavoro, affidamento di ruoli e responsabilità per affrontare un argomento disciplinare, esposizione a tutta la classe del lavoro svolto e interrogazione cooperativa.

Educazione all'imprenditorialità

Per conseguire questi obiettivi, gli alunni, i docenti e i genitori, hanno creato una cooperativa scolastica regolamentata da uno Statuto e Atto costitutivo, hanno eletto il Consiglio di amministrazione, il Collegio sindacale, i cassieri che tengono aggiornato il libro cassa delle entrate e uscite. Gli alunni-soci della cooperativa

scolastica svolgono, quasi mensilmente, delle assemblee che sono verbalizzate dai segretari e le loro attività sono realizzate tutte con metodologie cooperative. Il lavoro è iniziato nel mese di novembre quando, con la prima assemblea, si sono fatti dei laboratori per far comprendere agli alunni i ruoli che l'istituzione di una co-operativa scolastica richiede:

Presidente: rappresenta la cooperativa in tutte le occasioni, convoca e gestisce le assemblee.
Vice presidente: collabora con il presidente e svolge le sue funzioni in sua assenza.
Consiglio di amministrazione: composto da sette alunni-soci, è convocato prima di ogni assemblea, stabilisce l'ordine del giorno e partecipa alla redazione dei do-cumenti principali come l'Atto costitutivo e lo Statuto sociale.
Segretari: sono due alunni che redigono il verbale di tutte le assemblee.
Tesorieri: sono due alunni che gestiscono il libro cassa, riportando tutte le uscite e le entrate monetarie. Per ogni uscita allegano al libro cassa il relativo scontrino. Si recano in banca per depositare e prelevare soldi.
Collegio sindacale: composto da cinque alunni-soci, è convocato periodicamente per controllare la correttezza dei documenti societari come i verbali delle assemblee, controlla il libro cassa e la rispondenza con i soldi depositati nel libretto bancario. Durante le assemblee aiutano il presidente nel mantenere l'ordine e nel rispetto dei tempi degli interventi dei vari soci.

Figura 1. Redazione dello Statuto sociale.

Nella seconda settimana di novembre si sono strutturate, da parte degli alunni, le candidature per ricoprire i vari ruoli. Dopo una settimana di campagna elettorale si sono svolte le elezioni con schede e scrutinio dei voti. La proclamazione degli eletti ha avviato definitivamente la nuova cooperativa scolastica. Il primo compito che il Consiglio di amministrazione ha dovuto svolgere è stata la redazione dello Statuto sociale e dell'Atto costitutivo. Lo statuto sociale riporta 23 articoli che regolamentano tutta la vita associativa mentre l'Atto costitutivo individua tutti i soggetti della cooperativa ed è integrato con il libro soci.

Nell'assemblea di dicembre si sono stabilite le quote sociali che ogni socio deve versare alla cooperativa per farne parte. Gli alunni hanno stabilito una quota di 2 € per i soci ordinari (alunni) mentre hanno previsto una quota di 3 € per i soci sovventori (insegnanti, genitori). La nostra cooperativa è composta da 46 alunni soci e 22 tra insegnanti e genitori soci sovventori. Dopo aver raccolto le quote ci si è recati in banca per depositare nei libretti bancari i nostri soldi e capire come funzionano le operazioni bancarie. L'assunzione di ruoli e responsabilità sono quindi elementi fondamentali di tutta l'azione didattica. La cooperativa scolastica si chiama "**Uno per tutti, tutti per uno**" ed ha mantenuto, anche quest'anno, il nome degli anni precedenti rimarcando una linea di continuità nel tempo.

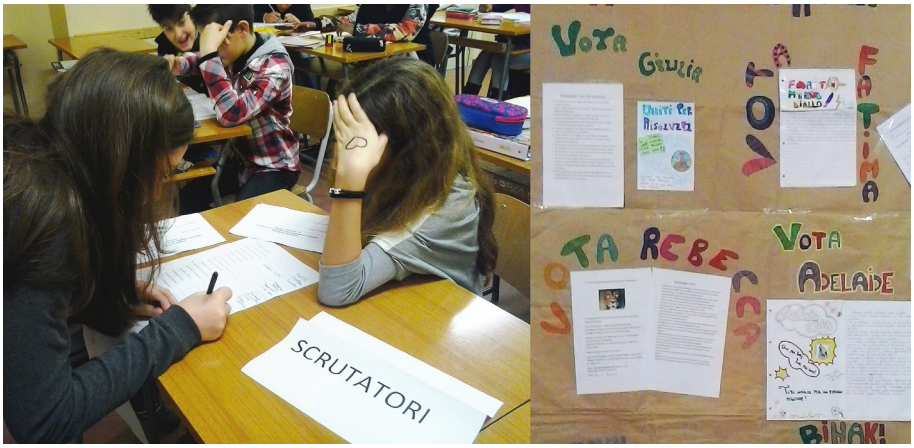


Figura 2. Verso le elezioni ..

Gli obiettivi che siamo riusciti a raggiungere in termini di competenze sono:

- Gli aspetti relazionali dell'esperienza umana;
- I valori della cooperazione, le loro radici e la loro realizzazione nella storia locale;
- Le regole della vita associativa e del loro significato;
- Gli strumenti che regolamentano la vita associativa e l'impresa;

- Gli strumenti di narrazione/documentazione delle esperienze personalmente vissute;
- La moneta e gli altri strumenti di pagamento;
- La moneta e gli strumenti di pagamento alternativi al contante;
- Il concetto di risparmio e le forme del risparmio;
- Il funzionamento di una Banca con particolare riferimento alla BCC.

Con questa metodologia l'insegnante ha un ruolo fondamentale di coordinamento e ogni alunno riesce a trovare stimoli e motivazioni, in particolare quelli che sono più in difficoltà con la didattica tradizionale. Gli obiettivi raggiunti in termini di strategie per la personalizzazione dell'insegnamento riguardano la didattica diversificata per:

- Livelli;
- Linguaggi;
- Ruoli e compiti;
- Contenuti.

L'interrogazione cooperativa

Particolarmente significativa è stata l'esperienza dell'interrogazione cooperativa. L'unità didattica è strutturata nelle seguenti cinque fasi.

1. Divisione in gruppi di 4 alunni e assegnazione ad ogni gruppo di ruoli e responsabilità:
    a. Presidente del gruppo: coordina il lavoro.
    b. Sindaco del gruppo: garantisce l'ordine e il rispetto dei tempi.
    c. Segretario: schematizza le conclusioni, realizza mappe concettuali.
    d. Portavoce: espone alla classe il lavoro svolto, coadiuvato da tutto il gruppo.

2. Assegnazione di un argomento per ogni gruppo. Facciamo un esempio con le frazioni.
    e. Gruppo n. 1: l'unità frazionaria, la frazione come operatore, frazioni proprie, improprie e apparenti.
    f. Gruppo n. 2: la frazione come quoziente, frazione complementare, frazioni improprie e numeri misti, frazioni equivalenti.
    g. Gruppo n. 3: l'insieme dei numeri razionali assoluti, riduzione di una

frazione ai minimi termini.

h. Gruppo n. 4: trasformazione di una frazione in un'altra equivalente di denominatore dato, riduzione al m.c.d.
i. Gruppo n. 5: confronto di frazioni, risoluzione di problemi diretti e inversi con le frazioni.

3. Lavoro di gruppo: studio del compito assegnato tramite l'utilizzo del libro di testo, schematizzazione e mappa concettuale, strutturazione dell'esposizione dell'argomento a tutta la classe.

4. Esposizione alla classe e interrogazione cooperativa. In questa fase, molto importante, a partire dal gruppo n. 1, ogni portavoce espone alla classe il compito assegnato utilizzando schemi, mappe e LIM. La classe è coinvolta e, per alzata di mano, gli alunni pongono domande su quanto esposto a tutto il gruppo. Al termine delle domande di chiarimento, qualche alunno fa eseguire anche degli esercizi che sceglie autonomamente dal libro di testo. In questo modo si svolge una interrogazione cooperativa dove sono tutti coinvolti. Il ruolo dell'insegnante è quello di facilitatore e di effettuare approfondimenti durante ogni fase dei lavori. La fase di verifica con esercizi coinvolge sia il gruppo che espone ma anche chi ha scelto l'esercizio. In caso di mancata risoluzione, tutti concorrono all'individuazione dell'errore. A turno tutti i gruppi espongono il proprio argomento. L'insegnante valuterà ogni gruppo e la partecipazione di tutta la classe assegnando un voto orale per quanto riguarda la capacità che gli alunni hanno dimostrato nel sapere:
   j. Individuare relazioni e funzioni.
   k. Interpretare ed elaborare dati e previsioni.
   l. Utilizzare i numeri e nella corretta esecuzione dei calcoli numerici.
   m. Collocare nello spazio e utilizzare con le figure gli argomenti approfonditi.

5. Conclusione: l'insegnante, dopo aver ascoltato tutti i gruppi, tira le conclusioni e propone una verifica scritta per tutta la classe.

Questa modalità di apprendimento è molto coinvolgente, responsabilizza ogni alunno, sulla base delle proprie capacità, ottimizza i tempi e rende l'apprendimento più piacevole, la didattica si orienta con rapidità, in modo quasi naturale, sulle competenze chiave.

Il progetto Crescere nella cooperazione prevede anche molti laboratori manuali per sviluppare una "didattica del fare": gli studenti apprendono abilità manuali e sociali lavorando insieme. Superano le difficoltà, si accordano sui procedimenti, rispettandosi e mediando quando le opinioni sono diverse. In questo anno abbiamo

ad esempio realizzato: vari oggetti e mobili con carta e cartone riciclato, plastica, buste del caffè, lavori all'uncinetto e al telaio, oggetti artistici realizzati con la tecnica della ceramica, allestimento di una serra per la coltivazione di piante e fiori.

Figura 3. Lavori di gruppo su temi assegnati.

Figura 4. Laboratorio ceramica.

Figura 5. Semina e coltivazione di piccole piante e fiori.

Oltre a queste attività è stata riconfermata la partecipazione al concorso regionale "Pietre della memoria" organizzato dall'ANMIG (Associazione mutilati e invalidi di guerra) ed è stato aggiunto il percorso formativo di alfabetizzazione economica e

finanziaria. In questo percorso gli alunni-soci hanno affrontato elementi base di economia come la storia della moneta, i metodi di pagamento alternativi al contante e il funzionamento di una Banca con particolare riferimento alla BCC. Con il direttore dell'agenzia BCC di Treia (Tonino Tartarelli) si è avviato il percorso di educazione economica e finanziaria che ha previsto anche la partecipazione al concorso della Banca d'Italia "Inventa una banconota". Nel progetto è coinvolta anche la Cooperativa sociale "La Talea" di S. Maria in Selva, la quale permette ai soci di fare una esperienza-incontro con il mondo del volontariato e della cooperazione. Altra esperienza incontro gli alunni-soci l'hanno fatta visitando la sede centrale della BCC a Filottrano, dove hanno osservato come funziona e agisce una Banca. A conclusione del percorso è stata prevista l'attività imprenditoriale della bancarella di tutti i prodotti realizzati. L'evento conclusivo di tutto il progetto si è svolto il 5 giugno al teatro delle Muse di Ancona.

Figura 6. Concorso esploratori della memoria.

Bibliografia

1. L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo. Un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, 21 (1), 18-25, 1999.
2. H. Gardner, *Formae mentis. Saggio sulla pluralità dell'intelligenza*. Feltrinelli: Milano, 1987.

Capitolo 15

"C'era una volta …" la fiaba a scuola. Riflessioni sul genere fiabesco e sulla sua valenza educativa nel progetto del Liceo Scientifico "Vito Volterra" di Fabriano

Paola Ascani
Liceo Scientifico "Vito Volterra", Fabriano, Ancona
e-mail: p.ascani@liceoscientificofabriano.it

"[…] le fiabe sono vere. Sono, prese tutte insieme, nella loro sempre ripetuta e sempre varia casistica di vicende umane, una spiegazione generale della vita, nata in tempi remoti e serbata nel lento ruminio delle coscienze contadine fino a noi; sono il catalogo dei destini che possono darsi a un uomo e a una donna" (1) Le fiabe, intese come racconti popolari, presentano un repertorio di storie e personaggi che caratterizza la narrazione fiabesca e attinge alla tradizione orale tipica di tutte le comunità umane. Generalmente, si tende a considerare questi testi delle "storielle" che vengono raccontate per addormentare i bambini o per intrattenersi durante le serate invernali; in realtà, si tratta di narrazioni fantastiche che danno voce alle credenze e alle superstizioni popolari più diffuse. Proprio l'etimologia del termine "fiaba" (dal latino *fabula*, "discorso della gente, diceria") dimostra il peso della trasmissione orale nella trasformazione e nell'arricchimento del repertorio tematico della narrazione fiabesca; inoltre, rileva le contaminazioni tra universi culturali diversi. Tali considerazioni evidenziano che lo studio della fiaba non è semplice: anche se la sua struttura narrativa può sembrare lineare, in realtà ogni elemento che compare all'interno della narrazione ha un ruolo estremamente complesso. Prima di tutto, è opportuno sempre considerare la tradizione che ha prodotto quella fiaba, che ha creato quei personaggi e che ha ritenuto importante riportare proprio quella vicenda e non un'altra, per trasmettere un preciso messaggio.

Inoltre, non bisogna dimenticare che un'altra possibile traduzione del termine latino *fabula* è "mito" o "leggenda"; in questo caso, il racconto fantastico si trasforma nel racconto delle origini di un popolo, nella storia leggendaria degli antenati che hanno fondato villaggi, città, imperi, anzi, storicamente, può essere confrontato "sia con i miti dei popoli primitivi preclassisti sia con quelli degli Stati

civilizzati dell'antichità" (2) In queste riflessioni risiede il valore pedagogico di un percorso affrontato in ambito scolastico con le risorse della creatività personale e lo studio "consapevole" della fiaba. Tale percorso, che ha coinvolto le classi del biennio della sede centrale e staccata del Liceo Scientifico "Vito Volterra" di Fabriano negli anni scolastici 2011-2012 e 2012-2013, è stato realizzato per stimolare negli studenti la riflessione storico-critica sul genere fiabesco attraverso la produzione di testi illustrati. Per far fronte alle difficoltà connesse alla realizzazione di elaborati originali di tipo figurativo e narrativo, sono stati contattati esperti esterni, che hanno collaborato con i docenti per organizzare le attività di studio, composizione e illustrazione della fiaba.

Per lo svolgimento della prima fase del lavoro, è stato richiesto il contributo della professoressa Giulia Massini, dottore di Ricerca in Italianistica presso l'Università degli Studi di Bologna. La docente ha svolto, nell'anno scolastico 2011-2012, alcune lezioni, in cui sono state approfondite le radici storiche delle fiabe attraverso il lavoro di Propp, con esempi concreti di materiale fiabesco tratto dai più importanti autori (Grimm, Perrault, Andersen). È stato poi preso in esame il lavoro di Italo Calvino, evidenziando il processo di nascita della fiaba dal folklore dialettale, con l'analisi di alcuni testi tratti dalla raccolta *Fiabe italiane*. In questa fase sono state messe a frutto le esperienze maturate nello studio della struttura fiabesca, con il supporto degli strumenti compositivi forniti dalla *Grammatica della fantasia* di Gianni Rodari. In modo particolare, sono state approfondite due caratteristiche distintive del genere fiabesco: la prima è da ricercare sul piano dei temi e dei luoghi narrativi; la seconda a livello di struttura narrativa. Per quanto riguarda il primo aspetto, è stato sottolineato che la fiaba è, prima di tutto, un racconto fantastico, i cui protagonisti compiono generalmente imprese straordinarie e, nella maggior parte dei casi, inaccessibili a un comune mortale. Per tale motivo, i luoghi in cui sono inseriti gli eventi, anche se presentano un richiamo ad ambientazioni realistiche, sono in realtà estranei alle normali coordinate spazio-temporali: le fiabe vengono collocate in luoghi fantastici dove i personaggi sono chiamati a rispondere soltanto alle regole dei loro "mondi favolosi". Inoltre, le fiabe presentano una struttura narrativa che tende a ripetersi, anche se vengono modificati i personaggi e i luoghi che costituiscono l'ambientazione della vicenda.

Dopo questa prima fase di studio della fiaba, gli studenti sono stati chiamati a commentare in classe brani tratti da fiabe contemporanee o da generi che si sono serviti della fiaba per il proprio sviluppo, per fornire la loro personale spiegazione del significato degli stessi, e trovare attraverso il commento dei testi spunti d'interesse personale alla composizione. Con il supporto del docente di lettere della classe, lo studente ha acquisito la consapevolezza del fondamentale principio di funzionamento della fiaba e delle sue contaminazioni nel corso dei secoli: ogni storia non è mai nuova; viene sempre ridetta, rinarrata e riletta, con la speciale

intonazione (geografica, storica, mentale e sentimentale) di chi la sta narrando. Per quanto riguarda la scelta dei testi analizzati in classe, è stata presa in esame la sezione marchigiana delle *Fiabe italiane*, per promuovere la conoscenza del patr

Figura 1. Alcuni momenti dell’attività laboratoriale di illustrazione delle fiabe scritte dagli studenti del Liceo Scientifico “Vito Volterra” di Fabriano

Sono stati inoltre presentati agli studenti esercizi di riscrittura e composizione della fiaba, che li hanno preparati all’attività di scrittura di testi originali. Tuttavia, per evitare di far dilagare la produzione creativa delle fiabe da parte dei ragazzi in una libertà rappresentativa priva di direzioni, gli insegnanti hanno individuato alcuni archetipi di riferimento (*Cappuccetto Rosso, Cenerentola, Pinocchio, Biancaneve e i sette nani,* ecc.) e hanno chiesto agli alunni di scrivere la loro versione della storia, in linea con la tradizione fiabesca che non è mai invenzione ma sempre riscrittura, mescolanza di strutture già preesistenti. I testi originali così prodotti sono stati poi selezionati dai docenti di lettere delle classi coinvolte,

perché fossero pubblicati in un volume che prevedesse anche la presenza delle illustrazioni delle fiabe originali.

Per quest'ultima fase del progetto, che si è svolta nell'anno scolastico 2012-2013 e si è conclusa nel mese di giugno con la pubblicazione del libro di fiabe, è stato organizzato un corso di illustrazione rivolto agli studenti delle classi seconde e curato dagli artisti dell'associazione culturale "InArte". L'attività laboratoriale, realizzata in orario extracurricolare, ha permesso agli alunni di conoscere gli aspetti principali della tecnica pittorica dell'acquerello; inoltre, ha stimolato la sperimentazione relativa alla presentazione delle immagini quale supporto alla comunicazione delle fiabe, attraverso la creazione delle tavole illustrate che accompagnano i testi originali pubblicati. Alla fine di questo viaggio nel mondo delle fiabe, coloro che hanno realizzato il progetto hanno acquisito la consapevolezza di essere stati guidati, per certi aspetti, dallo stesso spirito che animò Calvino nell'attività di raccolta e organizzazione dei testi delle *Fiabe italiane*.

> "Ora, il viaggio tra le fiabe è finito, il libro è fatto, scrivo questa prefazione e ne son fuori: riuscirò a mettere i piedi sulla terra? Per due anni ho vissuto in mezzo ai boschi e palazzi incantati, col problema di come meglio vedere in viso la bella sconosciuta che si corica ogni notte al fianco del cavaliere, o con l'incertezza se usare il mantello che rende invisibile o la zampina di formica, la penna d'aquila e l'unghia di leone che servono a trasformarsi in animali. E per questi due anni a poco a poco il mondo intorno a me veniva atteggiandosi a quel clima, a quella logica, ogni fatto si prestava a essere interpretato e risolto in termini di metamorfosi e incantesimo […] e così nelle vite dei popoli, che ormai parevano fissate in un calco statico e predeterminato, tutto ritornava possibile […]. Ogni poco mi pareva che dalla scatola magica che avevo aperto, la perduta logica che governa il mondo delle fiabe si fosse scatenata, ritornando a dominare sulla terra. Ora che il libro è finito, posso dire che questa non è stata un'allucinazione, una sorta di malattia professionale. È stata piuttosto una conferma di qualcosa che già sapevo in partenza, quel qualcosa cui prima accennavo, quell'unica convinzione mia che mi spingeva al viaggio tra le fiabe; ed è che io credo questo: le fiabe sono vere" (3)

Bibliografia

1. I. Calvino, *Fiabe italiane*, Mondadori: Milano, 2011, p. 39.
2. V. J. Propp, *Morfologia della fiaba. Le radici storiche dei racconti di magia.* Newton Compton: Roma, 1992, p. 152.
3. Rif. 1, pp. 38-39.

Capitolo 16

Progetto Marketing: diventiamo imprenditori

Francesca Foresi
I.I.S. "Corridoni Campana", Osimo, Ancona
e-mail: francescamaria.foresi@istruzione.it

Introduzione

Il progetto nasce inizialmente dall'esigenza di caratterizzare, fin dal secondo anno, l'indirizzo Amministrazione, Finanza e Marketing del nostro Istituto. A tale scopo in due classi seconde (38 studenti), si è scelto di incrementare il quadro orario di discipline di indirizzo quali economia aziendale e diritto di 1 unità oraria a settimana e di realizzare un modulo pluridisciplinare specifico per questo corso di studi denominato Progetto Marketing: gli alunni erano chiamati a diventare imprenditori creando un prodotto, curandone la confezione e la pubblicità. Il prodotto prescelto è stato il sapone per la pelle e ciò ha coinvolto la sottoscritta in qualità di docente di chimica. Altre discipline quali informatica, inglese, francese e italiano sono intervenute "in corso d'opera".

Nella formulazione del progetto si è stabilito che le ore ad esso dedicate dovessero distinguersi da quelle curricolari per un diverso approccio agli argomenti trattati ed una diversa metodologia didattica che potenziasse le competenze più che le conoscenze. Obiettivo generale del progetto è stato infatti integrare i programmi curricolari con attività che avvicinassero gli studenti al mondo del lavoro e che privilegiassero il saper fare oltre che al sapere, permettendo agli alunni di essere protagonisti attivi del processo di apprendimento.

Questo progetto è stato sviluppato con l'idea di mettere in pratica le ideee del progetto europeo *PROFILES*, coinvolgendo in modo attivo gli studenti nel processo di apprendimento. (1) Il ricorso al cooperative learning ha permesso a ciascuno student di contribuire alla realizzazione del lavoro in base alle proprie capacità rafforzando la collaborazione tra gli student e la propria autostima. (2) La realizzazione di un prodotto concreto ha permesso infine di potenziare le abilità manuali e di laboratorio di tutti gli studenti.

Cos'è il sapone e come prepararlo

Dal punto di vista chimico, il sapone è il sale sodico di un acido grasso a lunga catena:

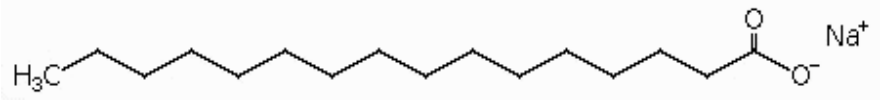


Figura 1. Formula chimica semplificata del sapone.

Il sapone è costituito da una parte idrofila, il gruppo carbossilato ed una lipofila ossia la catena idrocarburica. Usando il sapone, i grassi si legano alle "code" apolari a loro volta unite alla "testa" ionica che è in grado di legarsi all'acqua. Quest'ultima scorrendo via trascina con sé le particelle di sporcizia.

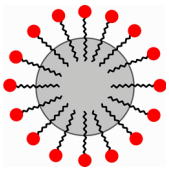


Figura 2. Rappresentazione di una particella di sporco e delle molecole di sapone.

La saponificazione è la reazione di idrolisi di un trigliceride mediante una base che dà come risultato un alcool e i sali degli acidi carbossilici. Nel nostro caso i grassi dell'olio di oliva reagiscono con idrossido di sodio ottenendo glicerolo e sali di sodio che costituiscono il nostro sapone.

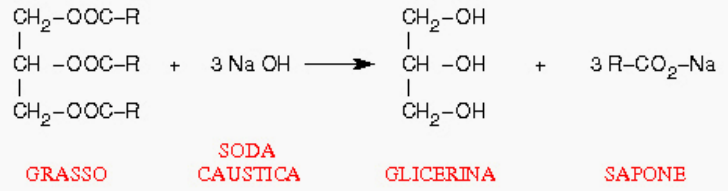


Figura 3. L'equazione chimica per la formazione del sapone.

La ricetta base per un sapone di Marsiglia prevede:
1 kg di olio di oliva
128 g di soda caustica
300 g di acqua
A questi ingredienti si possono aggiungere
5/10 mL di oli essenziali da aggiungere al nastro, farina di riso o amido in piccole quantità per fissare l'essenza, coloranti, fiori di lavanda, camomilla etc. L'olio di oliva può essere sostituito in parte con altri grassi quali olio di cocco (favorisce la formazione di schiuma) e oli di semi, più economici, o con componenti nutrienti

quali burro di karité e cera d'api. Dato il diverso contenuto di trigliceridi dei diversi grassi, la quantità di soda da utilizzare è variabile e può essere calcolata in base al coefficiente di saponificazione. Per il sapone per la pelle è bene effettuare una riduzione della quantità di soda del 5-6%: si lavora cioè con la soda come reagente limitante mantenendo, nella miscela finale, una parte dei trigliceridi che rendono il sapone più delicato per la pelle. (3)

Per la realizzazione con metodo a freddo bisogna preparare una soluzione con la soda e farla raffreddare fino alla temperatura di 45-50°C. Nel frattempo si scalda l'olio alla stessa temperatura e poi si mescola il tutto utilizzando un frullatore ad immersione fino a che la miscela non assume una consistenza cremosa (fase del nastro). A questo punto si possono aggiungere essenze e coloranti e versare sapone negli stampi. Il prodotto deve essere isolato con un panno di lana perché rimanga caldo per 24-48 ore. Trascorso questo tempo, lo si pone a stagionare in un luogo fresco e asciutto per circa 6-8 settimane.

Il progetto: l'apporto della Chimica

La prima fase del lavoro è stata realizzata nel laboratorio di chimica per la preparazione del prodotto. In ogni classe sono stati creati gruppi di 4 o 5 studenti (scelti in base alla provenienza per agevolare il lavoro a casa) e ad ognuno è stato chiesto di condurre ricerche sulla composizione del sapone solido per la pelle. I risultati sono stati presentati in classe e l'insegnante ha colto l'occasione per illustrare la reazione di saponificazione, la struttura chimica del sapone ed il suo meccanismo di azione. Ogni gruppo ha poi iniziato a delineare le caratteristiche del proprio sapone in termini di componente grassa (olio di oliva, di cocco, oli esausti ecc.), essenze, coloranti e formato. Si è infine passati alla fase operativa realizzando il prodotto in laboratorio. Sono state sperimentate sia la metodologia a freddo con soda caustica che quella con la lisciva (preparata a casa da un'alunna con l'aiuto della nonna). Alcuni gruppi hanno anche provveduto a lavorare di nuovo il sapone ottenuto effettuando lavaggi del prodotto triturato con acqua allo scopo di abbassarne il pH e per ottenere un impasto modellabile.

Durante l'attività di laboratorio, gli studenti hanno avuto modo di affrontare altri argomenti del programma di chimica quali i calcoli stechiometrici, la preparazione di soluzioni, la scala di pH e le neutralizzazioni. Alcuni hanno anche condotto, a casa, esperienze sull'estrazione delle essenze per infusione mentre un alunno ha tentato di realizzare un "distillatore domestico".

Diritto ed economia aziendale

Quasi contemporaneamente, nelle lezioni di diritto ed economia aziendale i docenti introducevano i principali concetti del marketing e le procedure necessarie

alla commercializzazione di un prodotto competitivo. Sono stati presi in esame casi concreti e sono state svolte ricerche su brand molto conosciuti al fine di evidenziare le migliori pratiche per poter ripetere l'esperienza della vendita o marketing. Contestualmente si sono tenute lezioni sui marchi di produzione, i requisiti del marchio e le procedure di registrazione. Si è poi passati allo studio dei comportamenti del consumatore nell'acquisto di un prodotto e sono stati esaminati gli aspetti psicologici nelle scelte. Si è affrontato anche l'aspetto pubblicitario e la relativa normativa . L'argomento pubblicità è stato trattato anche dall'insegnante di inglese che ha guidato gli studenti ad un confronto tra i messaggi pubblicitari di paesi diversi.

Infine gli studenti sono stati chiamati a creare il proprio marchio e a predisporre una etichetta per il prodotto che rispettasse i termini di legge e dépliant illustrativi che illustrassero le proprietà dei saponi commercializzati. Il tutto è stato poi "revisionato" dall'insegnante di lettere e realizzato in laboratorio di informatica sotto la guida del docente di questa disciplina. Al termine del lavoro, ogni gruppo ha presentato il sapone creato realizzando perfino le confezioni in linea con le caratteristiche del prodotto. (Figura 4.)

Figura 4. Il sapone confezionato per la vendita.

Figura 5. Dalla produzione … alla vendita.

In occasione della manifestazione "La fiera della scienza", organizzata dal nostro Istituto, gli alunni hanno esposto i loro saponi e intervistato il pubblico proponendo un questionario, elaborato con l'insegnante di economia aziendale, volto a

conoscere le esigenze del mercato ed il gradimento del prodotto.

A conclusione del progetto è stata organizzata una visita di istruzione ai laboratori Fragonard di Grasse in Provenza durante la quale i ragazzi hanno osservato da vicino le fasi di produzione di saponi e le metodologie di estrazione delle essenze. Per l'occasione, l'insegnante di francese ha preparato gli alunni con lezioni sulla terminologia in lingua specifica del settore. Un secondo questionario è stato elaborato, sempre dagli studenti, e somministrato agli alunni per valutare l'indice di gradimento del progetto.

Figura 6. Gli studenti in Provenza.

Conclusioni

I risultati del questionario, il comportamento degli alunni, in classe e non, nonché i prodotti realizzati hanno dimostrato la validità del progetto svolto. L'interesse e la motivazione allo studio hanno subito un buon incremento tanto che molti ragazzi, benché pendolari, si sono più volte offerti di prolungare il tempo scuola per migliorare il prodotto, hanno dedicato più tempo del richiesto a ricerche in rete, hanno addirittura condotto esperimenti a casa sulla base di quanto discusso in classe. I gruppi si sono riuniti spesso, anche a casa, per discutere i vari aspetti del lavoro e realizzare le confezioni e ciò ha migliorato le relazioni di classe. Studenti di solito poco motivati allo studio hanno mostrato di gradire le modalità di lavoro adottate impegnandosi nel portare a termine i compiti assegnati e ottenendo migliori risultati anche nelle verifiche curricolari.

Gli alunni si sono comportati con correttezza e disinvoltura nelle fasi di ricerca e di contatto con il pubblico; i prodotti, i dépliant illustrativi ed il questionari relativo al sondaggio di opinione hanno ricevuti i complimenti di persone del settore.

L'attività proposta ha, più o meno indirettamente coinvolto anche qualche familiare a cui gli alunni si sono rivolti per consigli e aiuti tanto che alcuni genitori chiedono se poi i saponi prodotti siano stati effettivamente messi in commercio. Altra considerazione positiva è che altri alunni, informati dai compagni, chiedono di ripetere l'esperienza fatta o comunque di essere coinvolti in attività analoghe.

Bibliografia

1. J. A. Michael, H. I. Modell, *Active learning in secondary and college science classrooms. A working model for helping the learner to learn*. Erlbaum: Mahwah, NJ, 2003.
2. W. Pasini, *L'autostima. Volersi bene per voler bene agli altri*. Arnoldo Mondadori Editore: Milano, 2001.
3. S. Hornsey, *How to make your own soap. In traditional bars, liquid or cream.* How to Books: London, 2014.

Capitolo 17

Science Education Reform in the United States

Eugene L Chiappetta
Professor Emeritus, Department of Curriculum and Instruction, University of Houston, USA
e-mail: elchia@uh.edu

Currently another science education reform is underway in the United States that is intended to better prepare students for the digital age. All citizens must be able to function in a world where they are able to understand science, engineering, and technology in their daily lives as well as in their work. The technological revolution that began many years ago has spread across the globe, and all societies must participate in order to thrive in a world economy. School science must take a significant role in the education and training of students for a "new world". In 2012, the National Research Council published a document that presented a framework for a new science education reform in the U.S., titled *A Framework for K-12 Science Education: Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The document outlines a new path for school science in grades kindergarten through high school that includes engineering. The committees that contributed to the framework are of the belief that students should learn about engineering and technology as well as basic science. The framework has been translated for school science by the National Science Teachers Association (2013) in the *Next Generation Science Standards*. Although science and engineering inform each other and overlap, in a strict sense, each has a different purpose.

Pure science seeks to understand nature – its characteristics and mechanisms. Engineering designs devices, products and system to benefit society. "A scientist studies what is; and an engineer creates what was never" (Petroski, 2010, p. 20). Often science is given credit for advances in society that should be given to engineering. Remember, engineering and technology have been around for as long as humans, and without the benefit of modern science. Just think of the massive structures that were built a few thousands of years ago in Egypt, China, Greece, and Italy without the benefit of science. Mason (1962, p. 503) states: "The

161 L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 161-165)

technological innovations introduced into engineering and industry, generally up to 1850, were not greatly dependent upon the content of the science then known." In spite of the enthusiasm for the current science education reform, there are some challenges and problems that must be addressed in order for the reform to be successful. The two major challenges are: (a) what to teach, and (b) how to teach.

What to Teach

With any education reform come recommendations for new and different approaches to instruction. The current Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) movement carries the promise to implement a more interdisciplinary form of science teaching. This movement can take many forms, such as projects, cross-curriculum studies, thematic units, and community studies. With regard to engineering design projects, students can engage in constructing bridges, rockets, lighting systems, toys, robots, airplanes, software programs, and athletic apparel, just to name some. There is much to excite and interest students about school science and to advance their understanding and appreciation of science, engineering and technology. However, planners and implementers of the reform should take note of potential problems and disappointments.

What to teach can be a problem for U.S. schools. In fact it is a problem. We know well that in the middle and secondary schools there is often too much content to teach in a given school year. State and local school district standards usually contain more information than most students can digest and science textbooks contain far too much material to cover in one year – let alone to teach for student understanding. Science textbooks are much more voluminous than those used in most Asian and European countries. As the American Association for the Advancement of Science (1990, p. xvi) stated many years ago:

> The present curricula in science and mathematics are over stuffed and undernourished … Some topics are taught over and over again in needless detail: some that are of equal or greater importance to science literacy – often from the physical and social sciences and from technology – are absent from the curriculum or are reserved for only a few students.

If science curricula are over stuffed today, what will happen when the U.S. attempts to include engineering and technology into school science programs? Who can argue against the benefits of a society that is more engineering and technologically literate? However, experienced educators who have observed many fads and ideas that have come and gone over the past 50 years can identify problems and hurdles with the current reform. For example, over the past half-century implementing inquiry-based teaching and learning has not been very

successful. Some of the problems encountered with this reform are: science teacher understanding of inquiry, assessment of learning, time to implement highly engaging activities, materials and equipment to conduct laboratory exercises, facilities for hands-on learning, covering the traditional curriculum, disciplinary problems when students are active and working out of their seats, and administrators who are only interested in students passing tests. No doubt the current reform will experience these and other problems in its implementation.

One problem that is likely to accompany the current reform is with the curriculum. Consider the following questions:

1. What topics or activities will be included in each grade, kindergarten through 12, which focus on engineering as well as science?
2. Will there be separate engineering courses for elementary, middle, and high schools along with traditional science courses? Or
3. Will there be one or two activities inserted in each science textbook devoted to engineering and technology?

How to Teach

While most of the time, energy and money is likely to be spent on what will be taught about science, engineering and technology, the biggest problem with the current reform or any reform is the *teaching* that will take place in science classrooms. The teacher is the key to the success of any course. Therefore, the ability, education and training of science teachers is a critical element in the implementation of any course. All science teachers must first be competent teachers. These teachers must: possess many professional attributes, be proficient in the use of teaching skills, plan lessons around a variety of instructional strategies, and implement many learning and reinforcement techniques (Chiappetta & Koballa, 2010). Without science teachers who can possess professional attributes and demonstrate fundamental teaching functions, little progress will be made in STEM education.

Professional attributes are personal characteristics that teachers must possess to carry out their duties effectively in schools. Science teachers must be very knowledgeable about the subjects they teach in order to make it meaningful for students. Then they must be motivated to translate the subject in ways that students find relevant. Science teachers must also demonstrate their enthusiasm for teaching and a desire to help students learn, not just to "cover the material." Without these and many other professional attributes that science teachers must possess, school science will most likely be dull and do a poor job of improving science education.

Teaching skills are actions that teachers should be proficient in using. In a well-planned lesson, the teacher should begin lessons that capture students' interest

and provide an idea of what the lesson is about. The teacher should ask students many questions that are planned beforehand to engage their thinking. They should use a variety of teaching aides to present information and explain ideas, such as smartboards, whiteboards, handouts, posters, etc. In addition, teachers must plan to review what has been taught in order to reinforce what has been learned. All of this sounds rather routine and there is a belief that teachers can and do use teaching skills proficiently. I question this assumption.

Instructional strategies are the various ways in which a major segment of an entire lesson is approached. Further, they are what helps students make rich cognitive connections with what they know and what they are supposed to be learning. Lecture of course is one of the strategies to be used, but not over used. Demonstrations should be used frequently to provide concrete illustrations of important concepts and laws. Laboratory work is a necessary part of school science. Discussion and small-group work can be used to enhance learning. Reading and writing are necessary and should be used frequently. Science teaching can benefit greatly from the research that has been conducted in other disciplines to promote student learning. This is especially true in the language arts area where many strategies have been researched that advance student comprehension and expression of what they are expected to learn. A variety of instructional strategies must be used to provide a rich student-centered learning environment.

Techniques that enhance learning must be part of all course instruction because they help to reinforce student learning. These are skills that students must be taught. Note-taking and journaling should be used by all students. Writing summaries and short papers of important ideas must all be required. Constructing concept maps is another learning technique that students can use form a visualization of the ideas under study.

Conclusion

There is great interest in the new standards to promote STEM education in the U.S. The nation's leaders believe that it is necessary to produce a better-educated society, one that must function in a highly technological global economy. Everyone must be comfortable in the digital age in order to be employed and productive in the workplace. In order to accomplish this a great deal of money will be spent by national and state governments, and publishing companies and school districts. Much of the effort will go into *what to teach* – the science and engineering concepts to learn and the projects to undertake. Unfortunately, it is likely that very little time, effort and money will be spent on *how to teach* in the new era. Far too little attention will be paid to the professional attributes, teaching skills, instructional strategies, and learning techniques that can advance learning about science, engineering, and technology. This will be a costly mistake.

In planning for STEM education and implementing the new standards, Budgen (2012) contends that science teachers must bring into play their ability to engage students in certain instructional strategies in order to help them make important cognitive connections when carrying out engineering projects. Presenting students with projects and problems to solve will not necessarily ensure that all students will be excited about science and engineering. Most students will require some *direct* instruction, and be required to *read* and *write* about what they are expected to learn. Some students will want to be fed information and to get right answers rather than expend mental energy to figure out things for themselves. Also, many teachers are happy just presenting information and administering paper -and-pencil tests. The research of Budgen and the thesis of this article argues for spending more time and money on preparing science teachers for the reform, using what teacher educators have learned about teaching and learning.

Bruce Alberts (2013), editor-in-chief- of *Science* and former president of the National Academy of Sciences, stresses the importance of instruction in order to advance science education. He asserts that we need to incorporate the advice of outstanding full-time classroom teachers who have demonstrated how to teach students. Further, Alberts advises that college science course instruction needs to go beyond the traditional lecture that poorly models how science should be taught at all grade levels. Given what has been suggested in this article about STEM and new science standards, perhaps the current reform effort should place much more importance on teaching and learning than focusing primarily on what to teach.

References

1. B. Alberts, Prioritizing science education. *Science*, 328 (5977), 405, 2010.
2. F. Budgen, Focus on learning. Building rockets and submarines at Leaside High School. In L. Rennie, G. Venville, J. Wallace (Eds.), *Integrating science, technology, engineering, and mathematics. Issues, reflections, and ways forward* (pp. 12-23). Routledge, Taylor & Francis: New York, 2012.
3. E. L. Chiappetta, T. R. Koballa, Jr., *Science instruction in the middle and secondary schools*. Allyn and Bacon: Boston, 2010.
4. S. F. Mason, *A history of the sciences*. Macmillan: New York, 1962.
5. National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press.
6. National Science Teachers Association, *Next generation science standards*. Author: Arlington, VA, 2013.
7. H. Petroski, *The essential engineer. Why science alone will not solve our global problems*. Alfred Knopf: New York, 2010.

Capitolo 18

FAD: Formazione A Distanza per studenti lavoratori

Francesca Bazzoni, Luciano Scattolini
I.I.S. "B. Padovano", Senigallia-Arcevia, Via C. Battisti, 6 – Arcevia (AN)

Introduzione

L'istituzione scolastica, attraverso la comunicazione via web, può formare, offrire servizi agli studenti e alle famiglie, comunicare con il territorio e creare spazi collaborativi/cooperativi ancora inesplorati. Inoltre può favorire coesione tra le componenti, stimolando il senso di appartenenza a un'istituzione che, probabilmente, mostra oggi una grande necessità di modernizzazione, ormai ineludibile.

Formazione degli adulti

La crescente richiesta di formazione, legata alla necessità di riqualificarsi per immettersi nuovamente nel mondo del lavoro, è diventata ormai una necessità inderogabile cui la scuola pubblica riesce a fatica a dare risposta, complice la scelta ministeriale di limitare fortemente le scuole serali. Queste ultime richiedono fisicamente la partecipazione in presenza degli alunni, spesso lavoratori e con famiglie a carico, in orario serale, presenza peraltro in contraddizione con le esigenze del mondo del lavoro (piccoli artigiani, contratti di lavoro su più turni, etc.). Quindi una valida e concreta alternativa, una metodologia didattica innovativa che permetta a chi, non potendo sostenere la frequenza obbligatoria dei tradizionali corsi in classe ed avendo poco tempo a disposizione per motivi famigliari o lavorativi, può trovare un percorso personalizzato e flessibile che tenga conto delle esperienze lavorative, delle conoscenze pregresse e del tempo a disposizione.

Normativa Italiana

Comunicare via web è diventato per le scuole un preciso dovere, sancito dal Codice della Pubblica Amministrazione Digitale, dalla Legge n. 4 del 9 gennaio 2005 e il suo decreto applicativo (Decreto del Presidente della Repubblica, 1 marzo 2005, n. 75), dalle leggi sull'accessibilità dei siti (Decreto Ministeriale 8 luglio 2005), cioè sull'obbligo di facilitare la fruizione delle informazioni eliminando il più possibile ogni tipo di barriera (Circolare del Ministro della Funzione Pubblica, 13.03.2001). La C.M. 7809/1990 definisce il quadro generale di una nuova impostazione dei corsi serali nell'ambito dell'istruzione professionale introducendo alcune innovazioni fondamentali (poi riprese dalla C.M. 305/1997): superamento del concetto tradizionale di classe a favore di quello di classe aperta focalizzato sul concetto dell'insegnamento per fasce di livello omogenee articolazione dei programmi secondo un impianto modulare alleggerimento del quadro orario con riferimento a quelle discipline le cui finalità possano considerarsi già parzialmente o totalmente acquisite dal corsista.

La norma fondamentale tuttavia può essere considerata il Regolamento recante norme in materia di autonomia delle istituzioni scolastiche, che attribuisce alle Istituzioni Scolastiche autonome la facoltà di realizzare iniziative in favore degli adulti mediante il ricorso a metodi e strumenti specificamente progettati, "Le iniziative in favore degli adulti possono realizzarsi, sulla base di specifica progettazione, anche mediante il ricorso a metodi e strumenti di autoformazione e a percorsi formativi personalizzati. Per l'ammissione ai corsi e per la valutazione finale possono essere fatti valere crediti formativi maturati anche nel mondo del lavoro, debitamente documentati, e accertate esperienze di autoformazione. Le istituzioni scolastiche valutano tali crediti ai fini della personalizzazione dei percorsi didattici, che può implicare una loro variazione e riduzione." (Comma 4. Art. 9 "Ampliamento dell'offerta formativa" del Decreto del Presidente della Repubblica 8 marzo 1999, n. 275 (in SO 152/L della GU 10 agosto 1999, n. 186) Regolamento recante norme in materia di autonomia delle istituzioni scolastiche, ai sensi dell'art. 21 della legge 15 marzo 1997, n. 59.).

Strategia

Attualmente non esiste una normativa specifica che consenta un efficace azione educativa sfruttando i moderni sistemi telematici; o meglio, mentre la modalità e-learning è prassi consolidata per l'istruzione universitaria (passaggio dalla criterio della frequenza obbligatoria all'acquisizione di crediti formativi), questo non accade per la scuola secondaria. Anzi, a fronte di un'incessante richiesta di formazione permanente si sta assistendo, paradossalmente, alla chiusura di tutti i corsi serali nelle varie scuole. Una sfida rilevante per l'educazione degli adulti

consiste nell'erogazione di un servizio che allo stesso tempo soddisfi i bisogni del discente adulto, dia risposte di qualità alle esigenze del mercato del lavoro e della società e stimoli un'ulteriore domanda.

Il progetto FAD nell'Istituto Superiore B. Padovano di Senigallia è partito qualche anno fa, in modalità sperimentale presso la sede associata di Arcevia, ad opera del Prof. Luciano Scattolini (ora figura strumentale responsabile della FAD c/o lo stesso Istituto). A seguito della delibera del collegio, concernente questo progetto sperimentale e in accordo con quanto le normative attuali prevedono, sono stati inseriti sia nel corso meccanico che in quello socio sanitario un limitato numero di studenti adulti, tutti in possesso di contratto di lavoro o del certificato di disoccupazione, ed ovviamente tutti maggiorenni. Il percorso didattico dei soggetti all'interno dell'Istituto è stato articolato secondo la modalità seguente:

1. Lo studente lavoratore viene convocato dal tutor per un colloquio in cui si individuano le esperienze pregresse, sia formali che informali, e si formalizza la domanda di iscrizione alla classe individuata come idonea (seguendo il criterio dei percorsi serali, ovvero primo periodo, secondo periodo e 5 anno).
2. La domanda viene portata dal coordinatore di classe all'attenzione del consiglio che, una volta esaminata ed esaminato il suo percorso formativo individua le discipline che saranno oggetto di verifica integrativa, e ne stabilisce la data.
3. Si individuano le discipline eventualmente oggetto di esonero, in quanto gli obiettivi sono già stati raggiunti dall'alunno stesso, ad esempio nel caso di aspiranti già in possesso di un titolo di studio superiore.
4. Si comunica l'esito di tale incontro al candidato, insieme al calendario degli sportelli formativi attivati.
5. Si stabiliscono le date delle prove e le loro modalità.
6. Effettuate le prove, e nel caso di un loro esito positivo, si certifica l'ingresso dello studente FAD all'interno della classe stessa; lo stesso risulta esonerato dalla frequenza, pur avendo la possibilità di accedere alle lezioni diurne come un qualsiasi studente.
7. Per lo studente FAD si predispone un calendario degli sportelli permanenti di recupero e potenziamento, riferiti alla classe stessa.
8. Ogni docente definisce le modalità di verifica del raggiungimento degli obiettivi previsti dalla programmazione didattica, ne concorda con lo studente FAD tempi e metodi.
9. Alla fine di ogni quadrimestre, sulla base delle verifiche svolte, ogni docente delle discipline individuate dal consiglio stesso avrà modo di esprimere un giudizio.

La disponibilità di ore aggiuntive a quelle di cattedra da parte dei docenti coinvolti nelle discipline è fondamentale; in questo caso questo è stato

parzialmente risolto attraverso l'utilizzo delle quote di autonomia e di flessibilità. Infatti, a fronte di una scelta che ha trasformato le canoniche ore da 60 minuti in moduli didattici da 50 minuti per dare spazio alle attività di laboratorio, si sono formati dei moduli orari in cui i docenti dell'area comune venivano pagati senza svolgere attività di cattedra (circa 3 moduli didattici per ogni cattedra completa da 18 ore). Questo quindi ci ha permesso di generare degli sportelli didattici permanenti utilizzabili sia dagli studenti per attività di recupero e potenziamento che per analoghe lezioni dedicate agli adulti, utilizzabili sia come sportello vero e proprio che per attività di verifica in presenza. Resta tuttavia il problema delle discipline di indirizzo, che essendo totalmente sfruttate in orario cattedra, non riescono a fornire ore aggiuntive per gli sportelli didattici, e questo è una delle criticità del progetto, superabile soltanto con l'utilizzo di ore aggiuntive. Peraltro sembra comunque che la linea dell'attuale Governo sia quella di incrementare l'orario di servizio dei docenti anche per svolgere attività di questo tipo.

Conclusioni

La FAD, unita ad un supporto permanente di sportelli didattici (che sarebbero facilmente attuabili attraverso l'organico funzionale ed un corrispondente aumento di flessibilità oraria da parte dei docenti) permette:

1. Di concentrare gli incontri con i docenti in giorni definiti e limitati, permettendogli così di sfruttare i permessi per il diritto allo studio e le ferie in modo efficace.
2. Di seguire il percorso di studi anche a chi per contratto lavora su più turni, modalità inconciliabile con l'attuale strutturazione del corso serale.
3. Di interagire con i docenti in modo diretto e personale attraverso una piattaforma creata ad-hoc (www.telescuola.net) e sfruttando tutti i moderni strumenti che la tecnologia ormai mette a disposizione di tutti (tablet, smartphone, PC) con indubbio vantaggio sia dal lato del docente che da quello del corsista.
4. Di consentire l'autovalutazione del corsista, in modo autonomo e responsabile, funzionale al superamento delle verifiche periodiche che, ovviamente, debbono essere svolte in presenza.
5. Di permettere una gestione del tempo legata non tanto all'attuale rigidità dell'orario scolastico, quanto alla reciproca disponibilità che consentirà un indubbio beneficio in termini di efficacia del percorso di studi.

L'idea dell'Istituto Superiore B. Padovano di Senigallia di supportare la Formazione A Distanza risponde ad un nuovo modo di concepire la formazione e l'aggiornamento professionale, in relazione alla sempre più rapida evoluzione delle

dinamiche sociali e tecnologiche e al minor tempo libero a disposizione.

Bibliografia

1. M. S.Andrade, Self-regulated learning activities: Supporting success in online courses. In: J. L. Moore, A. D. Benson (Eds.), *International Perspectives of Distance Learning in Higher Education* (pp 111-132). InTech: Rijeka, Croatia, 2012.

Capitolo 19

Gabriele è competente?

Giuseppe Valitutti
Ispettore MIUR, Università di Urbino
e-mail: gvalitutti@virgilio.it

La lezione tradizionale è in crisi e sono tante le ricerche che lo dimostrano. In uno studio sull'efficacia della lezione in classe, gli studenti furono testati al termine della stessa. Agli allievi fu concesso di consultare i propri appunti e il riassunto della lezione. Ma il risultato fu deludente: gli allievi ricordavano appena il 42% del contenuto spiegato soltanto 30 minuti prima. Nell'ambito del progetto PON-INDIRE sono stati realizzati 25 filmati che vedono protagonisti gli allievi nella progettazione, sceneggiatura e realizzazione delle investigazioni. Fra gli allievi protagonisti delle investigazioni c'è Gabriele. Dopo aver visto il film dovremo stabilire se l'allievo è competente. Per ora chiediamoci, cos'è la competenza scientifica e come si aiutano gli allievi a diventare competenti?

> "La competenza scientifica è la capacità a usare i concetti scientifici, per identificare le questioni e disegnare le conclusioni, basate sulle evidenze, e per arrivare alla comprensione e aiutare a prendere decisioni sul mondo naturale e sui cambiamenti introdotti dalle attività umane". (OECD-PISA, 1998)

Senza la motivazione ad apprendere degli studenti non si costruisce la competenza scientifica. Perciò il docente dovrà lavorare in classe per migliorare:

- l'autonomia degli studenti;
- la cooperazione continua fra gli allievi;
- la qualità delle lezioni e delle investigazioni;
- l'entusiasmo ad apprendere;
- la rilevanza dei contenuti e delle investigazioni.

173 L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 173-179)

Gli allievi costruiscono la propria comprensione attraverso l'attività mentale, che rivede, allarga e *connette* i diversi schemi mentali, dopo ogni investigazione in classe con modalità cooperativa. Gli insegnanti non possono trasferire la propria conoscenza ai loro studenti, già elaborata e organizzata. Gli studenti ricordano ciò che hanno compreso, che essi inseriscono e *connettono* nei propri schemi mentali, talvolta senza alcun riferimento a quanto spiegato dall'insegnante. I concetti, che gli studenti apprendono, dipendono da quanto già conoscono. La teoria cognitiva spiega che, se lo schema mentale ha già un reticolo denso di termini e di concetti, è più facile fare le *connessioni* necessarie per un apprendimento duraturo. Un allievo dell'educatore tedesco Prof. Martin Wagenshein (1896 – 1988) ha scritto:

> "Mi sembra di aver capito che un fenomeno comprenda sia ciò che vediamo e osserviamo, che ci procura stupore e meraviglia, sia la riflessione e il pensiero su quanto visto e toccato. Qualcosa di esterno (l'osservazione) e qualcosa dentro di noi (il pensiero e quindi la riflessione meta cognitiva su quanto osservato) si mettono insieme e diventano quello che noi chiamiamo fenomeno, che possiamo 'raccontare e spiegare'".

L'approccio meta cognitivo, con l'uso sapiente di contenuti e strategie didattiche, a qualsiasi età, mira a *rendere visibile il pensiero di ciascuno*. Gli allievi "meta cognitivi" costruiscono il bagaglio intellettuale *attraverso domande, investigazioni, problemi da risolvere e riflessioni ripetute su quanto stanno facendo con le proprie mani e le proprie menti*. La didattica meta cognitiva è un modo di fare scuola *in maniera formale*, *nelle investigazioni informali* oppure *negli interventi di recupero* e sostegno degli alunni con difficoltà di apprendimento. L'approccio meta cognitivo riserva un ruolo fondamentale all'insegnante, <allenatore e consigliere> di tutte le attività d'investigazione e di problem-solving.

Si ricorda che il tema d'italiano, la traduzione di latino e di lingue straniere, le investigazioni in laboratorio sono tipiche attività di soluzione di problemi, che comportano ripetute riflessioni meta cognitive e arricchiscono il bagaglio strategico dell'alunno. Secondo la strategia didattica, che quest'articolo propone, la classe deve diventare un *laboratorio meta cognitivo*. Gli studenti nel laboratorio meta cognitivo, ossia in classe, usano il tempo scolastico per *fare* lettura, *fare* scrittura, *fare* matematica, *fare* scienze. Il modello di laboratorio, semplice e potente allo stesso tempo, si basa sull'idea che gli studenti imparino a leggere leggendo, a scrivere scrivendo, a fare matematica e scienze risolvendo problemi teorici e/o sperimentali.

La didattica meta cognitiva si realizza in tutte le attività, in classe e fuori, quando gli allievi costruiscono le loro competenze nella lettura, nella scrittura, in matematica e in scienze. Essi devono essere messi in condizione di avere lo spazio e il tempo per riflettere e, infine, rendere visibile il proprio pensiero, attraverso la

discussione e la negoziazione dei significati. Questo potente veicolo di apprendimento, centrato sullo studente, richiede regole precise di svolgimento e permette di bilanciare le attività di gruppo con quelle individuali. Le conversazioni cliniche, che non richiedono un'eccessiva preparazione, sono il cuore del laboratorio meta cognitivo.

In ogni fase dello svolgimento di un tema, del compito di matematica o delle *investigazioni* di scienze, le domande stimolo, che possono fare i docenti allo studente, sono tre:

1. Su cosa stai lavorando?
2. Come sta andando?
3. Che cosa prevedi di fare dopo?

Le semplici tre domande dell'insegnante spostano la responsabilità del colloquio, dall'insegnante all'alunno. Per ogni domanda l'insegnante, gradualmente, amplierà i suggerimenti e farà altre domande stimolanti. Il compito dell'insegnante non è quello di spiegare e offrire il sapere già elaborato all'alunno, ma quello di aiutare lo studente a parlare, a porsi interrogativi e a costruire le proprie idee. Come possono le brevi conversazioni determinare l'apprendimento significativo dei contenuti? Le domande hanno un effetto molto importante, perché gli studenti *imparano a riflettere su quanto stanno facendo* (meta cognizione), guardano ai loro progressi, identificano gli errori, per correggerli, e *fanno capire dove sono e dove vogliono andare*. Il seguito dell'articolo si occupa della strategia didattica per costruire le competenze sull'idea centrale della chimica: il modello cinetico – molecolare della materia.

Il modello particellare

I materiali che ci circondano sono continui o sono formati da particelle microscopiche? Se il nostro mondo dovesse improvvisamente sparire, perché distrutto da un cataclisma, l'unico concetto, col maggior numero d'informazioni, da tramandare ai posteri, sosteneva Richard Feynman, è questo:

> "tutti gli oggetti sono formati da atomi [e molecole], particelle piccolissime che si muovono in ogni direzione, senza mai fermarsi"

Quali investigazioni si possono proporre per costruire il modello cinetico – molecolare della materia ossia il modello particellare?

Investigazione 1

Misura massa e volume di 20 mL di sale fino e 70 mL di acqua. La *massa* di sale

e acqua aumenta, diminuisce o rimane la stessa, dopo aver sciolto il sale in acqua? Il *volume finale*, dopo aver mescolato sale e acqua, rimane lo stesso (20 mL + 70 mL = 90 mL), aumenta o diminuisce?

Domande
Perché il sale si scioglie in acqua? È corretto dire che le particelle microscopiche di sale, dopo la dissoluzione, si sono "nascoste" fra le molecole d'acqua? C'è spazio vuoto, c'è aria oppure c'è acqua liquida fra le molecole d'acqua? Si può progettare un'investigazione analoga con lo zucchero in acqua? Se sciogli lo zucchero in acqua la massa aumenta, diminuisce o rimane la stessa? Il volume aumenta, diminuisce o rimane lo stesso? Quale altra investigazione devi progettare per convincere gli studenti che il sale sciolto in acqua non è scomparso?

Investigazione 2

L'insegnante ti consegna due bicchieri, il primo contiene acqua fredda e il secondo acqua calda. Versa in ciascun bicchiere una goccia d'inchiostro, cosa osservi?

Domande
In che cosa differiscono i due bicchieri, dopo aver aggiunto l'inchiostro? In quale bicchiere l'inchiostro si disperde più velocemente? Come si può spiegare il fenomeno?

Investigazione 3

Di fronte alla classe, l'insegnante spruzza in aria una quantità limitata di profumo. Chiede agli allievi di alzare la mano, appena sentono l'odore del profumo.

Domande
Tutti gli allievi alzano la mano insieme? Quale azione esercita l'aria? Come si può spiegare il fenomeno? Se non ci fosse l'aria, le particelle microscopiche del profumo raggiungerebbero lentamente o velocemente il naso degli allievi?

Investigazione 4

Poni per 1 ora nel congelatore (freezer) una bottiglia di plastica vuota e ben tappata.

Domande
Com'è diventata la bottiglia, dopo il raffreddamento nel congelatore? Disegna e

descrivi sul tuo quaderno l'oggetto investigato. Lascia la bottiglia fuori del freezer per circa un'ora e registra i cambiamenti. Quali sono le cause del cambiamento? Le particelle d'aria occupano un volume maggiore, minore o uguale alla temperatura del freezer oppure a temperatura ambiente? Le particelle d'aria sono più vicine o più lontane alla temperatura del freezer oppure a temperatura ambiente?

Investigazione 5

Vedere i filmati sul *modello particellare (versione multimediale)*, scaricabili dal sito: http://risorsedocentipon.indire.it. Entrati nel sito, cliccare su *Trasformazioni* e poi sul *Modello particellare versione multimediale*. Sul browser cliccare sulla voce attività. In coda alle investigazioni proposte allievi e docente discutono e costruiscono il seguente modello particellare.

- La quasi totalità dei 20 milioni di sostanze note sono formate da molecole con due o più atomi legati fra loro (sono pochi i materiali formati da atomi singoli, per esempio i gas nobili, i metalli e le leghe, come l'acciaio e il bronzo).
- Le molecole, separate da spazi vuoti, sono più o meno vicine e vengono a contatto negli urti reciproci.
- Gli atomi e le molecole occupano uno spazio, hanno una massa e sono in moto perpetuo.
- Esistono più di 100 atomi diversi, descritti dalla Tavola Periodica.
- I singoli atomi e le singole molecole hanno massa e capacità di combinazione ossia hanno proprietà chimiche ma *non possiedono le proprietà fisiche* come temperatura, colore, punto di fusione, stato fisico, conducibilità e così via, *tipiche degli oggetti macroscopici*. Non ha alcun senso chiedere a un ragazzo: qual è il colore dell'atomo d'oro? L'atomo di un metallo conduce la corrente elettrica? La molecola d'acqua è liquida, solida o gassosa?

Un utile questionario. Giudica le affermazioni che seguono con Vero (V) o Falso (F):

1. Gli atomi e le molecole sono sempre in movimento
2. Molecole e atomi hanno tutti la stessa dimensione
3. Le molecole del ghiaccio, nel freezer, sono molto fredde
4. Gli atomi e le molecole hanno massa e peso
5. Gli atomi o le molecole di una sostanza possono muoversi a differente velocità
6. Solo gli oggetti, che puoi vedere, sono fatti di molecole
7. Due sostanze diverse possono essere fatte dagli stessi tipi di atomo ma da molecole diverse

8. Due sostanze diverse possono essere fatte dallo stesso tipo di molecole ma da atomi diversi
9. Le molecole dei liquidi sono sempre più distanti di quelle dei solidi
10. Le molecole dei solidi si muovono in modo diverso che nei liquidi
11. C'è uno spazio vuoto fra le molecole dei solidi e dei liquidi
12. Le cellule sono uno speciale tipo di molecole

Quesiti concettuali

1. Gli atomi dei centesimi

a. Le monete da 1 centesimo, 2 centesimi, 5 centesimi sono fatte di atomi? Segna con una X le proprietà fisiche di un singolo atomo di rame.

___ duro ___ tenero
___ solido ___ color rame
___ molto piccolo ___ ha massa
___ sempre in moto ___ non si muove
___ freddo ___ caldo ___ lucente ___ opaco
___ contiene principalmente spazio vuoto

b. Le monete di 1, 2 e 5 centesimi sono realmente di rame? Quali investigazioni puoi progettare per rispondere alla domanda?

2. Solidi

Indica con una X gli oggetti di questa lista che sono formati da materiali solidi, a temperatura ambiente.

□ latte	□ elastico di gomma
□ aria	□ farina
□ legno	□ spugna
□ sale fino	□ olio di oliva
□ fumo	□ maionese
□ ghiaccio	□ ovatta
□ carta	□ polvere

Spiega il ragionamento che ti ha consentito di stabilire quali oggetti sono solidi.

Bibliografia

1. R. P. Feynman, R. D. Leighton, M. Sands, *The Feynman lectures on physics* (Vol. 1). Addison-Wesley: Menlo Park, CA, 1963.
2. M. Meheut, A. Chomat, Les limites de l'atomisme enfantin: experimentation d'une demarche d'elaboration d'un modele particulaire par des eleves de college. *European Journal of Psychology of Education*, 5 (4), 417-437, 1990.
3. J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, J. D. Novak (Eds.), *Assessing science*

understanding. *A human constructivist view*. Academic Press: San Diego, 2000.
4. S. Novick, J. Nussbaum, Junior high school pupils' understanding of the particulate theory of matter: An interview study. *Science Education*, 62 (3), 273 -281, 1978 .
5. J. Schwab, Education and the structure of the disciplines. In I. Westbury, N. J. Wilkof (Eds.), *Science, curriculum, and liberal education*. *Selected essays* (pp. 229-272). The University of Chicago Press: Chicago, IL, 1978.
6. C. Smith, D. Maclin, L. Grosslight, H. Davis, Teaching for understanding: A study of students' preinstruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching students about matter and density. *Cognition and Instruction*, 15 (3), 317-393, 1997.
7. M. Wagenschein, G. Horton-Kriiger, Teaching to understand: on the concept of the exemplary in teaching. In I. Westbury, S. Hopmann, K. Riquarts (Eds.), *Teaching as a reflective practice: The German didaktik tradition* (pp. 161-175). L. Erlbaum Associates: Mahwah, NJ, 2000.

Siti con materiale di scienze

http://risorsedocentipon.indire.it
wwwcsi.unian.it/educa
www.leparoledellascienza.it
http://www.itismajo.it/chimica
http://www.learner.org
http://www.exploratorium.edu
http://lamap.inrp.fr

Capitolo 20

Learning a Second Language in a Meaningful Way

Romano Firmani
Liceo Scientifico Statale "A. Orsini", Ascoli Piceno - Italy
e-mail: romano.firmani@libero.it

Introduction

Most Italian students at schools in Italy attend English classes because they are obliged to do so. Only a minute percentage of students are genuinely interested in learning the subject (although it does occur). There is no recipe for motivating students, because making the best of any situation is a personal decision. However, it is easier for students to be motivated if the subject is relevant to them and they find a value in it. Students' motivation has been found to play an important role in their learning strategies, critical thinking, problem solving, conceptual change and learning. Significant studies had been conducted on the motivation concept (Dweck & Leggett,1988; Ryan & Deci, 2000, Brophy, 2004, p. 249) defined motivation to learn as "a student's tendency to find academic activities meaningful and worthwhile and to try to get the intended learning benefits from them." The tendency to seek new challenges, to use and extend their skills, and to explore new areas as well as to learn is a component of our nature. "The construct of intrinsic motivation describes this natural inclination toward assimilation, mastery, spontaneous interest, and exploration that is so essential to cognitive and social development and that represents a principal source of enjoyment and vitality throughout life." (Deci & Ryan, 2000).

Mihaly Csikszentmihalyi to explain motivation has introduced the concept of flow. The conditions of flow include: "Perceived challenges, or opportunities for action, that stretch (neither overmatching nor underutilizing) existing skills; a sense that one is engaging challenges at a level appropriate to one's capacities." and "Clear proximal goals and immediate feedback about the progress that is being made." (Nakamura & Csikszentmihalyi, 2002) The active involvement of students and students' motivation are the pillars of the *PROFILES* project. (Bolte, Streller,

181 L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 181-186)

Holbrook, Rannikmae, Hofstein, Mamlok Naaman, & Rauch, 2012) To accept the requirements of the project involves changing the way of teaching. The teacher's priorities are firstly the students and what they learn, and thereafter the syllabus to be carried out.

The didactic approach

The students involved in this study-case attend the five years' tuition at the Liceo Scientifico and they are aged between 14 and 19. Teaching the language is of high standard if compared with the various other types of schooling. Therefore, a method engaging these four basic criteria are used:

1. The more exposure and opportunities to practice language, the better for making real progress.
2. Learning a language amounts to learning by doing. This is best accomplished by imitation and drill in the classroom where the students can see and hear the teacher. The teacher serves his students best when he/she gives them utterances in the new language to imitate and checks their imitation. Because language learning happens "as a result of the reactions among the elements that go into the crucible—the teachers and the learners" (Pawlak, Bielak & Mystkowska-Wiertelak, 2014, p. v)
3. There is nothing wrong with including material that has been previously studied, since recycling (old stuff) has been proved an efficient learning tool. In the course of their 5 years of secondary school, the 'old stuff' gradually decreases from approximately 70% to 0% in their fifth year.
4. Motivation through extra-curricular activities.

Students and their parents know that the oral test has 5 components. What follows is decisively condensed:

1. Reading/reciting. I explain that intonation varies according to the situation. The pupils become aware of this and find it entertaining being able to perceive that diversity which is constantly there but seldom noticed. I ask them to read using correct pronunciation as well as appropriate intonation. My advice to them is to listen to the recordings and repeat out loud for 10 minutes every day rather than one or two hours the day before their test.
2. Questions. Text books as well as literature set books contain dialogues and reading passages with relevant questions. The marking parameters are based on accurate grammar structures, correct pronunciation and completing sentences.
3. Translation English Vs Italian. In order to enter further into contact with the language, this testing method includes translating what has already been

recorded (old stuff). The reading is done at normal speaking speed, never at reduced speed, while the pupil verbally translates with his book closed. From the 3rd year onwards I use unseen passages (new stuff).

4. Translation Italian Vs English. Using the recycling logic I pick out certain sentences in English (40 – 50) from the text book. The pupils then match them to the text with an Italian conversion. During the test I show them the Italian version to be translated into English. The pupils may translate differently providing it is correctly translated.
5. Reciting a poem. There are two poems to be learnt by heart and recited each school year. Any poem learnt by heart but not recited receives a negative mark.

Thanks to a clearly explained methodology, the pupils, knowing exactly what the teacher expects from them, often interact in supportive groups and develop sociable relationships. Weaker students who live in small villages may even be helped by a stronger fellow student living nearby.

Motivational activities

Songs. The pupils know that if the second phase of their testing is satisfactory, they can sing their favourite song in class using an accompaniment taken from the Net. They often lack confidence and are shy, however, singing a song in front of the entire class is motivating and when I say, 'ok, now sing your song', their eyes light up with happiness. (Bolte et al., 2013) Furthermore, the students find it a stimulus to do even better when the class applauds their singing.

The game: Who wants to be a millionaire? The students are divided into groups according to the cooperative learning method. All questions are asked in English and concern history, geography, mathematics, sport, cinema, and music. All topics contain elements of great interest aimed at provoking their curiosity. Their level of attention is at its peak. (Hidi & Renninger) It is not unusual to hear a pupil saying 'Quiet or else we won't understand'. The questions often include new numbers or lexicon which I spell to them. During lessons distractions may occur but while playing the game no one loses their concentration as they know it may penalize their team.

Historock: The musical. It is a complex play and not easy to explain in just a few lines. Its name derives from a syneresis (history + rock). The original idea was inspired on the working field – the classroom. In fact, I have to thank my pupils for the reaction they had when, from a historical point of view, I presented the Irish problem and mentioned the Cranberries' song, 'Zombie'. Their level of attention immediately soared, even if for only a few minutes. They had a very similar reaction when I introduced a sonnet by W. Shakespeare and told them it was the title of one of Sting's CDs. Henceforth, Blake and Jim Morrison, J. F. Kennedy and

Simon and Garfunkel, Aung San Suu Kyi and the U2, as well as dozens of others. Through these linkages the students become far more involved in learning about William Blake, W. B. Yeats, Hemingway, etc.

Figure 1. Historock: A Rock Opera.

Taking part in this activity entails months of hard work for umpteen students. Nonetheless, many pupils compete so as to be able to participate. Parents even ask the Headmistress to put their children in my classes in order to be able to take part in this musical. The event was a great success: more than 600 spectators filled the theater.

Figure 2. In the prestigious theater Ventidio Basso.

Teaching this way means having to work harder for the same salary. Even though money is a component of the reward for the teachers, it is not all of the reward. Also students are required to a greater commitment. Nevertheless, the experience will be repeated next year. Students love this approach because besides English they may learn a way to be engaged that appeals and also a style useful for learning other subjects. Many of my students are among the best students of the school.

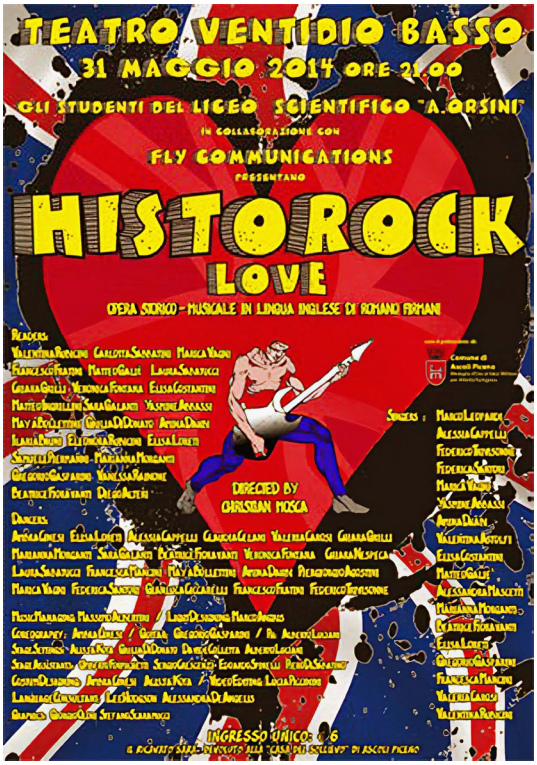


Figure 3. Historock: the poster.

References

1. C. Bolte, S. Streller, A. Hofstein, Motivation and interest. In I. Eilks, A. Hofstein (Eds.), *Teaching Chemistry – A Studybook* (pp 67-95). Sense Publishers: Rotterdam, The Netherlands, 2013.
2. C. Bolte, S. Streller, J. Holbrook, M. Rannikmae, A. Hofstein, R. Mamlok Naaman, F. Rauch, Introduction into the PROFILES Project and its Philosophy. In C. Bolte, J. Holbrook, F. Rauch (Eds.), *Inquiry-based Science Education in Europe: Reflections from the PROFILES Project* (pp 31-42). Freie Universität Berlin: Berlin, 2012.
3. J. Brophy, (2004). *Motivating students to learn*. Lawrence Erlbaum:

Mahwah, NJ .
4. C.S. Dweck, E. L. Leggett, A social-cognitive approach to motivation and personality. *Psychological Review*, 95 (2), 256-273, 1988.
5. S. Hidi, K. A. Renninger, The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41 (2), 111–127, 2006.
6. R. M. Ryan, E. L. Deci, Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology* 25 (1), 54-67, 2000.
7. R. M. Ryan, E. L. Deci, Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55 (1), 68-78, 2000, p. 70.
8. J. Nakamura, M. Csikszentmihalyi, The concept of flow. In C. R. Snyder, S. J. Lopez (Eds.), *Handbook of positive psychology* (pp. 89-105). Oxford University Press: New York, 2002, p. 90.
9. M. Pawlak, J. Bielak, A. Mystkowska-Wiertelak, Preface. In M. Pawlak, J. Bielak, A. Mystkowska-Wiertelak (Eds.), *Classroom-oriented research. achievements and challenges*. Springer: Heidelberg, 2014.

Capitolo 21

Scienza e arte: un laboratorio creativo (la tintura del cavolo)

Battistini Lorenza[1], Frattoni Pina[2], Gallina Anna[2], Celestina Crosa[2], Guardati Nadia[2], Lattanzi Cinzia[3], Stortini Silvia, Terzi Morena, Katuscia Palmili[3]

[1] TIS "E. Divini", S. Severino Marche (MC); [2]IPSIA "Renzo Frau", sede di Tolentino (MC); [3]IPSIA "Renzo Frau", Sarnano (MC)
e-mail: lorenza.battistini@yahoo.it

Introduzione

La partecipazione ad un concorso nazionale può essere la giusta occasione per insegnare le Scienze Integrate (Biologia, Chimica e Fisica) ad alunni del biennio della scuola secondaria superiore, tramite una didattica di tipo investigativo, Inquiry-Based Science Education (IBSE). In questo articolo viene illustrato il percorso fatto, ed i risultati ottenuti, con le alunne della classe II operatore della moda IPSIA "R. Frau" di Tolentino a partire dall'adesione al concorso "Adotta Scienza e Arte nella tua classe"[1]. Un approccio investigativo sperimentale di tipo interdisciplinare, promuove l'apprendimento, rendendo le scienze più familiari e quindi maggiormente accessibili, anche e soprattutto per quegli studenti che guardano con diffidenza al settore scientifico considerandolo come qualcosa di "impossibile" da comprendere. Questa importante esperienza di sviluppo professionale degli studenti, di apprendimento significativo di aspetti disciplinari e di crescita umana dimostra come anche in ambienti difficili sia possibile utilizzare un percorso istruttivo che coinvolge gli studenti in un percorso di apprendimento.

Presentazione del lavoro e discussione

Le scuole professionali vengono ritenute un terreno più difficile delle altre scuole per il poco interesse degli studenti verso le materie scolastiche. Molto spesso un docente che insegna la Chimica o la Fisica si sente dire dai suoi studenti che gli argomenti affrontati sono troppo difficili e che comunque non servono a niente. In questi contesti la sfida maggiore è quella di riuscire a catturare e sviluppare l'interesse degli alunni. La didattica laboratoriale può rappresentare un formidabile punto di raccordo tra la realtà quotidiana e la teoria a monte di essa, ovvero dal

macro al micro. Un ulteriore forte stimolo alla partecipazione e quindi al coinvolgimento, può provenire dalla partecipazione ad una gara nazionale, con il desiderio di mostrare le proprie abilità. Nel concorso nazionale "Adotta Scienza e Arte nella tua classe" viene chiesto agli studenti di produrre elaborati grafici originali, ispirandosi ad una delle 100+1 frasi di artisti e scienziati famosi fornite dall'ente organizzatore del concorso1 e di abbinarvi un personale commento in forma scritta[1]. Il lavoro svolto nell'ambito di questo progetto ha visto la produzione da parte delle allieve di "shopping bags" in cotone decorate con dipinti fatti a mano dalle allieve stesse.

Il lavoro è stato svolto a partire da alcuni ritagli di cotone i quali, dopo avere subito un processo di tintura e pittura vegetale, effettuati nel laboratori della scuola, sono state infine cuciti con l'ottenimento del prodotto finito. La proficua collaborazione tra docenti dei diversi settori disciplinari (scientifico- tecnico-umanistico) è stata con successo trasferita alle allieve, le quali sono state protagoniste attive del loro sapere, incoraggiate dalle loro docenti che hanno svolto il ruolo di facilitatrici, piuttosto che detentrici, del sapere. Il progetto ha avuto come unico filo conduttore la piacevole scoperta del sapere e del saper fare. Si è partiti promuovendo osservazioni e quesiti (brain storming) da parte degli studenti, circa il fenomeno del colore. Le principali domande emerse sono state: cosa è il colore?, a cosa sono dovuti i numerosi colori presenti nel mondo vegetale (fiori, frutti, piante)? come è possibile utilizzare questi colori per tingere e dipingere la stoffa?

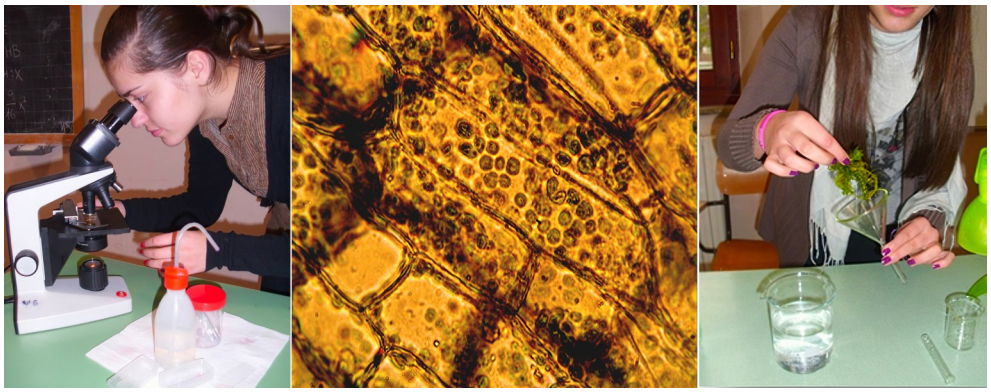


Figura 1. A sinistra l'osservazione dei cloroplasti in cellule di Elodea canadensis. Al centro Cellule di Elodea canadensis con cloroplasti. La foto è stata realizzata al microscopio ottico (40x) con obiettivo collegato alla macchina fotografica digitale. A destra la dimostrazione della produzione di ossigeno durante il processo della fotosintesi clorofilliana.

Alla formulazione dei quesiti hanno fatto seguito ipotesi volte alla spiegazione del fenomeno colore; per scoprire la validità di tali ipotesi si è proceduto alla sperimentazione (didattica laboratoriale). Le allieve hanno lavorato in coppie

eterogenee, stabilite dai docenti, in modo da potenziare le diverse abilità, favorire la collaborazione tra pari ed incentivare il lavoro di gruppo. In fisica, attraverso il disco di Newton sono stati affrontati il tema del colore e dell'interazione luce-materia. Nel laboratorio di Biologia le ragazze hanno potuto osservare i cloroplasti al microscopio e realizzare in "situ" la fotosintesi clorofilliana.

Nel laboratorio di chimica le alunne hanno effettuato l'estrazione del pigmento clorofilla dagli spinaci, ottenuto la separazione dei pigmenti attraverso la cromatografia su silice (TLC), come in Figura 2, ed infine utilizzato l'estratto grezzo per una prova di pittura su un campione di cotone bianco.

Figura 2. Prova di pittura su stoffa con estratto grezzo di clorofilla e le lastrine cromatografiche della clorofilla (TLC).

In seguito l'attenzione si è concentrata sul processo di tintura delle stoffe; in particolare riguardo l'uso, le caratteristiche principali e le proprietà chimiche di sostanze di natura vegetale quali: zafferano, indaco e cavolo rosso. Tra le numerose osservazioni e proposte delle allieve vi è stata quella di usare anche il caffè per tingere alcune stoffe.

Figura 3. La tintura con caffè e la tintura con cavolo rosso.

I coloranti di natura vegetale, si legano alle molecole della stoffa da colorare, in

maniera stabile, grazie a veri e propri legami chimici. Si tratta di sostanze che contengono molecole o atomi con elettroni capaci di assorbire luce di particolari lunghezze d'onda. I raggruppamenti di atomi che determinano tale fenomeno sono chiamati gruppi ***cromofori*** (letteralmente centri del colore). La presenza di gruppi di atomi con caratteristiche leggermente acide o basiche (detti ***auxocromi***) conferiscono alla molecola la proprietà di tingere. Qui di seguito alcuni dettagli riguardo alcuni dei pigmenti vegetali utilizzati:

> La **cianidina** (Figura 5; R_1 = OH, R_2 = H) fornisce il colore **viola** della tavolozza della natura; è responsabile del colore del cavolo rosso. Il suo colore è sensibile all'acidità dell'ambiente, in soluzione acida è rosso, ma in soluzione alcalina è blu. La **crocetina** (carotenoide acido, Figura 6), come acido libero e la croceina come glucoside sono i pigmenti presenti nel fiore di zafferano. Per procedere alla coloritura la stoffa viene immersa nella soluzione bollente contenente il colorante.

Figura 4. Tintura con zafferano e la tintura con indaco.

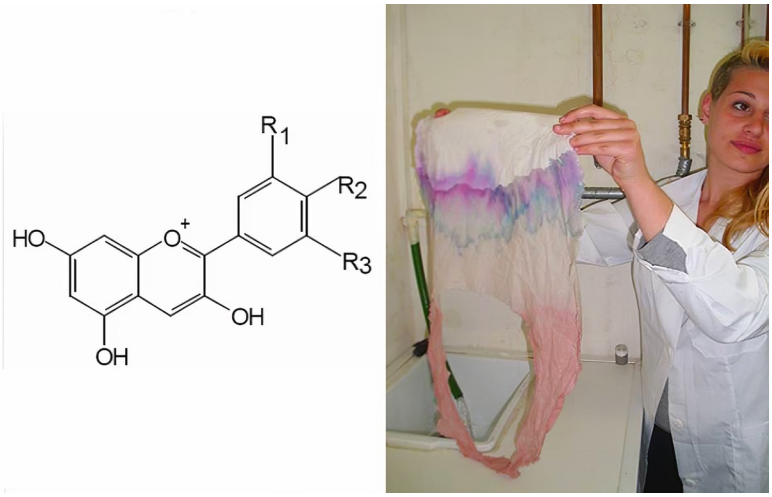


Figura 5. Il cavolo rosso ed il pigmento cianidina.

Dopo aver tinto le stoffe, il lavoro delle alunne è proseguito nel laboratorio di Tecnologie e Tecniche di Rappresentazione Grafica (TTRG) dove le ragazze sono state impegnate nel disegno, pittura (eseguita sempre tramite utilizzo di pigmenti vegetali) e cucitura delle shopping bags. Le allieve sono state parte attiva anche nella produzione dei power point relativi agli esperimenti dell'estrazione della clorofilla (Chimica e laboratorio) e sintesi clorofilliana (laboratorio di Biologia).

Figura 6. Lo zafferano ed il pigmento crocetina (carotenoide).

Figura 7. Pittura dei bozzetti ideati sui tessuti tinti o direttamente sulla shopping bag.

Conclusioni

A conclusione del progetto i risultati ottenuti in termini di attenzione, coinvolgimento e apprendimento significativo hanno superato ogni più rosea aspettativa. La valutazione è avvenuta attraverso l'osservazione sistematica dei comportamenti quali: capacità di coordinarsi, di relazionare, l'impegno, la partecipazione, ed i contributi significativi. Indicatori utilizzati:

indicatore 1: partecipazione al lavoro svolto in classe nel gruppo;

indicatore 2: puntualità ed accuratezza nell'attività
indicatore 3. ascolto, e partecipazione alla discussione generale e rielaborazione
indicatore 4: ascolto, discussione e partecipazione al lavoro di gruppo

In particolare si è tenuto conto dell'intero percorso svolto dalle allieve dall'inizio fino alla fine dell'anno scolastico, quando si è concluso il progetto. In particolare, malgrado alcuni momenti di stanchezza mostrati dalle studentesse, è stato possibile registrare un significativo miglioramento in termini di coinvolgimento e apprendimento di tutte le allieve soprattutto di quelle inizialmente disinteressate. A riprova di ciò vi è stato non solo un migliorato apprendimento di alcune discipline scientifiche, ma anche il lavoro effettuato dalle studentesse in orario extracurriculare; lavoro necessario per poter rispettare i tempi di consegna degli elaborati (borse) ai fini del concorso. Altro grande motivo di soddisfazione per le allieve è stato l'arrivo in finale di concorso di tre delle cinque shopping bags realizzate dalle ragazze, di cui una risultata infine vincitrice di secondo premio.

Figura 8. Le shopping bags realizzate dalle allieve e la borsa vincitrice del secondo premio al concorso nazionale Adotta Scienza e Arte (1° edizione).

L'impegno, il coinvolgimento e la collaborazione di numerosi docenti afferenti a discipline dell'area umanistica, tecnica e scientifica; la metodologia didattica di tipo IBSE e le numerose attività sperimentali effettuate, hanno reso possibile il coinvolgimento attivo delle studentesse. L'applicazione dei nuclei fondanti delle discipline scientifiche quali il desiderio di sapere, di sperimentare, di formulare ipotesi per poi verificarne l'esattezza, è quanto pienamente realizzato con le allieve.

Bibliografia

1. A. Zecchina, *Alchimie nell'arte*. Zanichelli: Bologna, 2012.

2. C. Bucari, P. Casali, lanari, A. *Chimica per l'arte*. Calderini Editore: RCS libri S.p.A. Milano, ristampa del 2012.
3. P. Pistarà, *chimica laboratorio*. Atlas Editore: Bergamo. Ristampa del 2008.
4. R. M. Felder, R. Brent, Learning by doing. *Chemical Engineering Education*, 37 (4), 282-283, 2003.
5. M. Fullan, System thinking, system thinkers and sustainability. In *Think scenarios, rethink education* (pp 39-51). OECD: Paris, 2006.

Siti

1. http://www.esplica.it/adotta
2. http://www.ipiasarnano.it

Capitolo 22

Fiera della scienza: Matemagica

Teresa Carloni
I.I.S. "Corridoni Campana", Osimo (AN)
e-mail: gonnelli.carloni@alice.it

Introduzione, motivazione e metodi didattici usati

Ormai da tre anni nell'I.I.S. "Corridoni-Campana" di Osimo viene attuato il progetto 'Fiera della Scienza', che coinvolge come docenti gli alunni dell'Istituto e come partecipanti/discenti gli alunni delle altre scuole e tutta la cittadinanza. Da due anni anche la matematica ha affiancato le altre discipline per stimolare l'interesse attraverso aspetti ludici o applicativi. Molto spesso lo studio della matematica si presenta arido e lontano dalla realtà. In particolare le proprietà algebriche di base vengono memorizzate senza comprenderne la motivazione, considerandole necessarie ed autoreferenziali. La ricerca di componenti ludiche permette di inserire il divertimento nell'apprendimento, stimolando i ragazzi alla ricerca di ulteriori aspetti e proprietà inaspettate, rendendoli 'ricercatori' e sperimentatori. La curiosità, la possibilità di risultare vincitori e il senso di sfida aumentano la motivazione e innescano il desiderio di partecipare. Nella tassonomia di Robert Gagné la soluzione di problemi è una componente importante dell'apprendimento: il problem solving è riconosciuto essere una abilità cognitiva di ordine superiore. Nell'ambito della Fiera delle Scienza è stato proposto a studenti dell'I.I.S. "Corridoni-Campana" di affrontare giochi di magia matematica. I principi matematici prevalentemente utilizzati sono stati:

- regole di algebra elementare, con particolare riguardo alle proprietà dell'addizione;
- rappresentazione di numeri in base 2;
- proprietà dei numeri naturali, in particolare controllo della parità;
- le corrispondenze biunivoche.

195 L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 195-200)

Dopo una dimostrazione pratica e sorprendente dei vari trucchi, gli studenti hanno avuto la spiegazione di come e perché essi funzionino, e quindi è stato discusso su come renderli più spettacolari o più complessi e difficili da scoprire. Contemporaneamente, sapendo che i fruitori avrebbero potuto avere dai cinque agli ottant'anni, i giochi scelti sono stati tarati sulle diverse fasce d'età. L'esibizione ha avuto notevole successo grazie anche alle capacità istrioniche degli studenti che si sono lasciati coinvolgere e appassionare. In particolare sono stati presentati giochi di magia matematica che hanno riscosso notevole successo. I trucchi si basano per la maggior parte su proprietà matematiche lo svolgimento delle attività è stato volutamente scelto con un grado di difficoltà elementare, ma comunque scenografico, permettendo di coinvolgere un pubblico dall'età prescolare in poi. Gli alunni coinvolti hanno preparato le attività guidati dal docente, hanno proposto essi stessi trucchi o magie con le carte o con tabelle numeriche ed hanno cooperato per comprendere le regole matematiche 'nascoste'. Ora vengono riportate alcune delle magie presentate, con la spiegazione e la soluzione.

Quale gettone è sparito? (il colore)

DESCRIZIONE: Si mette sul tavolo un numero qualsiasi di gettoni aventi le due facce di colore diverso, con una distribuzione casuale di colori. Il mago a questo punto gira le spalle e lo spettatore viene invitato a capovolgerne due alla volta quante volte vuole, anche più volte lo stesso e alla fine coprirne uno. Il mago dopo una rapida occhiata ai gettoni presenti indovina il colore della faccia superiore di quello coperto.

SOLUZIONE: Il mago prima di girarsi conta rapidamente quante facce sono presenti di uno dei due colori. Se alla fine il numero di gettoni con tale colore ha mantenuto la parità, è stata coperta una faccia di tale colore, mentre se la parità è cambiata è stata coperta una faccia dell'altro tipo.

SPIEGAZIONE: Nel rovesciare due gettoni contemporaneamente la parità del numero delle facce si mantiene: due gettoni di tipo A si trasformano in due gettoni di tipo B e viceversa, due gettoni di colore diverso se girati non fanno cambiare il numero di gettoni di ciascun colore. Se alla fine il numero delle facce del colore scelto si è mantenuto pari o dispari come all'inizio, il gettone coperto avrà tale colore, se è cambiato avrà il colore opposto.

La calcolatrice è troppo lenta!

DESCRIZIONE: Si predispongono otto strisce di cartoncino con sopra scritte cifre seguendo lo schema presentato nella Figura 1. Lo spettatore viene invitato a scegliere un numero qualsiasi di strisce e, dopo averle attaccate alla lavagna in modo che formino numeri, viene invitato a determinare il risultato della somma di

tali numeri. Il mago intanto con una sola occhiata è in grado di determinare tale valore, scrivendo addirittura il risultato da sinistra a destra!

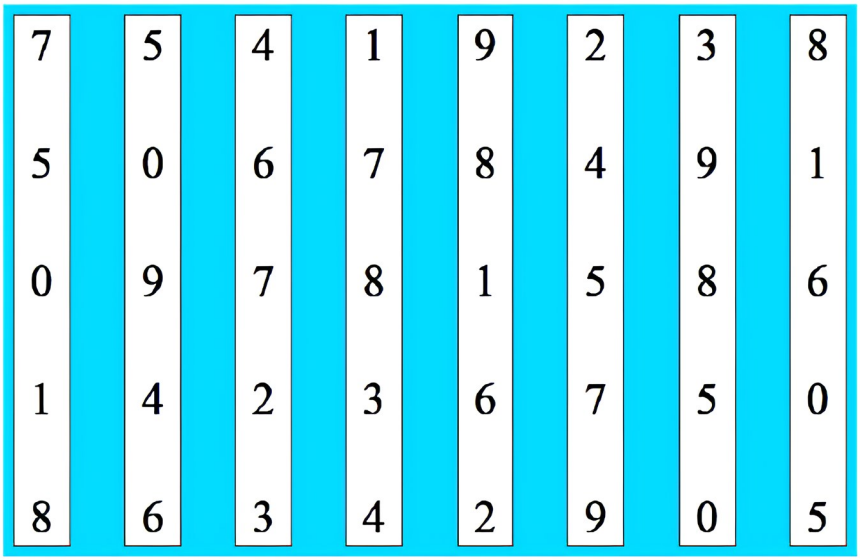


Figura 1. Otto strisce di cartoncino predisposte con cinque cifre.

SOLUZIONE: comunque siano scelte e posizionate le otto strisce, il risultato della somma dei numeri che compaiono si trova in questo modo. Scrivere:

- 2 nella posizione che precede il primo cartoncino a sinistra;
- la somma fra 2 e la cifra che, nel relativo cartoncino, occupa il quarto posto dall'alto sotto ciascuno dei cartoncini seguenti;
- la cifra che occupa il quarto posto dall'alto sotto l'ultimo cartoncino.

SPIEGAZIONE: basta riconoscere che la somma delle cifre su ciascun cartoncino è 20 + la quarta cifra, per cui il trucco è semplicemente una applicazione delle regole della somma con il riporto. Possibili variazioni: è possibile costruire tabelle in modo che la somma su ciascuna colonna sia 10 o 30 + la quarta cifra, variando in proporzione il numero di strisce in modo comunque che non ci sia mai il riporto.

Quale gettone è sparito? (le righe)

DESCRIZIONE: Il giocatore ha a disposizione dei gettoni che presentano una riga su una faccia e due righe sulla faccia opposta. Il mago volta le spalle al giocatore ed egli sceglie con quanti gettoni giocare e con quale faccia superiore

disporli sul tavolo. A questo punto conta quante righe compaiono e gira i gettoni tante volte quant'è il valore contato, anche più volte lo stesso gettone, poi ne copre uno a scelta. solo a questo punto il mago si volta ed indovina quante righe presenta la faccia superiore del gettone coperto.

SOLUZIONE: Voltandosi il mago conta il numero di righe sulle facce dei gettoni visibili, se è pari sono state coperte due righe, se è dispari ne è stata coperta una. Per essere più veloci, basta contare quanti gettoni presentano una sola riga.

SPIEGAZIONE: Ogni volta che si ribalta un gettone, il numero di righe presenti aumenta o diminuisce di 1, passando da 'pari' a 'dispari' e viceversa. Un numero pari di ribaltamenti riporta alla 'parità' iniziale, per cui se all'inizio si ha un numero dispari di righe, alla fine dopo un numero dispari di ribaltamenti ve ne saranno un numero pari, se all'inizio si ha un numero pari di righe, alla fine dopo un numero pari di ribaltamenti ve ne saranno ancora un numero pari. Il gettone coperto alla fine ha il numero di righe che ristabilisce il valore pari del risultato.

La moltiplicazione russa

DESCRIZIONE: Più che di una magia, si tratta di una tecnica di moltiplicazione utilizzata dai contadini russi sino a tempi recenti, che risulta sorprendente. Si procede nel modo seguente: si scrivono i due fattori da moltiplicare su due colonne, con il numero maggiore a sinistra. Si procede su ciascuna colonna nel modo seguente: in quella di sinistra si fanno i raddoppi successivi partendo dal moltiplicando, nell'altra si fanno dimezzamenti successivi sino al raggiungimento dell'unità. Se il numero è dispari si toglie 1 prima di dimezzare. La somma dei numeri della colonna di sinistra corrispondenti ai numeri dispari fornisce il risultato. Il procedimento è riportato in Figura 2.

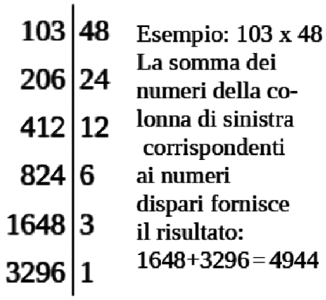


Figura 2. Esempio della moltiplicazione russa.

SPIEGAZIONE: Abbiamo ipotizzato la spiegazione attraverso l'uso della notazione binaria. $103 = 64 + 32 + 4 + 2 + 1 = 1 * 2^6 + 1 * 2^5 + 1 * 2^2 + 1 * 2^1 + 1 * 2^0 = 1100111$. Ogni volta che il numero viene raddoppiato il grado di ogni potenza di due viene incrementato di uno, e ciò corrisponde ad aggiungere uno 0 a

destra del numero dato.

1100111 + 1100111 = 11001110
48 = 32 + 16 = 1 * 2^5 + 1 * 2^4 = 110000

1100111	103	48	0
11001110	206	24	0
110011100	412	12	0
1100111000	824	6	0
11001110000	1648	3	1
110011100000	3296	1	1

Tabella 1.

Sommare gli elementi corrispondenti ai numeri dispari corrisponde a sommare i termini con valori diversi da zero e nell'incolonnamento corretto della moltiplicazione a base 2:

1100111	*
110000	=
0000000	
0000000_	
0000000__	
0000000___	
1100111____	11001110000 = 1648 +
1100111_____	110011100000 = 3296
1001101010000	4944 = 2^{12}+ 2^9+2^8+2^6+2^4

Tabella 2.

Il risultato dell'operazione 103 x 48 è 4944. Piace ricordare che questa spiegazione è originale, ed è stata sviluppata da uno studente di 15 anni e dall'Autrice.

Conclusioni

L'attività svolta ha stimolato nei ragazzi e negli spettatori la curiosità di capire come e perché funzionino e la voglia di approfondire alcuni aspetti, pur elementari, della matematica, per rendere più spettacolare e varia l'esibizione e più difficile la comprensione dei trucchi. Queste 'magie' presentate nella manifestazione la Fiera della Scienza hanno riscosso molto successo, divertendo il pubblico e i 'maghi',

come risulta dalle figure che seguono.

Figura 3. Autorità cittadine e giovani di tutte le età partecipano e si divertono con le magie della matematica.

Bibliografia

1. M. Gardner, *Carnevale matematico*. Zanichelli: Bologna, 1978.
2. F. Peiretti, *Il matematico si diverte*. Longanesi: Milano, 2010.
3. E. Peres, *Giochi matematici*. Editori Riuniti: Roma, 1986. (ristampa anastatica 2007).
4. E. Peres, *L'elmo della mente*. Salani editore: Milano, 2006.
5. E. Peres, *Matematicaterapia*. Salani editore: Milano, 2011.

Capitolo 23

L'insegnamento della Chimica analitica. Analisi volumetrica

Rosella Cocciaro, Maria Paola Vallesi
ITT "G.M. Montani", Fermo (FM)
e-mail: rosellalaura.cocciaro@gmail.com, mpvallesi@libero.it

Introduzione

Il presente lavoro è maturato in seguito al desiderio di incidere sul processo di insegnamento e apprendimento affinché l'alunno possa raggiungere una adeguata competenza professionale. Al termine del percorso di studi il giovane dovrebbe essere in grado di porsi di fronte alla realtà con precisi strumenti di conoscenza, con capacità critiche e di rielaborazione dei dati e con la capacità quindi di operare scelte consapevoli. L'esperienza presentata è relativa all'insegnamento della disciplina "Chimica analitica, elaborazione dati e laboratorio" nella classe 3° CM A indirizzo di chimica, articolazione chimica e materiali, dell'ITT Montani di Fermo. L'unità didattica, sulla quale abbiamo puntato l'attenzione, è quella relativa ai sistemi acido-base e all'analisi volumetrica con l'intento di incidere nella normale routine della didattica di uno dei nuclei fondanti della programmazione, piuttosto che focalizzare l'attenzione sulla realizzazione di progetti che da tempo caratterizzano i percorsi di studi.

Motivazione

Gli obiettivi che ci siamo poste sono il coinvolgimento attivo degli studenti nell'apprendimento per l'acquisizione delle seguenti competenze:

- progettare e realizzare attività sperimentali in sicurezza e nel rispetto dell'ambiente;
- seguire in modo critico ed attenersi ad una metodica;
- interpretare i risultati ottenuti;

- calcolare ed elaborare i dati sperimentali;
- autonomia e abilità nella soluzione di un problema di laboratorio;
- saper lavorare in gruppo;
- utilizzare tecnologie digitali per redigere una relazione;
- individuare e gestire le informazioni per organizzare le attività sperimentali.

Metodi didattici

La metodologia usata è finalizzate a valorizzare il metodo scientifico e il pensiero operativo, ad analizzare e risolvere problemi. L'approccio è basato sulla lezione frontale (che rimane sempre e comunque importante) accompagnata, di volta in volta, da tecniche di problem-solving, soluzione di esercizi e prove di laboratorio. Sperimentare il problem-solving in laboratorio significa cogliere il desiderio degli allievi di tentare soluzioni nuove e personali in modo da incrementare l'autostima delle loro abilità ed avviarli ad un processo di autonomia decisionale da noi tanto sperato.

Nel primo periodo dell'anno scolastico la trattazione della parte teorica è prevalente su quella laboratoriale perché la capacità di affrontare e risolvere problematiche chimiche passa naturalmente attraverso la conoscenza teorica di alcuni concetti di base come ad esempio il calcolo stechiometrico. Durante la lezione frontale è fondamentale coinvolgere continuamente gli studenti con domande per verificare il loro livello di comprensione, costringendoli così anche all'attenzione. Le tematiche trattate si ripercorrono più volte analizzandole sotto diversi punti di vista (grafico, matematico, ..) per soddisfare i vari tipi di apprendimento, uditivo, iconografico, visivo, riflessivo, … Al termine della trattazione è importante separare le informazioni essenziali dal resto (estrapolare le informazioni essenziali, farle emergere dal contesto, ripeterle) per facilitare l'immagazzinamento nella memoria a lungo termine.

Quando gli argomenti lo consentono, sono importanti i collegamenti con altre discipline, es: gli indicatori e Chimica organica. Per fissare meglio l'apprendimento durante la lezione teorica vengono svolti esercizi per consolidare i contenuti acquisiti.

Analisi delle difficoltà degli alunni

Dalle esperienze pregresse è nata la consapevolezza che la maggiore difficoltà degli alunni è collegare e utilizzare quanto studiato in teoria per risolvere gli esercizi, per progettare e realizzare una prova di laboratorio. Cioè la difficoltà maggiore è contestualizzare quanto acquisito in teoria per affrontare la soluzione di

un problema; alcuni alunni stentano a costruire una sequenza logica partendo dall'esame della situazione iniziale e di quella finale che devono raggiungere. Per tale motivo, prima di iniziare a risolvere un problema gli alunni sono invitati ad esporre verbalmente, partendo dall'analisi dei dati del testo, qual è la situazione iniziale, quale quella finale e quale percorso intendono seguire per raggiungerla, eventualmente, laddove necessario sono invitati a scomporre il problema in step. Questo esercizio di preliminare organizzazione del pensiero e successiva esposizione verbale costringe l'alunno a riflettere prima di scrivere formule o equazioni a volte inutili.

Per soddisfare i vari tipi di apprendimento, analitico, uditivo, riflessivo, ma soprattutto iconografico, e per facilitare il ragionamento, diminuendo l'occupazione della memoria di lavoro (working memory), durante questa fase di esposizione gli alunni sono inoltre invitati a rappresentare con dei disegni la situazione che stanno esaminando e la sequenza dei passaggi che portano alla situazione finale (es. negli esercizi con mescolamenti di acidi o basi, diluizioni, neutralizzazioni). Ad esempio rappresentare un beker con le specie chimiche in esso contenute nella fase iniziale e dopo ogni aggiunta di sostanze varie, diluizioni o mescolamenti di soluzioni. I vari disegni sono legati agli step in cui può essere suddiviso il problema ed aiutano a capire quali sono i parametri che variano in ogni step e quelli che invece restano invariati.

Visualizzare "cosa c'è nel beker" dovrebbe anche aumentare, nella fase laboratoriale, la consapevolezza e comprensione delle operazioni che eseguono, cioè la rappresentazione grafica può essere un "trait d'union" fra la teoria e l'applicazione pratica. Figura 1. Durante lo svolgimento di un problema poi gli alunni non devono pensare che la soluzione sia unica, già nota all'insegnante, e che essi dovrebbero trovare proprio quella. Generalmente si lascia del tempo al libero confronto delle varie ipotesi, rimanendo neutrali, e stimolando la classe a spingersi oltre, nella previsione delle conseguenze delle varie ipotesi. Al termine delle lezioni sono stati sempre assegnati esercizi per casa e spesso ne veniva assegnato uno, facoltativo, di una certa complessità per stimolare, soprattutto i ragazzi più capaci, a mettersi in gioco e verificare quale livello di difficoltà riuscivano a raggiungere con le conoscenze e capacità acquisite. Gli aspetti teorici dell'analisi, il calcolo stechiometrico e la parte laboratoriale si intersecano continuamente, durante la lezione si fanno continuamente richiami a questi tre aspetti.

Laboratorio: titolazioni acido-base

Lo scopo della pratica laboratoriale non è solo quello di acquisire la conoscenza di metodiche analitiche ma anche quello di acquisire una autonomia e una consapevolezza dell'operato in modo da poter affrontare le diverse problematiche che in un laboratorio potrebbero presentarsi. Fondamentale per raggiungere gli obiettivi

è il coordinamento tra l'insegnate teorico e l'insegnante tecnico pratico al fine di creare una continuità fra la parte teorica e la pratica di laboratorio, sia prima che durante le ore di lezione in compresenza. L'unità didattica sui sistemi acido-base ed in particolare sulle titolazioni acido-base è stata sviluppata nella sequenza indicata:

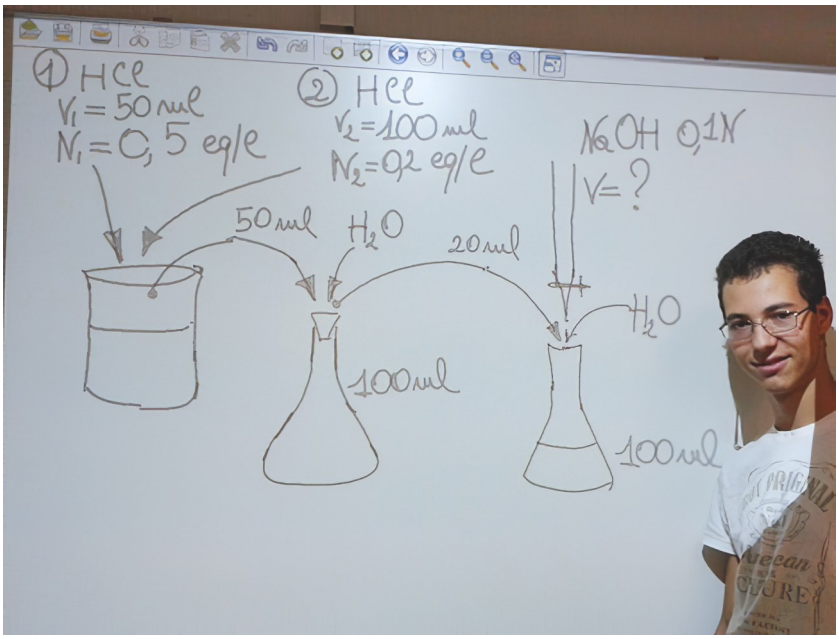


Figura 1. Esempio di ragionamento visibile.

1. L'insegnante presenta la metodica di una titolazione acido-base facendo ripercorrere agli alunni gli aspetti teorici già trattati e invitandoli ad affrontare autonomamente la parte del calcolo stechiometrico. (Viene presa in esame la preparazione di una soluzione a titolo noto, il trattamento del campione, la scelta dell'indicatore ed infine i calcoli stechiometrici.
2. Gli alunni, a gruppi di due, eseguono le titolazioni in laboratorio per acquisire manualità. Durante la prova le insegnanti dialogano con gli alunni chiedendo spiegazione del loro operato e le motivazione teoriche che giustificano le operazioni che compiono, ciò al fine di evitare che l'analisi sia un semplice lavoro manuale. (lavorare con consapevolezza).
3. Alcuni alunni preparano una soluzione di NaOH da titolare ed una di HCl a titolo noto in quantità sufficienti da consentire ai compagni di effettuare almeno due titolazioni ciascuno. La prova stimola un dialogo tra gli alunni che confrontano le procedure operative di ognuno per capire il motivo dei diversi valori di N (Normalità) ottenuti. I risultati vengono raccolti e sulla base di questi viene spiegata la teoria degli errori. Elaborando i dati delle titolazioni e

con l'ausilio di tecnologie digitali gli studenti producono la Gaussiana e calcolano l'errore. Sui valori di N che vengono eliminati si discute insieme per capire quale potrebbe essere la causa dell'errore.

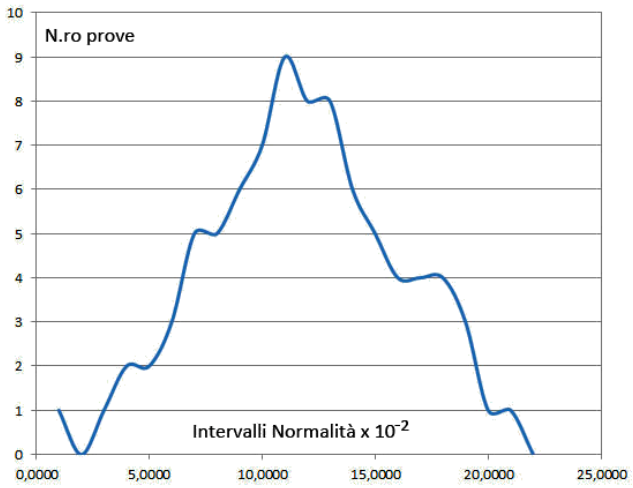


Figura 2. Distribuzione Gaussiana dei dati sperimentali.

4. Gli studenti eseguono due prove di verifica caratterizzate da una parte tecnico pratica (es. titolazione di una soluzione di HCl con NaOH a titolo, Figura 3 noto e la titolazione di una soluzione di CH_3COOH con NaOH a titolo noto, Figura 4) e una parte scritta in cui si richiedono i calcoli stechiometrici necessari alla determinazione della N dell'acido e la risposta ad alcune domande che consentono di valutare la conoscenza degli aspetti teorici legati alle procedure operative seguite durante la titolazione.
5. Gli alunni eseguono una titolazione comparativa di un acido debole e di un acido forte utilizzando un pH-metro e, sempre con l'ausilio di tecnologie digitali, rappresentano le curve di titolazione. Gli alunni sono invitati a confrontare le due curve e spiegare il motivo delle analogie e delle differenze.

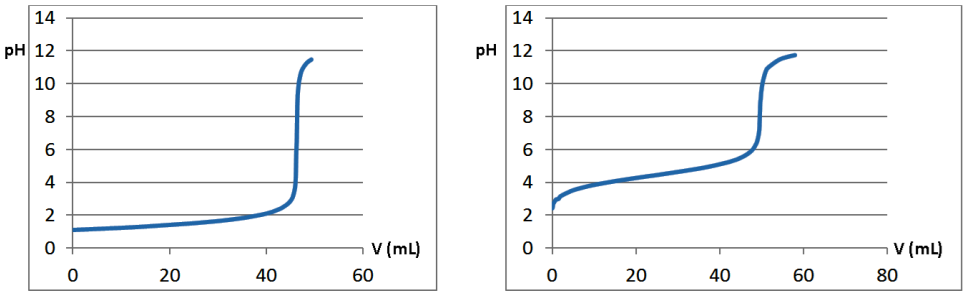


Figura 3. A sinistra titolazione HCl 0,1N / NaOH 0,1N e a destra titolazione CH_3COOH 0,1N / NaOH 0,1N.

6. Analisi di un aceto commerciale. La metodica dell'analisi è riportata nel libro di testo e l'insegnante non la commenta. Gli alunni, sempre a gruppi di due, devono studiarla ed eseguire un'analisi di prova. Successivamente sostengono una prova di verifica sulla determinazione dell'acidità dell'aceto.

Figura 4. Analisi dell'aceto: Risultato 6,7 % p/v.

7. Analisi dell'acidità del latte. Gli alunni sono stati posti difronte ad una prova di verifica sulla determinazione dell'acidità del latte.
8. Agli studenti viene chiesto di eseguire l'analisi dell'acidità del latte senza fornire loro alcuna informazione in merito, nel libro di testo questa metodica non è riportata. Gli alunni devono, autonomamente, cercare sul web la metodica o le metodiche, confrontarsi, ed eseguire la titolazione. Si vuole in questo modo sviluppare la capacità di lavorare in gruppo (cooperative learning) e l'abilità nel problem-solving.
9. Per completare l'attività svolta e non limitarla all'aspetto prettamente analitico, la classe è stata divisa in gruppi, ciascuno dei quali ha scelto un argomento relativo al latte, come ad esempio la pastorizzazione, le proteine del latte o i suoi derivati, da approfondire ed esporre poi all'intera classe.

Figura 5. Analisi del latte: Risultato 7,3 °SH.

Valutazione

Per la valutazione delle varie attività svolte dagli alunni sono state utilizzati i criteri emersi dalle riunioni per discipline e sono state elaborate le seguenti griglie di valutazione distinte per fasi. Inizialmente sono state valutate le competenze raggiunte nel calcolo stechiometrico (con verifiche scritte curriculari), in un secondo momento quelle raggiunte in ambito laboratoriale ed infine una verifica sommativa che includeva le prime due.

	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5	Livello 6	Livello7
	Assolutamente insufficiente	Gravemente insufficiente	Insufficiente	Sufficiente	Discreto	Buono	Ottimo
Voto	1, 2, 3	4	5	6	7	8	9, 10

Fase 1. Calcoli stechiometrici

Indicatori:
1. Imposta correttamente il problema.
2. Spiega i passaggi, illustra, argomenta, dimostra, rappresenta, verifica.
3. Commette errori di calcolo.

Indicatori	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5	Livello 6	Livello 7
1							
2							

Fase 2. Esperienze laboratoriali

Indicatori:
1. Partecipazione al lavoro di gruppo.
2. Capacità di comprendere autonomamente metodiche analitiche su matrici diverse.
3. Capacità di applicare autonomamente le metodiche analitiche su matrici diverse.
4. Elaborazione dei dati sperimentali ottenuti.
5. Rappresentazione grafica di tabelle e diagrammi.
6. Capacità espositiva del lavoro svolto.

Indicatori	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5	Livello 6	Livello 7
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Conclusioni

Abbiamo notato che menti fervide ed interessate apprezzano questo approccio ritenendolo stimolante e importante per la loro maturazione cognitiva. Tutti gli studenti si sono sentiti investiti di un ruolo importante, di tecnici analisti piuttosto che semplici studenti, proiettandosi così in quello che sarà il loro futuro. La collaborazione tra docenti, il positivo e costruttivo ambiente di apprendimento, il nostro desiderio di far sentire i nostri studenti artefici del loro apprendimento, riconoscendo quando se ne presenta l'occasione i loro apporti originali, contribuiscono a creare un clima ove gli studenti sono stimolati a dare il meglio. Intendiamo inoltre sottolineare che, al di là della metodologia didattica che si intende seguire, è fondamentale l'entusiasmo per il lavoro che viene svolto che può contagiare positivamente gli alunni e farli sentire protagonisti.

Figura 6. La classe.

Bibliografia

1. C. Rubino, I. Venzaghi, R. Cozzi, *Le basi della chimica analitica*. Zanichelli: Bologna, 2012.
2. A. Crea, L. Falchet, *Chimica analitica. Analisi quantitativa e qualitativa*, 2a Ed. Zanichelli: Bologna, 1993.
3. R. M. Felder, R. Brent, Cooperative learning. In P. A. Mabrouk (Ed.), *Active learning: Models from the analytical sciences*, ACS Symposium Series 970, (pp. 34-53). American Chemical Society: Washington, DC, 2007.
4. R. Ritchhart, D. Perkins, Making thinking visible. *Educational Leadership*, 65 (5), 57-61, 2008.

5. R. Ritchhart, M. Church, K. Morrison, *Making thinking visible. How to promote engagement, understanding, and independence*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2011.
6. J. Hattie, *Visible learning for teachers. Maximizing impact on learning*. Routledge: London, 2012.

Capitolo 24

Energia è … intelligenza. La nostra scuola ecocompatibile

Daniela Bianchini
I.I.S. "Corridoni Campana", Osimo, Ancona
e-mail: daniela.bianchini1@istruzione.it

Introduzione

L'attività ha avuto lo scopo di sensibilizzare le giovani generazioni verso i temi del risparmio energetico e del rispetto dell'ambiente, di educare a comportamenti consapevoli evitando gli sprechi, e di far partecipare attivamente gli studenti alla progettazione degli spazi scolastici (cittadinanza attiva).

Motivazione e metodi didattici

L'idea del progetto è nata casualmente, da una osservazione di un alunno. Negli ultimi due anni gli alunni dell'Istituto si sono autotassati per l'acquisto di tinte e materiali vari utili per ridipingere i locali dell'edificio (aule e corridoi) in condizioni igieniche deplorevoli, si sono quindi organizzati in gruppi e, muniti di pennelli e spatole, hanno ridipinto le pareti. Un ragazzo di una mia classe quarta ha formulato l'ipotesi di utilizzare l'autotassazione (2-3 euro/procapite) per l'acquisto di un pannello fotovoltaico l'anno. Nello stesso periodo è uscito un bando per la partecipazione ad un concorso dedicato agli alunni delle scuole primarie e secondarie sul tema dell'energia. Ho proposto alla classe di partecipare al concorso, sviluppando l'idea iniziale del loro compagno, lavorando però con il metodo scientifico che prevede l'osservazione, la raccolta dei dati, la formulazione di una ipotesi e la costruzione di un modello. Gli alunni hanno aderito all'idea con entusiasmo, si sono organizzati in gruppi e si sono suddivisi i compiti.

La metodologia seguita è in linea con la filosofia *PROFILES* che prevede un approccio iniziale utile a creare attesa, curiosità e motivare gli alunni alla ricerca. Lo spunto è nato dalla presentazione di situazioni note agli alunni, lavorando in un contesto socio-scientifico familiare per lo studente. La "sfida" proposta è stata

quella di rispondere alle seguenti domande: “è possibile, nel nostro piccolo, contribuire a migliorare l’ambiente scolastico, rendendolo più ecocompatibile ed evitando gli sprechi? È possibile una gestione migliore degli spazi a disposizione?” Nel primo incontro gli alunni hanno discusso sull’iter operativo da seguire, hanno quindi individuato le aree d’intervento su cui lavorare (utilizzo e consumi relativi all’energia termica ed elettrica, consumi dell’acqua, studio dell’ambiente esterno ed interno della scuola), stabilito le priorità e diviso i compiti tra i diversi gruppi, tenendo conto anche delle competenze e delle abilità di ognuno. Il primo gruppo ha svolto una ricerca sulle principali fonti energetiche utilizzate nel mondo, ha analizzato i vari tipi di pannelli fotovoltaici in commercio e fatto un confronto prezzo/durata/consumi tra le lampade ad incandescenza, al neon e a led.

Il secondo si è occupato di raccogliere le immagini dell’edificio scolastico, utilizzando le foto da satellite di Google Earth e scattando personalmente foto della facciata, del tetto e delle diverse ali dell’edificio. Gli alunni hanno contattato l’Ufficio Economato della Provincia di Ancona, da cui dipendono le scuole secondarie di secondo grado, per potere avere a disposizione le bollette relative ai consumi annuali di acqua, luce e gas. Hanno anche richiesto la mappa in scala (1:200) dell’edificio scolastico al docente Responsabile della Sicurezza allo scopo di ricavare dati sulla superficie e inviato diverse mail a ditte del territorio specializzate nel fotovoltaico, allo scopo di chiedere un parere tecnico ed avere un preventivo.

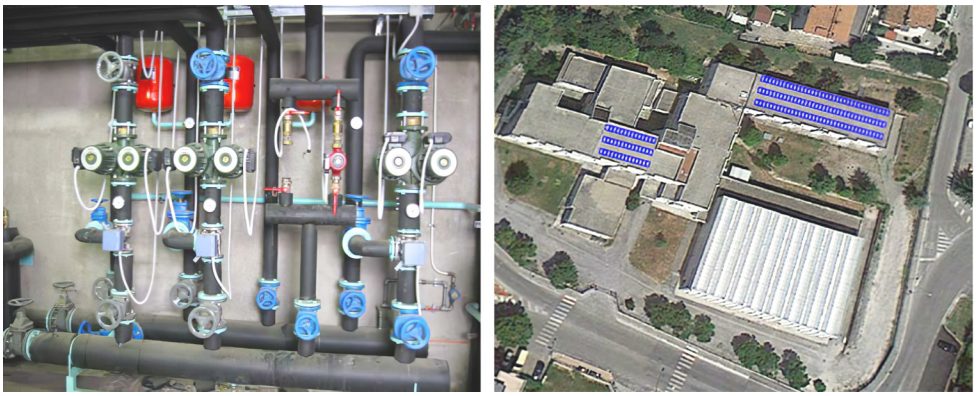


Figura 1. La centrale termica della scuola e i pannelli fotovoltaici.

Il terzo gruppo ha ipotizzato una nuova sede del Museo di Scienze della scuola, attualmente ospitato in un’aula, sfruttando un’ala dell’edificio in disuso (l’ex casa del custode) e ha fatto delle proposte per rendere più accogliente gli spazi esterni mediante la piantumazione nel giardino della scuola di arbusti della flora mediterranea, da richiedere al vivaio del Corpo Forestale delle Marche, oltre alla messa a dimora di un tetto verde sopra l’ala che ospita l’aula magna, allo scopo anche di ottenere un più efficace isolamento termico. Su alcune pareti esterne gli

alunni hanno proposto di installare dei pannelli colorati (Figura 3), removibili, disegnati dagli stessi alunni e scelti, tra le proposte presentate, da una "giuria" mista di docenti e alunni. L'ultimo gruppo di alunni, infine, ha avuto come compito il coordinamento generale e la preparazione della presentazione finale, condividendo con gli altri compagni le scelte sulla selezione del materiale da utilizzare.

Con l'ausilio di un ingegnere sono stati ipotizzati i costi per l'impianto: 34.000 euro (IVA sclusa) ed un tempo di investimento inferiore ai 7 anni. Considerando un tempo di vita medio di 20 anni, a partire dal settimo ci sarebbe un risparmio dicirca 5.000 euro l'anno sulla bolletta e un guadagno totale di circa 86.000 euro. (Figura 2)

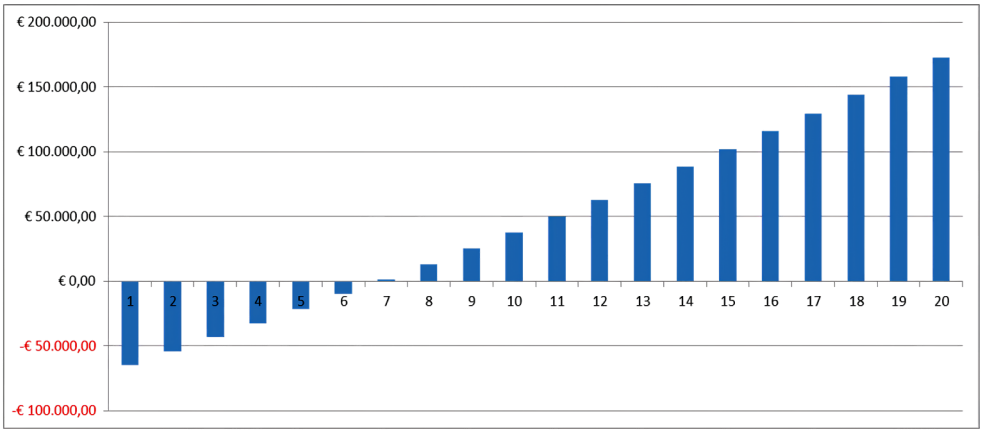


Figura 2. Il calcolo dei costi: tempo di rientro investimento < 7 anni.

Presentazione dell'esperienza e discussione

Il lavoro è stato svolto in orario curricolare ed è stato articolato in più fasi. Il lavoro di ricerca è stato molto laborioso anche per le difficoltà pratiche incontrate a scuola (il segnale internet a volte è debole e la velocità di navigazione è lenta, l'aula d'informatica non è sempre libera, il tempo a disposizione è limitato a due ore settimanali, la burocrazia dilata i tempi necessari per acquisire informazioni ...), gli alunni si sono comunque organizzati creando un apposito account di posta elettronica per la classe al fine di comunicare e condividere i risultati con i compagni. Proficuo è stato l'incontro con un ingegnere di una ditta specializzata in pannelli fotovoltaici che ha spiegato ai ragazzi come si interpretano le diverse voci delle fatture relative ai consumi di energia elettrica e termica e che ha progettato un ipotetico impianto fotovoltaico per la scuola, grazie ad un software fornito dal tecnico gli alunni sono stati in grado di visualizzare il tempo necessario ad ammortizzare nel tempo il costo iniziale

dell'impianto.

Dalla visione del programma "Geo and geo", casualmente, un alunno è venuto a conoscenza di un ortoflorovivaista under 30 che vive e lavora in una cittadina vicina ad Osimo e che ha ideato il prato "pret-a-porter", da srotolare ovunque serva. Si tratta di una vera e propria "tovaglia" dello spessore di 5-6 centimetri, basta stenderla su terrazzi, tetti e qualsiasi altra superficie, innaffiarla una prima volta e poi il prato resisterà a sole, vento e intemperie. Grazie ad una pianta particolare, il Sedum, il prato può assumere colori diversi a seconda della stagione, passando dal verde al rosso, al giallo, mentre il Garofanino di montagna lo rende molto resistente alla siccità. In questo modo le operazioni di manutenzione sono praticamente ridotte a zero e, mettendolo sul tetto, avrà funzione coibentante, garantendo il risparmio energetico. È sorta quindi l'idea di utilizzare la copertura erbosa sul tetto dell'aula magna che, per la sua posizione, risulta essere particolarmente esposta ai cambiamenti climatici stagionali , inoltre si otterrebbe anche il vantaggio di dare un "tocco" verde all'edificio, tinteggiato in grigio.

Al termine di ogni lavoro di gruppo, gli alunni si sono confrontati, hanno discusso sulle informazioni e sui dati ottenuti, hanno formulato delle proposte, vagliate e condivise da tutti. Il compito di coordinamento generale è stato svolto da alcuni ragazzi che, di volta in volta, hanno acquisito immagini, dati, idee e progetti dei vari gruppi per poterli selezionare e organizzare in un prodotto finale, una presentazione in power point. I momenti salienti del progetto sono indicati nella seguente tabella:

PRIMA FASE	**Motivazione**: discussione, problematizzazione, stesura del business plan, suddivisione del lavoro tra i gruppi
SECONDA FASE	**Acquisizione di conoscenze e abilità**: lavoro di ricerca (cooperative learning) acquisizione e analisi dei dati, proposte di intervento, interviste agli esperti, progettazione, discussione e confronto
TERZA FASE	**Consolidamento**: interpretazione dei risultati, presentazione del lavoro fatto, discussione collettiva dei dati e della loro validità, stesura del lavoro finale ottenuto grazie al contributo dei singoli gruppi

Un aspetto formativo del progetto è che gli alunni hanno preso atto dei costi elevati necessari per il funzionamento della scuola ed hanno ipotizzato l'allestimento di un piccolo impianto fotovoltaico sul tetto, i cui costi si potrebbero ammortizzare in 4-5 anni. Hanno anche rilevato alcune "anomalie" nelle bollette dell'energia, come un elevato consumo anche durante le ore notturne, dovuto ai grossi fari che illuminano il piazzale e il parcheggio della scuola, che potrebbero essere sostituiti, come i neon delle aule, con delle lampade a led. Gli alunni hanno scoperto che l'impianto termico è fatto ad "anelli" e non permette l'utilizzo di

valvole regolatrici del calore nelle singole aule, come avevano inizialmente suggerito, però è possibile una regolazione della scuola in tre blocchi, si sono quindi impegnati a registrare, nel periodo invernale, le temperature delle aule e a comunicare tempestivamente ai tecnici della Provincia le eventuali difformità (temperature in eccesso o in difetto rispetto a quanto previsto dalla legge) al fine di regolare da remoto il funzionamento dell'impianto.

Figura 3. L'ingresso della scuola.

L'isolamento termico del tetto dell'aula magna con una copertura erbosa potrebbe garantire un risparmio del 23-25 % e andrebbe a migliorare l'estetica dell'edificio, integrandolo con il territorio collinare. I rubinetti nei bagni potrebbero, con poca spesa, essere provvisti di miscelatori flusso aria-acqua, risparmiando circa il 60% di acqua (un tradizionale miscelatore da lavabo fa scorrere circa 13 litri di acqua al minuto, con alcuni miscelatori si arriva a 5 litri al minuto)

Figura 4. Il progetto del Museo.

La vecchia casa del custode, con piccole modifiche e la messa a norma degli impianti, potrebbe ospitare gli armadi e gli scaffali del Museo di Scienze.

L'accesso sarebbe possibile ai visitatori dall'esterno, mentre ora il Museo è ospitato dentro l'edificio scolastico I reperti delle diverse aree (malacologia, zoologia, mineralogia ...) potrebbero essere allestiti in uno spazio più ampio in modo più razionale, gli alunni stessi potrebbero proporsi come guide, utilizzando il locale cucina per preparare delle attività di laboratorio per le scolaresche in visita.

Conclusioni

L'attività svolta è stata molto positiva, sia per il buon clima di lavoro e collaborazione che si sono venuti a creare tra gli alunni e che ha permesso il trasferimento di conoscenze e abilità tra pari, sia per la maturazione di una maggiore senso civico (evitare gli sprechi) raggiunto attraverso la scienza, nella convinzione che l'educazione e la cultura scientifica siano molto più significative della semplice acquisizione dei contenuti scientifici. Il progetto ha inoltre permesso il potenziamento di alcune abilità pratiche (misurare, calcolare, utilizzare software di grafica ...) e la crescita di qualità personali quali la creatività, lo spirito d'iniziativa, la perseveranza, promuovendo anche la crescita sociale degli studenti attraverso il lavoro in gruppi cooperativi. Per risolvere le questioni tecniche richieste dal progetto, gli alunni si sono dovuti rivolgere a personale esterno (l'ortoflorovivaista, l'ingegnere di una ditta che produce pannelli fotovoltaici, il tecnico della centrale termica della scuola, il dirigente dell'ufficio economato della Provincia …) utilizzando, di volta in volta, registri comunicativi diversi (abilità comunicative trasversali).

È stato raggiunto l'obiettivo principale di "Educare attraverso la Scienza" (Holbrook, 2010), il giudizio finale è quindi positivo, gli alunni hanno lavorato in sintonia, aiutandosi vicendevolmente e con grande passione, con la consapevolezza di fare qualcosa di utile per l'ambiente in cui passano molte ore al giorno. Grande soddisfazione per gli alunni è stata la menzione speciale ottenuta in

occasione della premiazione del concorso sull'Energia, al quale la classe aveva partecipato e il superamento della fase regionale per la selezione alla fase nazionale.

Bibliografia

1. C. Bolte, How to enhance students' motivation and ability to communicate in science class-discourse. In H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross, P. Reiska (Eds.), *Research in Science Education - Past, Present, and Future* (pp 277-282). Kluwer: Dordrecht, The Netherlands, 2001.
2. J. Holbrook, Education through science as a motivational innovation for science education for all. *Science Education International*, 21, (2), 80-91, 2010.
3. J. Holbrook, M. Rannikmae, Contextualisation, decontextualisation, recontextualization. A science teaching approach to enhance meaningful learning for scientific literacy. In I. Eilks, B. Ralle (Eds.), *Contemporary science education* (pp. 69-82). Shaker: Aachen, Germany, 2010.
4. OECD. (2005). *The Definition and Selection of Key Competencies. Executive summary*. (Retrieved 20th June 2012) from: http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/ 35070367.pdf
5. L. S. Vygotsky, *Mind and society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press: Cambridge, MA, 1978.

Capitolo 25

Progetto didattico PBL. Il problema di Giovanni

Francesca Vergine
Liceo Scientifico Statale "G.Galilei", Perugia
e-mail: effevergine@gmail.com

L'inquinamento dell'aria, della terra e dell'acqua ha ormai coinvolto tutto il pianeta e se l'uomo non troverà presto qualche rimedio, le conseguenze saranno irreparabili….

Molto spesso gli studenti sentono parlare di inquinamento dai media, lo studiano sui libri e ne conoscono le cause, ma altrettanto spesso lo ritengono un problema lontano dal loro quotidiano, un problema delle grandi città. Chi come me e i miei studenti vive in una cittadina della verde Umbria è convinto di vivere in un contesto salubre e lontano dall'inquinamento prodotto dalle auto, dal degrado ambientale e dall'eccesso di rumori.

Il contesto

La sperimentazione è avvenuta in una quarta classe del Liceo Scientifico Statale "G. Galilei" di Perugia, composta da 24 studenti. Il modulo didattico, che ha costituito la base della ricerca, era inserito nella tematica dell'inquinamento o, più in generale della chimica ambientale, preceduto e seguito da altri moduli (ph, acidi e basi, titolazioni, ..) condotti sia con tecniche di didattica laboratoriale che con lezioni tradizionali.

La metodologia

La metodologia ha seguito l'approccio costruttivista o apprendimento basato sui problemi (PBL, *Problem Based Learning*) che, rispetto alla lezione tradizionale – in cui spesso si insegna molto e si apprende poco –, consente di

 L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 219-229)

apprendere molto, insegnando poco. L'azione didattica ha inizio con un problema reale da risolvere proposto in modo tale che gli studenti abbiano necessità di acquisire nuove conoscenze prima di poterlo risolvere. Piuttosto che cercare un'unica risposta corretta, gli studenti interpretano il problema, raccolgono le informazioni necessarie, identificano le possibili soluzioni, valutano le opzioni e presentano le conclusioni. PBL è un ambiente di apprendimento che può avere due aspetti rilevanti: da un lato *favorisce l'imparare ad imparare* degli studenti stimolandone l'interesse e la motivazione e dall'altro stimola l'*interazione sociale*, le *abilità organizzative* e la capacità di *problem solving*.

Indubbiamente l'apprendimento cooperativo del PBL è un'innovazione rispetto ai metodi cosiddetti "tradizionali", anche se l'applicazione in ambiente scolastico non può essere totale né troppo estensiva. L'apprendimento è facilitato in quanto l'allievo viene messo nelle condizioni di trovare soluzioni a problemi basati sul mondo reale. Come base di partenza per l'acquisizione della nuova conoscenza viene attivata la conoscenza già esistente, mentre la nuova da acquisire viene dimostrata e poi applicata per essere infine integrata nel mondo preesistente dell'allievo.

Finalità

Offrire agli studenti maggiori opportunità per pensare criticamente, presentare le proprie idee originali e comunicare *Scienza* ai compagni.

Obiettivi

- Acquisizione di conoscenze sulle diverse forme di inquinamento chimico sul territorio e sulle loro cause.
- Potenziamento del lessico specifico.
- Progettazione di attività utili all'interpretazione del problema.

Il processo

Ho presentato agli studenti il "caso" del sig. Giovanni dopo che già da qualche settimana ne avevo stimolato la curiosità chiedendoli di aiutarmi a risolvere un problema piuttosto delicato. Gli studenti, divisi in quattro gruppi, hanno discusso il problema del sig. Giovanni e ne hanno elencato le parti significative. Consapevoli di non saperne abbastanza da risolvere il caso, hanno accettato la sfida!

Tempi e ruoli

Il lavoro ha richiesto circa due mesi di tempo per essere completato; durante le varie fasi dei lavori il mio ruolo non è più stato dirigenziale, ma di supporto, di guida, di consigliere, di una persona che sta vivendo essa stessa un percorso formativo. Nel ruolo di *insegnante-coach* ho evitato di comunicare informazioni puntuali, ma ho aiutato il gruppo ad organizzarsi e ad assumersi progressivamente la responsabilità delle proprie attività, intervenendo nel lavoro solo quando ritenevo la qualità della discussione non più produttiva per i membri del gruppo, cercando di fornire nuovi spunti di ricerca.

Il lavoro legato all'analisi di un problema ambientale è molto vicino alla nostra realtà, perché alcuni di noi possiedono una casa sul lago Trasimeno o lo frequentano, specialmente durante la stagione calda; ciò ha stimolato gli studenti ad assumere un ruolo attivo, a formulare domande e cercare soluzioni andando oltre l'apprendimento mnemonico. La natura del progetto, l'eterogeneità del gruppo, anche come dislocazione fisica nel territorio e la necessità di comunicare tra loro e con l'insegnante, ha portato inevitabilmente all'utilizzo degli strumenti tecnologici per agevolare la pianificazione del lavoro, la collaborazione con gli altri componenti del gruppo e la realizzazione del progetto stesso.

Usare la posta elettronica, ricercare informazioni su Internet, lavorare su fogli di calcolo, creare presentazioni per condividere idee, elaborare documenti complessi, realizzare simulazioni: in questa prospettiva, anche gli strumenti tecnologici si sono modificati da oggetto di apprendimento in quanto tali, a supporto naturale per la condivisione e la trasmissione del sapere. Questo lavoro è stato la conferma di ciò che tutti noi insegnanti sappiamo da tempo: gli studenti si impegnano maggiormente nello studio se hanno la possibilità di approfondire problemi complessi, stimolanti, vicini a situazioni reali e tali da permettere di confrontarsi con la vita fuori della classe.

Il caso da risolvere. Dal lavoro in gruppo al lavoro di gruppo

Giovanni lavora in una città metropolitana, ma coltiva il sogno di ristrutturare la grande casa del nonno materno sulla riva del lago e viverci con la sua famiglia. Fin da ragazzo, Giovanni, infatti, trascorreva le vacanze nella casa del nonno e sognava di avere un giorno una fattoria tutta sua, di godere la vita all'aperto allevando trote. Anche la moglie ne è entusiasta ed ora che entrambi sono vicini alla pensione e possono realizzare il loro sogno, hanno iniziato a progettare il loro futuro da allevatori di trote sfruttando così le opportunità offerte dalla natura. Un giorno gli capita di leggere su una rivista, un articolo dal titolo

inquietante Laghi e fiumi sono in un mare di guai: il giornalista che aveva condotto l'indagine denunciava parecchi problemi legati all'ambiente per quanto riguarda l'inquinamento dell'acqua sia organico che chimico. In particolare affermava che l'accumulo di elementi come l'azoto e il fosforo era la causa del fenomeno dell'eutrofizzazione, cioè la proliferazione di alghe microscopiche che, non essendo smaltite dai consumatori primari, determinavano una maggiore attività batterica aumentando così il consumo di ossigeno, che viene a mancare ai pesci provocandone la morte. Dallo studio affermava che, tra i più grandi laghi, quelli in condizione di salute peggiore sono quello di Varese e il lago Trasimeno i quali, per quanto riguarda la superproduzione di alghe e di piante acquatiche, si trovano al terzo e al settimo posto nella graduatoria dei laghi italiani più malati. Questa notizia ha preoccupato molto Giovanni che aveva sperato di realizzare un'azienda che garantisse un tranquillo futuro non solo a lui e sua moglie, ma anche ai suoi figli. Giovanni e sua moglie si sono rivolti ad un'agenzia di ricerca ambientale per un parere tecnico: vogliono assicurarsi di investire bene i loro risparmi.

Questo è il caso che ho presentato agli studenti: a ciascun allievo ho fornito una fotocopia del problema chiedendo loro di scrivere un aspetto che avrebbe potuto o voluto indagare. Successivamente sulla base delle preferenze espresse, la classe si è divisa in 4 gruppi: ai gruppi costituitisi spontaneamente sulla base delle relazioni esistenti nella classe, ho apportato qualche piccolo cambiamento cercando di integrare soggetti con caratteristiche e peculiarità diverse per favorire la creazione di legami intensi e significativi all'insegna *del collaborativo incoraggiamento, dell'avvalorabile sostegno e del fattivo ed indispensabile aiuto*.

Ciascun gruppo ha nominato:

- Un leader: pianifica le attività e garantisce che tutti i membri del suo gruppo siano consapevoli dell'impegno e siano pronti a rispettarlo.
- Un segretario: stende brevi relazioni sugli incontri del gruppo, tiene i contatti con tutti i membri del gruppo stesso, relaziona all'insegnante sullo stato di avanzamento dei lavori.

Nel primo incontro il gruppo riconsidera l'aspetto del problema che ha preso in esame, ne condivide l'obiettivo e divide le aree di ricerca. I gruppi presentano report provvisori settimanali all'insegnante a cui avanzano dubbi o richieste per la prosecuzione dei lavori. Alla data prefissata ciascun gruppo presenta il report finale del proprio lavoro con le conclusioni trovate. Nel caso del sig. Giovanni i gruppi si sono organizzati nel modo che segue.

Organizzazione

Gruppo	Definizione del problema	Obiettivi del gruppo di lavoro	Planning organizzativo
1	Esaminare l'acqua del Trasimeno facendo dei prelievi e analizzandoli in laboratorio. Confrontare i nostri dati con quelli pubblicati dall'ARPA-Agenzia Regionale Per la Protezione ambientale dell'Umbria.	Quali sono gli elementi chimici normalmente presenti nell'acqua? Su quali parametri chimico-fisici un'acqua è giudicata inquinata?	Ricerca bibliografica sulla valutazione della qualità delle acque di un lago. Ricerca bibliografica sulle tecniche e gli strumenti utili a svolgere una valutazione di qualità delle acque del Trasimeno. Ricerca di informazioni sul territorio. Analisi delle informazioni e risposta al problema.
2	Valutare la qualità ambientale del territorio del lago Trasimeno.	Ricercare indicatori di qualità ambientale. Valutare la consistenza di questi parametri nei dintorni del Lago Trasimeno.	Ricerca bibliografica sulla valutazione della qualità dell'ambiente e delle sue risorse Ricerca bibliografica sulle tecniche e gli strumenti utili a svolgere una valutazione di qualità ambientale Ricerca di informazioni sul territorio. Analisi delle informazioni e risposta al problema.
3	Quale difficoltà rappresenta l'eutrofizzazione del lago Trasimeno per un allevamento ittico? Esistono delle specie ittiche meno sensibili al fenomeno dell'eutrofizzazione?	Identificare la redditività di un allevamento per le carni o per la pesca sportiva. Identificare la specie più adeguata per l'allevamento a fini commerciali e/o produttivi presso il lago Trasimeno.	Ricerca bibliografica sulle specie di pesci lacustri. Ricerca bibliografica sui fenomeni eutrofici. Analisi e definizione di possibili soluzioni al problema eutrofizzazione. Analisi della miglior soluzione su allevamento per le carni o per la pesca sportiva. Identificazione delle specie per l'allevamento.
4	Eutrofizzazione del lago Trasimeno: mezzi di depurazione con relativi costi	Ricercare documentazione utile per valutare le dinamiche degli inquinanti Analizzare la possibilità e i costi di un impianto di fitodepurazione delle acque del lago Trasimeno prospicienti la proprietà del sig. Giovanni.	Ricerca bibliografica sui cicli biochimici degli inquinanti. Ricerca bibliografica sulle tecniche di fitodepurazione degli specchi di acque dolci. Ricerca di informazioni sul territorio. Analisi dei possibili scenari risolutivi. Risposta al problema.

Lavoro a scuola

Gruppo		Attività
1	Uscita sul Lago Trasimeno e raccolta delle acque da zone differenti.	Valutazione della trasparenza Valutazione del pH. Valutazione dell'O_2 disciolto con il metodo di Winkler. Analisi colorimetriche per la valutazione del ferro, dei fosfati e dei nitrati. Analisi della durezza.
2	Studio della qualità ambientale mediante indicatori biologici.	Ricerca bibliografica sugli indicatori biologici Intervista alla prof.ssa R. Pascolini del dip. di biologia cellulare ed ambientale dell'Università degli Studi, che si occupa dei bioindicatori.
3	Esistono delle specie ittiche meno sensibili al fenomeno dell'eutrofizzazione?	Ricerca bibliografica sulle specie di pesci lacustri. Intervista al prof. M. Lorenzoni, coordinatore del Laboratorio Ittico del Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia.
4	Eutrofizzazione del Lago Trasimeno:mezzi di depurazione con relativi costi.	Ricerca bibliografica sul fenomeno dell'eutrofizzazione. Ricerca bibliografica sui più comuni impianti di fitodepurazione.

Conclusioni

Nell'ultimo incontro i gruppi si confrontano sulle conclusioni delle loro ricerche; emerge un quadro piuttosto complesso dello stato ambientale del Trasimeno.

Il Lago Trasimeno, di origine tettonica-alluvionale, è situato ad una quota di 256 m s.l.m. e presenta una superficie di 118 km^2, attualmente con una profondità massima di 4,5 m circa. Le acque del lago sembrano pulite, ma spesso le alterazioni della qualità dell'acqua sono temporanee e saltuarie (Pascolini): la sua ampia superficie e la scarsa profondità influenzano in modo determinante il trofismo e le condizioni ambientali. Una profondità così modesta, infatti, determina un continuo rimescolamento delle acque ad opera dei venti, non permettendo una vera stratificazione termica. Inoltre, il livello delle acque è molto variabile ed è strettamente connesso sia con l'alto tasso di evaporazione, favorito dall'ampia superficie, che con le precipitazioni annue (Dragoni 1982). Ma evidenze sperimentali confermano che il Lago Trasimeno è solo apparentemente salubre: difatti negli ultimi decenni si è assistito ad un rapido declino, dal 70% al 30%, delle popolazioni di molte specie di anfibi, principalmente Anuri (Rane, Rospi, Raganelle, ecc.) con ripercussioni gravissime su l'intero ecosistema lacustre.

La progressiva scomparsa delle rane, che come sappiamo sono insettivori, ha causato nell'intera fascia rivierasca del Lago Trasimeno, negli ultimi anni,

intensi sfarfallamenti di Ditteri-Chironomidi, che provocano forti disagi ai residenti e al comparto turistico. Le rane, come descrittori biologici, o meglio la loro sensibile diminuzione, indicano situazione complessiva dell'ecosistema lacustre piuttosto preoccupante. La forte crisi idrica negli ultimi anni piove mediamente ha causato un eccessivo riscaldamento delle acque del lago e, quando in estate le temperature raggiungono i 30°C, specie come le trote muoiono. Oltretutto, questo aumento di temperatura favorisce lo sviluppo di flora nel fondale, flora che alimenta ancor di più il fenomeno rendendo le acque torbide, in questo modo la vita dei pesci predatori è più difficile, in quanto ostacolati alla caccia. Si potrebbe pensare ad allevare nelle acque del lago un pesce come la tinca perché è una specie autoctona e vive bene anche in acque calde.

La tinca ha anche bisogno di fondali melmosi in quanto in inverno vi si rifugia per combattere le basse temperature e ad alimentarsi di benthos, comunque essendo onnivora si adatta bene anche al mangime. Questo però ostacolerebbe il buon funzionamento di un impianto di depurazione delle acque perché la tinca smuovendo i fondali alza la coltre melmosa provoca un aumento di torbidità e condiziona il rendimento depurativo dell'impianto. Dal dibattito emerge una soluzione sufficientemente contenuta nei costi e negli spazi e che risponde sia ad esigenze commerciali (alimentazione e attività sportiva) che ambientali (ripopolamento del lago).

L'impianto proposto prevede una nursery per la schiusa delle uova; i giovani avannotti saranno trasferiti in vasche di allevamento sino al peso di circa 300 g e destinati al mercato alimentare. Alcuni esemplari saranno fatti crescere e sfruttati per la riproduzione per il ripopolamento della specie, in quanto nel lago Trasimeno (e nei laghi chiusi in generale) le specie devono continuamente essere reintrodotte altrimenti andrebbero a scomparire. La Regione Umbria stanzia annualmente un rimborso per chi contribuisce al ripopolamento del Trasimeno con specie autoctone. Gli esemplari più vecchi saranno destinati alla pesca sportiva. La soluzione proposta è presentata in un filmato realizzato in un intergruppo composto dagli studenti con migliori competenze informatiche.

Valutazione

Gli studenti sono stati informati preventivamente sulle modalità di valutazione della prova, la sua finalità e hanno potuto prendere visione delle schede di valutazione predisposte. L'intento è quello di attivare quei processi di autovalutazione che consentano agli studenti di individuare i propri punti di forza e di debolezza e quindi migliorare il proprio rendimento. Per la valutazione del profitto degli studenti sono state adottate delle tabelle per tutte le fasi del progetto.

Tabella di valutazione del lavoro di gruppo

Gruppo .....

nome	Rispetto delle consegne nel lavoro individuale	Attenzione prestata al lavoro dei compagni	Rispetto delle consegne e dei tempi nel lavoro di gruppo	Autonomia nell'organizzazione del lavoro	Capacità di relazione nel gruppo

1. ASSENTE = 0
2. QUALCHE VOLTA = 1
3. SCARSO = 2
4. APPENA SUFFICIENTE = 3
5. ADEGUATO = 4
6. BEN GESTITO = 5

Valutazione dei report

I report dell' attività di gruppo (intermedi o finale), sarà valutato in base a criteri qualitativi predeterminati con l'attribuzione di un peso uguale per tutti i suoi membri, secondo i seguenti punteggi da 1 a 3:

1. il report rappresenta l'esame dei punti fondamentali della ricerca = 1
2. il verbale rappresenta l'esame dei punti fondamentali della ricerca, raccoglie i contributi del gruppo ed evidenzia le idee assunte = 2
3. il verbale rappresenta l'esame dei punti fondamentali della ricerca, raccoglie i contributi di tutto il gruppo, ed evidenzia le idee valutate e quelle assunte = 3

Per la valutazione del report finale del gruppo si è ritenuto essenziale individuare degli indicatori di valutazione del prodotto che si riferiscono a categorie più generali riconducibili a dimensioni dell'intelligenza: cognitiva, pratica, relazionale-comunicativa. Si ritiene che possano essere esempi di indicatori adatti a molte categorie di prodotti i seguenti:

1. proprietà nell'uso del linguaggio tecnico specifico e correttezza della lingua (cognitiva);
2. pertinenza, funzionalità e applicabilità della proposta elaborata rispetto alla complessità della situazione descritta (pratico-organizzativa);
3. equilibrio efficienza/efficacia; costo/beneficio; prezzo/qualità (cognitiva-pratica);

4. chiarezza e completezza nella definizione della proposta (relazionale-comunicativa).

Ognuna delle quattro dimensioni viene valutata su una scala da 1(appena sufficiente) a 3(ottimo).

Finalità

Il riconoscimento di eccellenza può essere attribuito secondo un apprezzamento di tipo qualitativo che tenga conto della presenza/assenza nella prova delle seguenti dimensioni, al massimo livello:

Pertinenza, accuratezza, originalità della soluzione proposta	1	0
Capacità argomentativa, riflessiva e critica	1	0

Gruppo N°…….. Nome……
Hai letto Il problema di Giovanni? SI NO
Ti ha incuriosito? SI NO UN PO'
QUALI CONOSCENZE POSSEDEVI SULL'ARGOMENTO?
……
……
……

QUALE RUOLO RICOPRI NEL GRUPPO?
1. CAPOGRUPPO
2. VERBALIZZANTE
3. PORTAVOCE
4. RACCOLGO LE INFORMAZIONI IN
   1. INTERNET
   2. BIBLIOTECA
   3. ARTICOLI DA RIVISTE
   4. INTERVISTE AD ESPERTI
   5. ALTRO ……..

La tematica affrontata ti è sembrata:
1. poco rilevante;
2. molto rilevante.

Il metodo di insegnamento/apprendimento proposto ti è sembrato:
1. stimolante ma poco efficace;
2. stimolante e molto efficace;
3. poco stimolante e poco efficace;

4. poco stimolante e molto efficace.

Il metodo di insegnamento/apprendimento ha incontrato il tuo stile di apprendimento (*possibile più di una risposta*):
1. si;
2. no;
3. è stata una esperienza nuova che ripeterei;
4. è stata una esperienza nuova ma che non ripeterei;
5. non è stata una esperienza nuova.

L'esperienza fatta in termini di apprendimento **ha/non ha** modificato le tue precedenti conoscenze in modo da incidere sul tuo metodo di studio;
Come ti sei sentito durante questa esperienza (*possibile più di una risposta*)
1. a mio agio;
2. a disagio;
3. in ansia;
4. in competizione;
5. con paura di sbagliare;
6. attivo;
7. passivo.

Riflessioni e proposte ……
……
……

Benefici e sfide

I benefici ottenuti con l'adozione di questo metodo di apprendimento sono numerosi: quando gli studenti sono impegnati a condurre in prima persona il loro apprendimento, migliorano le capacità di ricerca e di osservazione, rispetto a ciò che accade nelle lezioni tradizionali; inoltre la necessità di lavorare in gruppo, insegna loro a collaborare, ad ascoltarsi, a comunicare l'uno con l'altro nella consapevolezza di essere ciascuno parte di un sistema più complesso. Il mercato del lavoro è alla ricerca di personale qualificato, in grado di mettere in pratica quanto appreso teoricamente, ma soprattutto in grado di raggiungere obiettivi lavorando in equipe. Proprio il PBL, con il suo metodo, può essere lo strumento necessario per sviluppare queste competenze negli individui. È anche vero che le sfide da superare sono molte: l'apprendimento per problemi richiede molto tempo sia per l'organizzazione che per la gestione. Molti docenti preferiscono attenersi alla tradizione piuttosto che impegnarsi a sperimentare una didattica alternativa.

L'interdisciplinarietà sarebbe un presupposto importante per lavorare per problemi, ma molti insegnanti ritengono ciò un cambiamento troppo "audace" rispetto al metodo tradizionale monodisciplinare: ciò disorienta gli studenti che, non essendo abituati a costruire il proprio percorso di apprendimento, hanno delle difficoltà quando gli viene richiesto loro di farlo. In realtà operare per problemi, non deve né può significare abbandonare tutto quanto tradizionalmente fatto e studiato nella scuola; il patrimonio didattico di base di ciascun insegnante rappresenta una risorsa, un terreno di innesto del processo di cambiamento, di crescita e di trasformazione che accompagna l'evoluzione del docente e del discente.

Bibliografia

1. J. Birner, Il piacere di imparare. http://www.academia.edu/10342288/il_piacere_di_imparare
2. R. M. Felder, R. Brent, Cooperative learning. In P. A. Mabrouk (Ed.), *Active learning: Models from the analytical sciences*, ACS Symposium Series 970, (pp 34-53). American Chemical Society: Washington, DC, 2007.
3. J. Menthe, I. Parchmann, Getting involved: Context-based learning in Chemistry education. In M. Kahveci, M. Orgill (Eds.), *Affective dimensions in Chemistry education* (pp. 51-67). Springer: Heidelberg, 2015.
4. M. J. Newman, Problem based learning: An introduction and overview of the key Features of the approach. *Journal of Veterinary*, 32 (1), 12-20, 2005.
5. Problem based learning. Appredimento basato sui problemi. http://www.studygs.net/italiano/pbl.htm
6. A. Stefanini, Le emozioni: patrimonio della persona e risorsa per la formazione. Tesi di dottorato: http://paduaresearch.cab.unipd.it/2821/1/Ambra_Stefanini_-_Tesi_di_Dottorato.pdf
7. K. Tavakol, E. A. Reicherter, The role of problem-based learning in the enhancement of allied health education. *Journal of Allied Health*, 32 (2), 110-115, 2003.

Capitolo 26

ValorizziAMOci – Amor sacro Amor profano

Chiara Falessi
Liceo Scientifico "Vito Volterra" – Fabriano
e-mail: c.falessi@liceoscientificofabriano.it

A Fabriano, intorno a san Venanzio, Cattedrale della città, il 6 giugno 2014 è stata una giornata importante: ha infatti avuto luogo l'evento "ValorizziAMOci – Amor Sacro Amor Profano" preparato dai ragazzi del Liceo scientifico "Vito Volterra". Ho avuto l'opportunità di seguire il progetto da vicino, in qualità di referente, e credo sia interessante proporre una sorta di narrazione, per certi versi multifocale, del progetto.

Figura 1. La maglietta e i banner ideati dagli studenti per i partecipanti al progetto.

ValorizziAMOci è apparso da subito un progetto *sui generis*: in modo particolare, nascendo come iniziativa di un gruppo di studenti di classi e anni diversi dell'Istituto, ha avuto un forte appeal fra i ragazzi che hanno garantito impegno e partecipazione sempre crescenti (infatti, da un nucleo iniziale di 5-6 studenti, il progetto ha coinvolto ben più di 80 liceali), nonostante la concomitanza con la fine dell'anno scolastico (con la stanchezza e le tensioni che accompagnano questo periodo).

Questa peculiarità si è, ovviamente, riverberata sul ruolo da me ricoperto: mi sono spesso trovata a motivare gli studenti, ma non nell'accezione generalmente riservata da noi insegnanti a questo termine. Infatti, più che a spronare, mi sono trovata a convogliare entusiasmo ed energie, creando una struttura solida ma comunque flessibile di gruppi e capi-gruppo (per ogni settore necessario alla realizzazione dell'evento) affinché gli studenti potessero lavorare concretamente ma in modo autonomo. Inoltre, è da notare come questi ragazzi abbiano voluto contare solo sulle proprie forze, declinando aiuti esterni (studenti di altre scuole, professionisti, associazioni cittadine), a meno che non fossero effettivamente necessari per disposizioni legislative (ad esempio, le norme relative alla somministrazione di alimenti e bevande per l'happy hour) o per conoscenze tecniche (la regia e la gestione di audio e luci durante lo spettacolo).

Figura 2. Lavorando alle diverse aree del progetto.

Figura 3. Il pieghevole e il volantino di ValorizziAMOci.

Quindi, concludo le mie tante osservazioni sul progetto limitandomi a ricordare una delle numerose regole non scritte vigenti fra tutti i partecipanti di

ValorizziAMOci: essa prevedeva la possibilità di esprimere le proprie opinioni sia di persona sia sui vari social (veicolo indispensabile per lo scambio di idee, umori, compiti e verifiche *in itinere* della realizzazione dell'evento ma anche, come si vedrà, per la riflessione sul lavoro svolto): come potete notare, mi permetto di seguire questa regola anche nella redazione di questo breve intervento, in quanto, dopo alcune brevi informazioni circa la natura e le caratteristiche di *ValorizziAMOci*, vorrei proporre le opinioni dei principali attori del progetto stesso: gli studenti che lo hanno realizzato, la docente che li ha seguiti ed il "pubblico" che li ha apprezzati.

ValorizziAMOci: l'evento

I liceali hanno infatti voluto mostrare alla cittadinanza che cosa sanno e che cosa sanno fare, non solo in ambito scolastico e, per questo, hanno ideato, voluto e realizzato questo incontro. Nel pomeriggio, nel chiostro di San Venanzio, si è svolta la mostra dei progetti realizzati dai ragazzi durante l'anno scolastico nelle varie discipline: curati nell'allestimento (si rincorrono, infatti, nei pennoni, nelle magliette degli organizzatori e nelle esposizioni, il bianco e il rosso, i colori della città, ma anche la traduzione cromatica dell'Amor sacro e dell'Amor profano), i progetti sono relativi a tutti gli ambiti disciplinari del Liceo scientifico: dalla letteratura, all'arte, alle discipline storiche (per dimostrare che la preparazione dei ragazzi del Liceo scientifico è valida a 360°), alla matematica e alle scienze. Fondamentali, poi, sono stati i contributi di progetti creativi, come quello realizzato per "Impara a intraprendere". Alcuni degli studenti che hanno partecipato ai vari approfondimenti hanno esposto ai visitatori attenti e interessati i diversi progetti in modo tale da dimostrare, con la semplicità propria dei giovani, non solo di possedere ottime conoscenze disciplinari, ma anche di averle interiorizzate e fatte proprie.

Figura 4. Alcuni stand della mostra.

In seguito, dopo cena, nell'incantevole cornice del sagrato della Cattedrale, gli studenti hanno proposto uno spettacolo importante e composito, fatto di recitazione, danza e musica, in cui talenti da tempo coltivati (come la musica e la

danza) si sono intrecciati a passioni appena scoperte (la recitazione, i rudimenti della regia, l'allestimento scenografico, la realizzazione dei costumi). Con il costante riferimento al tema "Amor Sacro Amor Profano", i ragazzi hanno presentato a un pubblico numeroso e partecipe dei brani di importanti autori della Letteratura italiana delle origini e, soprattutto, del Novecento (rivisti e riadattati per ragioni tecniche di recitazione e fruibilità): sono state dunque offerte varie declinazioni dell'Amor Sacro, da quella per il Creato di san Francesco d'Assisi a quella per la donna amata di Mario Luzi, una rilettura disincantata ed egoistica di un mitologico amore, quello fra Orfeo ed Euridice, condotta da Cesare Pavese, e la lotta fra due tipi di Amori Profani assai attuali che si contendono la vita di un giovane, secondo quanto immaginato da Italo Calvino.

Figura 5. Recitazione e danza si fondono nello spettacolo serale.

Figura 6. Le band del Liceo scientifico.

La parte serale di *ValorizziAMOci* si è conclusa con l'esibizione di tre band di studenti del Liceo scientifico: pur frequentando generi musicali assai diversi fra loro, questi gruppi (di cui uno nato proprio per l'evento) hanno ricordato a tutti quanto sia bello ma anche difficile suonare bene e soprattutto suonare bene insieme. Lo straordinario valore aggiunto di questo progetto è proprio in questa volontà che è partita dagli studenti e fra gli studenti si è diffusa.

Figura 7. La forte affluenza di pubblico è una ricompensa per i ragazzi.

La volontà di relazionarsi fra coetanei, con i docenti, con la Preside, con il personale scolastico, con la realtà economica della zona (il progetto si è autofinanziato grazie alla ricerca di sponsor), con le autorità comunali ed ecclesiastiche, con i massmedia locali. La volontà di scegliere e di gestire in autonomia il progetto, a livello finanziario, e se stessi, seguendo gli impegni scolastici e *ValorizziAMOci*. La volontà di scommettere su se stessi e di impegnarsi in prima persona … Insomma, la volontà di crescere! Sì, il 6 giugno è stata una giornata importante per questi ragazzi.

ValorizziAMOci: la parola ai protagonisti

Dopo l'estate e dopo il naturale sedimentarsi delle emozioni, in qualità di referente, ho ritenuto interessante far riflettere gli studenti coinvolti sull'esperienza vissuta per conoscere meglio le loro opinioni: ho, a tal fine, lanciato l'idea di un sondaggio fra i partecipanti. Nel rispetto delle "regole" di *ValorizziAMOci*, questo è stato realizzato interamente (domande e opzioni di risposta) da alcuni responsabili dell'organizzazione dell'evento ed è stato condotto (come divulgazione e raccolta dei dati), prevalentemente, tramite il gruppo Facebook dell'evento (da subito, mezzo di comunicazione privilegiato da gran parte degli studenti coinvolti). I quesiti del sondaggio, cinque in tutto, di cui due composti da due domande, sono relativi a vari momenti della realizzazione del progetto: si parte da una riflessione sulle motivazioni che hanno spinto i ragazzi a partecipare per poi andare a

indagare la fattibilità di seguire sia le attività scolastiche sia gli impegni di *ValorizziAMOci*. Inoltre, con una sensibilità tutta adolescenziale e quindi legata all'"attimo", gli studenti hanno ricordato le sensazioni provate durante il progetto e, con grande maturità intellettuale, i feedback ricevuti (dato indispensabile per migliorare e rinnovarsi). Infine, a conclusione del sondaggio e, idealmente, dell'esperienza vissuta, gli studenti hanno proposto un quesito circa una propria abilità acquisita *ex novo* o accresciuta grazie a *ValorizziAMOci*.

Osservando quesiti e risposte più da vicino, la prima domanda è relativa alle motivazioni che hanno spinto i ragazzi a partecipare al progetto: è davvero interessante notare, innanzi tutto, che ben il 64% degli studenti abbia desiderato fare qualcosa di utile per la città, rendendosi conto delle difficoltà (economiche ma non solo) che Fabriano e le zone limitrofe stanno attraversando. Inoltre, ricordiamo che fra gli adolescenti e i giovani, l'entusiasmo di chi partecipa a un'iniziativa è "contagioso": e gli studenti del "Volterra" non si sono sottratti a questa splendida epidemia (18% dei partecipanti).

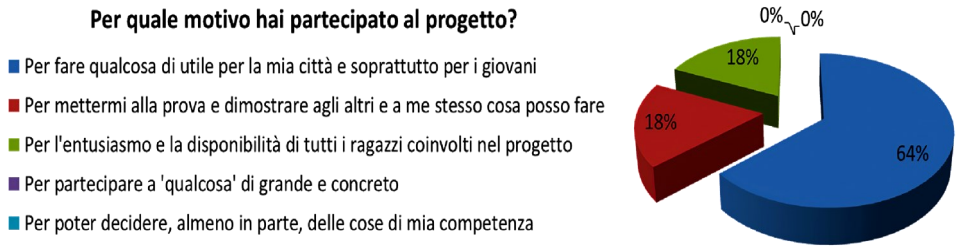


Figura 8. Per quale motivo hai partecipato al progetto?

Successivamente, gli studenti si sono interrogati, con una domanda articolata, sulle modalità di conciliazione fra impegni scolastici e attività del progetto e sulla difficoltà di questa conciliazione: dai dati emerge che diverse attività possono essere facilmente portate a termine (il 31% riferisce di una gestione poco impegnativa dei vari compiti), grazie soprattutto "a passione, voglia di fare e entusiasmo" (37% dei partecipanti). Mi permetto di sottolineare che queste risposte che ci parlano di ragazzi con passioni, abili a destreggiarsi fra le proprie varie attività (18%) e che non esitano a lavorare fino a tardi (9%) devono essere uno sprone, per noi insegnanti, a far sì che gli studenti possano lavorare al meglio (soprattutto in periodi particolarmente impegnativi per la scuola), organizzando riunioni snelle, con tempi e orari flessibili (come ben ha colto il 36% dei ragazzi) e sfruttando al massimo le possibilità di comunicazione offerte dai social network.

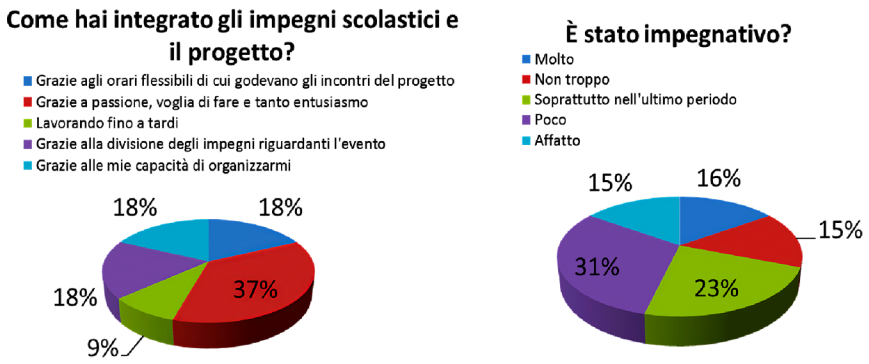


Figura 9. Come hai integrato gli impegni scolastici e il progetto? È stato impegnativo?

Ritengo, poi, che la terza domanda sia estremamente interessante per diversi motivi. Innanzi tutto, è, come accennato in precedenza, una domanda volta a indagare il momento e le sensazioni del momento e, proprio per questo, assolutamente peculiare del modo di vivere dei ragazzi: è un dato di fondamentale importanza che circa la metà dei partecipanti (46%) abbia provato gratificazione e soddisfazione e quasi un quinto (18%) si sia sentito utile e importante nella realizzazione di questo progetto: gli studenti hanno messo in evidenza quelle sensazioni costruttive che spingono a proseguire nell'impegno, qualunque esso sia. Da notare, poi, quanto l'emozione (vissuta con più o meno tranquillità) sia diffusa fra gli studenti che hanno partecipato a *ValorizziAMOci* (per un complessivo 27% degli studenti).

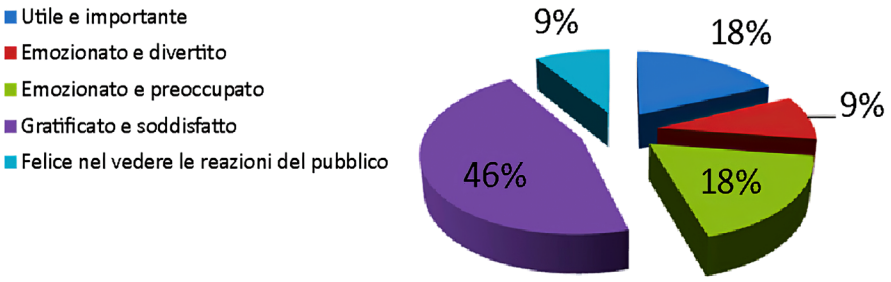


Figura 10. Come ti sei sentito mentre partecipavi al progetto/esponevi i progetti?

Il quarto quesito (anche questo articolato) è relativo ai feedback ricevuti durante e dopo la realizzazione del progetto e da parte di chi sono stati dati. Fortunatamente, gli studenti hanno avuto solo riscontri positivi e questo dato è, per loro, fonte di grande soddisfazione. Credo però sia interessante notare quali sono le opinioni tenute in maggiore considerazione dai ragazzi. Sommando le varie opzioni di risposta, oltre il 70% dei partecipanti di *ValorizziAMOci* riferisce il parere di un adulto: i visitatori (46%), gli esperti di cui ci si è avvalsi durante il progetto (18%) e i genitori (9%). Da referente, non posso non notare che l'opinione degli

insegnanti non abbia colpito affatto i nostri studenti: lo 0% delle risposte è un dato che evidenzia notevoli difficoltà di comunicazione. Sarebbe, dunque, opportuno chiedersi se siamo in grado di dire ai nostri studenti che sono stati bravi e se siamo in grado di farci capire quando lo diciamo, senza dare il loro impegno per scontato.

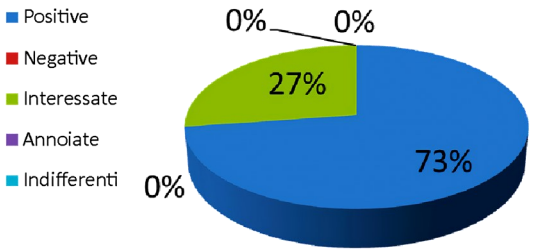


Figura 11. Quali opinioni hai ricevuto durante e dopo l'evento?

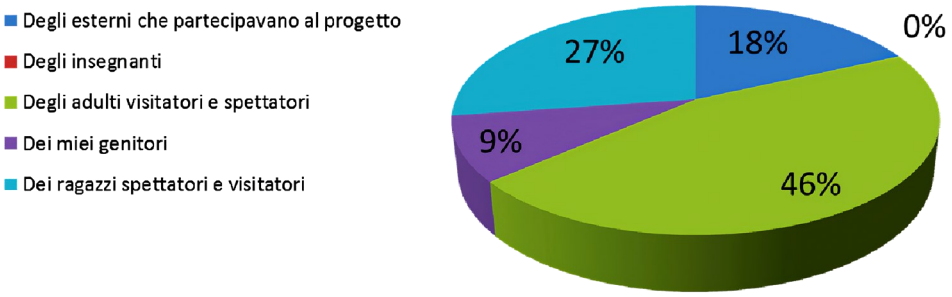


Figura 12. Da parte di chi?

La quinta e ultima domanda riguarda in che modo la partecipazione a *ValorizziAMOci* abbia inciso sulle capacità degli studenti e conferma, indirettamente, quanto gli adulti siano gli interlocutori privilegiati di questi ragazzi: infatti, ben il 40% dei partecipanti riferisce di aver imparato a confrontarsi con il mondo degli adulti, fatto di mansioni, scadenze, regolamenti, gestione accurata del denaro: una situazione complessa, quindi, come quella a cui sembra far cenno un altro 30% degli studenti.

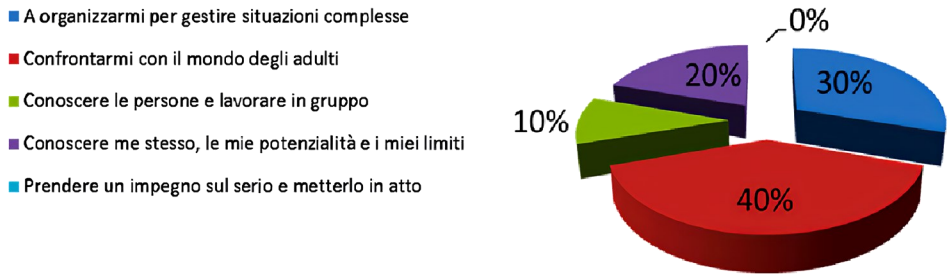


Figura 13. Che cosa hai imparato a fare (o fare meglio grazie alla partecipazione al progetto?

Sebbene il sondaggio realizzato non abbia voluto avere requisiti statistici, le risposte degli studenti offrono molti spunti di riflessione. Mi permetto di evidenziarne alcuni anche concludendo questa parte di intervento. Le risposte dei partecipanti di *ValorizziAMOci* pongono noi adulti davanti a grandi responsabilità: gli studenti del Liceo ci osservano, guardando a noi in ricerca di esempi e, forse, modelli. Credo che nessun "adulto", non solo in veste di docente e / o di genitore, possa sentirsi esonerato dall'offrire a questi giovani una possibilità, piccola o grande che sia, di crescita. Questo compito è reso ancor più importante dal fatto che i "ragazzi che ci guardano" non solo sanno "fare" (e il progetto ne è la dimostrazione), ma sanno anche riflettere su ciò che hanno fatto. E la capacità di riflessione sulle proprie azioni è un indice fondamentale nella crescita personale di un ragazzo.

ValorizziAMOci: la parola alla prof

Una delle numerose regole non scritte vigenti fra tutti i partecipanti di *ValorizziAMOci Amor Sacro – Amor Profano* prevedeva la possibilità di esprimere le proprie opinioni sia di persona sia sui vari social. Anche grazie a questa caratteristica, si era indagato, attraverso un sondaggio essenziale ma significativo (soprattutto perché totalmente ideato dagli stessi studenti), il sentire dei ragazzi circa il loro impegno per *ValorizziAMOci.* Mentre preparavo questo contributo, avevo immaginato le mie personali risposte alle domande suggerite dagli studenti: ve le propongo ora, seguendo quel principio cui accennavo poco fa, grazie alla squisita ospitalità di *PROFILES*.

Figura 14. La prof al lavoro.

"Per quale motivo hai partecipato al progetto?"

Questa domanda mi è stata posta più volte dagli studenti, nel corso della realizzazione di *ValorizziAMOci*: nonostante alcune risposte volutamente

fuorvianti, credo che, come in tutti i grandi amori, non ci sia un motivo specifico. Semplicemente ci siamo scelti: gli studenti, il progetto e io. Devo ammettere che, riflettendo a un anno di distanza dalle prime riunioni, sono stata attratta dalla possibilità di cimentarmi con un progetto con finalità educative (e non solo scolastiche) molto vaste che mi avrebbe concesso di conoscere i ragazzi da una prospettiva differente rispetto a quella, troppo condizionata da scadenze e voti, di cui possono godere, in genere, gli insegnanti (anche i più attenti e disponibili).

"Come hai integrato gli impegni scolastici e il Progetto? È stato impegnativo?"

Occuparsi di tanti impegni di vario genere indispensabili per un progetto così complesso e sfaccettato si è tradotto, necessariamente, in un aggravio di lavoro: devo ammettere di capire perfettamente quel 9% di studenti che hanno risposto a questa domanda con l'opzione: "Lavorando fino a tardi". Seguire, in qualità di referente, *ValorizziAMOci* è stato impegnativo, in termini sia di tempo impiegato sia di energia profusa, e, a volte, anche stancante, soprattutto quando, nonostante le idee e la buona volontà, non si riusciva a concretizzare molto.

Sebbene supportata dalla mia famiglia, da molti colleghi e dal personale dell'Istituto, mi sono trovata essere presente il più possibile (sebbene creda fermamente che i ragazzi possano e debbano camminare da soli in molte occasioni), a far fronte a tante esigenze diverse (anche solo per fissare una riunione), a mediare fra i vari ragazzi (le incomprensioni sono all'ordine del giorno, tanto fra adolescenti quanto fra adulti), a occuparmi della terribile burocrazia (non smetterò mai, a questo proposito, di ringraziare le signore Chiari e Ottaviani!!!).

Come ti sei sentita mentre partecipavi / esponevi il progetto?

Come tanti degli studenti che hanno risposto a questa domanda, anche io ero emozionatissima. La mia emozione era costituita da tante componenti diverse e spesso contraddittorie: soddisfazione ("ragazzi, siamo stati davvero bravi!!"), ansia ("pioverà dopocena?"), preoccupazione ("sarà corretto il posto dell'angolo dell'Happy hour?"), orgoglio ("preparatissime le ragazze del progetto *Le Pietre della memoria*"!), gratitudine ("quante persone sono venute a vedere come sono in gamba questi ragazzi!!!"). A tutto questo groviglio di sentimenti, deve essere sommata anche la stanchezza che si faceva sentire sempre di più: francamente, a volte, ho il dubbio di non essere stata in grado di notare alcuni dettagli di quella magnifica giornata!

Quali opinioni hai ricevuto durante e dopo l'evento? Da parte di chi?

Come già accennato più volte, *ValorizziAMOci* ha avuto finalità educative molto

vaste con eco importanti per chiunque fosse coinvolto: per questo, è, per me, difficile individuare ambiti specifici di crescita. Sicuramente, ho imparato a coordinare un foltissimo gruppo di ragazzi (un centinaio) che mi hanno considerato un importante punto di riferimento. Questo ruolo, tanto impegnativo quanto gratificante, mi ha insegnato a organizzare e trascorrere *tempo costruttivo* con gli studenti, al di là dell'orario scolastico.

Ritengo che si possa imparare a stare con i ragazzi solo trascorrendo tempo insieme a loro e accompagnandoli verso i loro progetti, nel modo più discreto possibile. E così mi sono ritrovata circondata (e, lo ammetto, anche un po'contagiata) da abbracci, musi lunghi, risate, battute, litigate, abbagli, sorrisi di un gruppo di adolescenti che, credendo nel proprio progetto, hanno lavorato e si sono impegnati. E, non accusatemi di esser melensa, mi hanno offerto tante vere emozioni: sì, ho imparato anche che, a volte, si riceve molto, molto di più di ciò che si dà.

ValorizziAMOci: la parola agli "altri"

Durante la realizzazione di *ValorizziAMOci*, si è attivato un efficientissimo gruppo di fotografi e video maker per raccontare questa avventura attraverso immagini e filmati sia spontanei sia ufficiali. Il 6 giugno, ovviamente, il gruppo è stato in pieno fermento e si è avvalso anche di Tomás, studente brasiliano, ospite in una classe del quarto anno del nostro Istituto, per un programma di scambio culturale di un anno. Tomás ha realizzato dei brevi video, intervistando diverse persone presenti durante questa giornata: riportiamo qui le loro parole. Considerando l'appoggio solido e costante, ci pare opportuno aprire questa breve carrellata di opinioni con l'intervista della Dirigente scolastica, la professoressa Adriana Verdini.

Figura 15. L'autore delle interviste.

"Sono la Preside del Liceo Scientifico Vito Volterra di Fabriano e sono qui all'inaugurazione di questa meravigliosa mostra voluta da tutti gli studenti. È una mostra che intende presentare alla cittadinanza e quindi al territorio, i progetti

svolti durante il corso dell'anno scolastico. Progetti che anno visti impegnati quasi la totalità degli studenti e sono state esperienze in cui tutti hanno potuto far emergere le proprie potenzialità, i propri intenti e le proprie attitudini. Nonché è da rilevare la cura dei professori e del coordinatore di questo progetto: la professoressa Falessi, per tentare di dare vita e formalizzazione a quelle che erano le meravigliose idee degli studenti."

Figura 16. La Preside del Liceo Scientifico.

Questo è il parere di un visitatore della mostra dei progetti allestita nel chiostro della Cattedrale: "Sono abbastanza colpito perché a Fabriano manca lo spirito d'iniziativa dei ragazzi e qui oltre all'iniziativa c'è anche la concretezza. Il plauso va soprattutto all'iniziativa e allo spirito d'iniziativa dei ragazzi ed anche alla riuscita perché come vedo siete parecchi ragazzi e quindi già questo è un successo." E, per concludere, lasciamo la parola a due "tecnici" esterni, senza il cui apporto non sarebbe stato possibile realizzare lo spettacolo serale: il regista e il responsabile del "service".

"Buonasera a tutti. Quando mi hanno chiamato i ragazzi per partecipare a questa iniziativa sono stato contentissimo perché sono abituato a lavorare con i ragazzi nelle performance teatrali. Hanno fatto tutto loro, io ho dato una mano solo per organizzare lo spettacolo dal punto di vista artistico, ho seguito gli attori ed in parte le coreografie, ma soprattutto gli attori. Io colgo l'occasione per ringraziare tutti i ragazzi che mi hanno invitato che sono stati bravissimi perché ci hanno messo molto impegno, molto rispetto per gli altri e per se stessi e penso che il teatro possa servire nelle scuole per farli crescere ancora di più, diciamo che il teatro potrebbe essere il catalizzatore dei ragazzi quando affrontano determinate situazioni soprattutto l'esterno, il confrontarsi con gli altri e soprattutto il conoscere se stesso. Vi ringrazio ancora una volta e ringrazio la Prof.ssa Chiara Falessi che è la capo-progetto. Arrivederci, ad un'altra volta!"

"Secondo me l'evento è stato molto interessante sia dal punto di vista della

tematica che dal punto di vista della realizzazione. Molto bella l'utilizzazione del chiostro come contenitore delle vostre opere e molto interessante la messa in scena dello spettacolo. Direi che per essere il primo anno (giusto?) il lavoro è riuscito bene. La parte musicale (ti parlo da musicista) è andata bene ma forse va rivista nell'organizzazione e nella scaletta. Però parere positivo per lo sforzo creativo e organizzativo che avete fatto. Bravi tutti!"

Conclusioni

Mi auguro di essere riuscita a delineare i tanti aspetti del progetto: dall'impegno alle ricadute educative, dalle modalità di realizzazione alla capacità di riflessione sul proprio operato. Come sicuramente sarà trapelato da quanto appena scritto, *ValorizziAMOci* ha costituito un avvenimento molto importante, a livello sia di impegno sia di soddisfazione, per tutti coloro che vi hanno preso parte e, quindi, anche per me. Credo di non peccare di orgoglio affermando che i ragazzi non dimenticheranno facilmente questa esperienza: io non lo farò!

Bibliografia

1. J. Blair Bochinski, *The complete workbook for science fair projects*. John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, 2005.
2. Committee on Developments in the Science of Learning with additional material from the Committee on Learning Research and Educational Practice, National Research Council, *How people learn. Brain, mind, experience, and school*. Expanded Ed. National Accademy of Science: Washington, D.C.,2000.

Capitolo 27

A Scientific Approach to the Teaching of Chemistry. Evidence from Research

Norman Reid
Emeritus Professor of Science Education, University of Glasgow, Scotland
e-mail: dr_n@btinternet.com

Abstract

Chemistry is a subject where new developments are continually occurring making it difficult for teachers to keep up to date. Chemistry is regarded as a difficult subject by many learners. This paper seeks to summarise some of the research evidence and to explore why chemistry is difficult and what we can do about it.

Introduction

Various studies of many decades ago have identified the main problem areas (Johnstone et al., 1971) but we need to know *WHY* certain topics caused problems. There are two possible main sources of the difficulties:

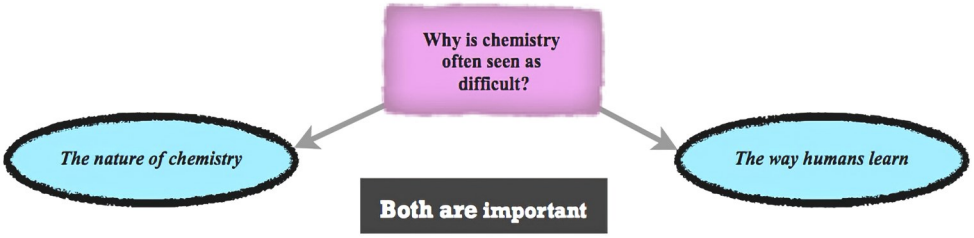


Figure 1. Why is Chemistry Difficult?

This article summarises the evidence from carefully conducted research and then seeks to point to some key principles that will help us to make chemistry more accessible and exciting for our students. This research is parallel to the kind of research which takes place all the time in chemistry. The only difference is that we

are seeking to develop understandings about how we learn a subject like chemistry. For many years, studies were carried out to try to make the difficult topics of chemistry more accessible. The breakthrough came in 1980. Kellett was trying to see why learning organic chemistry at school level was such a problem. Looking at the enormous amount of data she had gathered, suddenly she appreciated that the difficulty was all related to '*information load*'. It seemed that the human brain could only cope with a limited amount of information *at any one moment of time*. Working with Johnstone, she started to consider the possible psychological explanations for this observation (Johnstone and Kellett, 1980).

The work of Miller (1956) was seen as important and gave the clue. Miller had found a simple way to measure the capacity of part of the human brain, using a simple test. This part of the brain is now known as the '*working memory*' and numerous studies (Baddeley, 2000, 2002; Reid, 2008, 2009, 2012, 2013a,b; and a journal issue (1)) have shown:

- Its capacity is fixed and limited
- Success in almost all learning is controlled by its capacity
- The capacity grows with age and reaches its maximum by about age 16
- Working memory capacity is not neatly related to either ability or intelligence

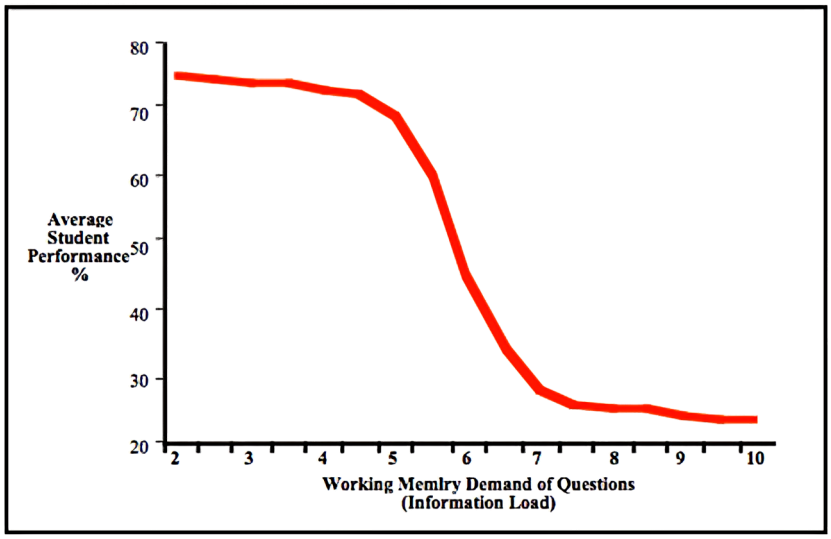


Figure 2. Information Load and Student Performance.

In some brilliant work, Johnstone and El-Banna (1986, 1989) measured the capacity of the working memory of over 300 first year university students, using two methods, now known to be highly reliable. They looked at the performance of these students in a range of assessment items in chemistry, these items having a

wide range of information loads. They expected that, as the information load increased, student success in the items would fall. What they found was somewhat surprising because the fall in performance was not linear (figure 2).

Johnstone and El-Banna went further. They divided the whole student group into three roughly equal groups: those with above average working memory capacities, those with average working memory capacities, and those with below average working memory capacities. What they obtained is shown (in simplified form) in figure 3.

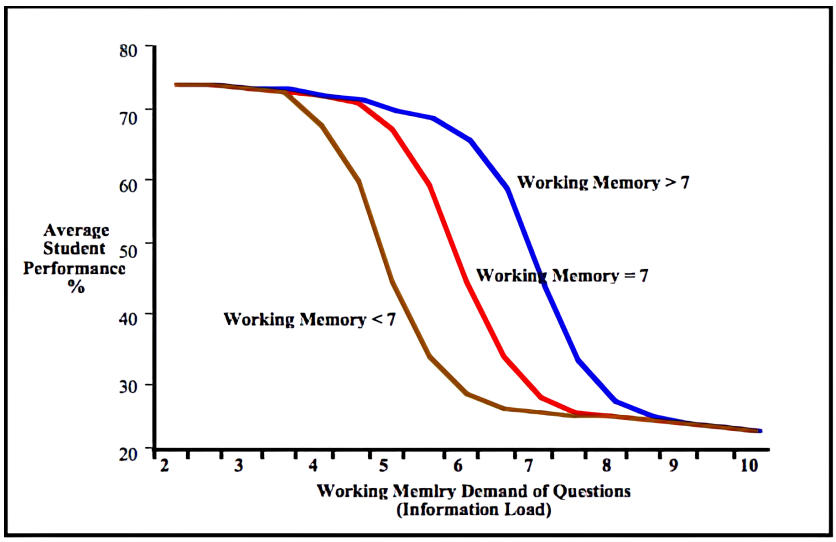


Figure 3. Information Load, Performance and Working Memory Capacity.

This showed that it was the working memory capacity which was the factor controlling success. This was the key breakthrough and much research followed it. When they published their results, the neat quantitative nature of their findings was thought surprising and many repeated the experiment. Similar results were always obtained. Let us now look at the human brain:

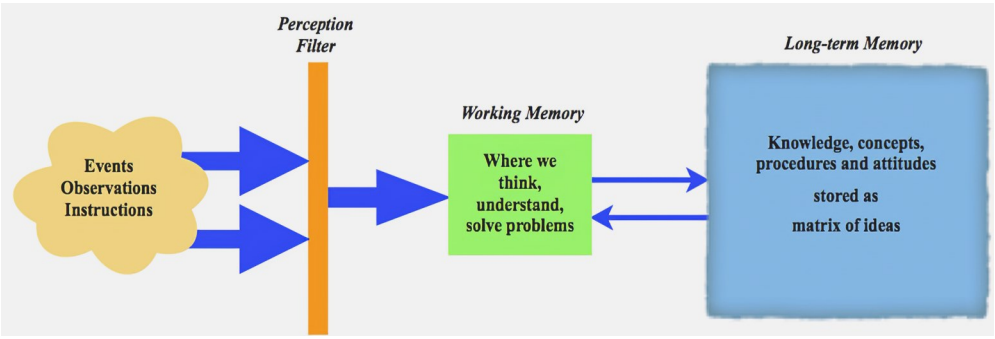


Figure 4. The Flow of Information in the Brain (based on Johnstone, 1997).

Most adults have a working memory capacity of between 5 and 9 units of information that can be held at any one time. From all the vast amount of information that comes at us every waking moment, our perception filter selects in a tiny amount, more or less sub-consciously. We use our working memories to think, understand and solve problems. It is the only part of the brain where understanding can take place, the long-term memory being a huge storage facility.

Working Memory and Success

The capacity of working memory *controls* all our learning when seen as understanding (Kirschner et al., 2006). If we happen to have an above average working memory capacity, then we can handle more ideas at the same time and this leads to greater success in assessment tasks. It also leads to greater success when we are trying to understand in a subject like chemistry. It is found that the capacity of working memory grows with age. A 12-year old can only handle, on average, FIVE units of information. By age 16, the capacity has grown, on average, to SEVEN. Thus, some topics in chemistry CANNOT be understood at too young an age and, very often those who design school curricula are *unaware* of this and ask teachers to do the impossible with their students! In order to pass examinations, the students then resort to memorisation. The problem is that conceptual material tends to be taught quite early in chemistry – Johnstone argues unnecessarily too early (Johnstone, 2000). To understand such topics requires a working memory capacity which few students possess at a younger age. For example, concepts like energy are remarkably demanding on working memory while introducing ideas like ionic bonding too early will almost always cause problems. We are asking our students to grasp the '*molecular*' understandings of chemistry before they have even got to grips with the descriptive aspects.

The limitations of working memory capacity also offers an explanation why so many students cannot do the mathematics in a chemistry classroom. The working memory can cope with the mathematics. The working memory can cope with the chemistry. It has insufficient capacity to cope with *both at the same time*. Research has shown that the limited capacity of working memory can lead to very considerable differences in marks gained in tests and examinations. For example, in a study with Greek school students (Danili and Reid, 2006), it was found that having an above average working memory capacity gave a 16% advantage in Chemistry marks when compared to having a below average working memory capacity. This means that part of a student's success in chemistry depends on their working memory capacity, and this is fixed genetically, not open to expansion, and not a measure of ability.

Why is Chemistry Particularly Difficult?

An interesting idea was published in 1999 which offers a very simple understanding of the problem. This model was based on extensive research and which many have found helpful (Figure 5).

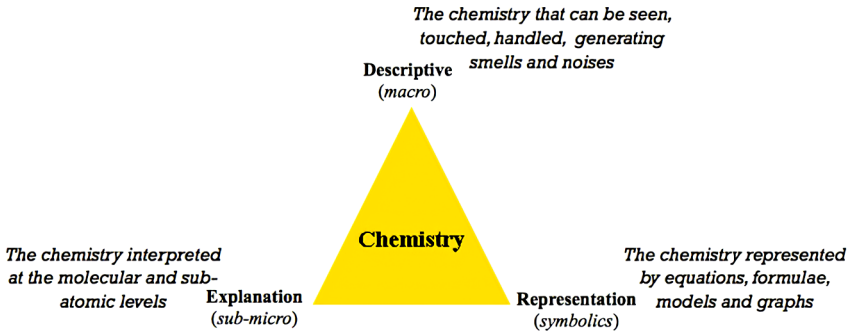


Figure 5. The Chemistry Triangle (from Johnstone, 1999).

The point that Johnstone emphasised is that working at all three corners of the triangle *at the same time* creates the likelihood of considerable working memory overload. As chemistry teachers, we are experienced enough to able to handle the descriptive and relate it to the sub-microscopic while using all kinds of symbolisms to represent what we understand. The novice learner cannot do this: there will be working memory overload. When some of the information is so familiar that it can be handled in an almost automatic way, then this leaves space in the working memory to take on more aspects. He argues that chemistry teaching must start with the descriptive. Only when that is well established can we introduce sub-microscopic understandings. The representational needs to be introduced very gently step by step. There is sound logic to his argument. (Johnstone, 2000)

Goals for Chemistry Education

We need to be very clear WHY chemistry is taught at school levels and at university levels. Look at it another way. Imagine no chemistry was taught at school levels at all – what difference would it make to education? For a few, school chemistry will be an essential qualification for further study – including study in other sciences, medicine, engineering, dentistry. For everyone at school level, chemistry gives an opportunity to reveal how the sciences gain their insights and understandings about how the world works: the central role of experimentation. It is also important that all school students gain some awareness of the quite enormous impact chemistry developments have made in making possible modern lifestyles (Reid, 1980, 1982). For university students studying

chemistry, the same three goals are also important. It is often assumed that university chemistry graduates all continue on with careers in chemistry but many surveys have shown that a degree in chemistry opens doors to a very wide range of careers, most of which are not as practising chemists. The goals can be summarised:

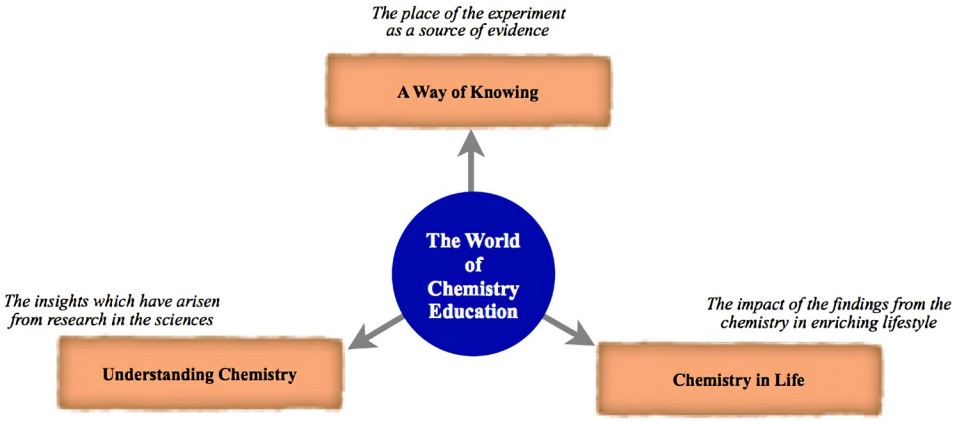


Figure 6. Goals for Chemistry Education.

These goals need not to be in any conflict. Much school chemistry focusses far too much on generating a population who have absorbed much chemistry information with occasional references to understanding, while ignoring the enormous impact of chemistry as a science discipline in generating ways of thinking and changing daily life out of all recognition when compared to that of 100 years ago. It is worth reading a paper by Johnstone (2009) where he argues from very strong evidence that we could prune our chemistry curricula extensively. We need to remember:

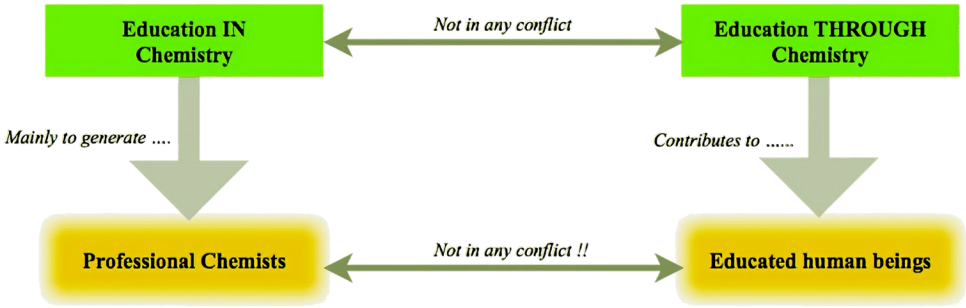


Figure 7. Education IN and Education THROUGH.

At school level, education THROUGH chemistry must dominate while, at university level, education IN chemistry gains increasing importance. There is extensive evidence that seeking to education THROUGH brings a bonus of

increasing the education IN (see Hussein and Reid, 2009, for circumstantial evidence).

Apply Research Evidence to Practical Teaching and Learning

We start by listing some key findings:

1. Understanding chemistry is controlled by the limited capacity of working memory (Johnstone and Elbanna, 1986, 1989).
2. Positive attitudes towards chemistry increase when learners are able to understand and are not forced to memorise to pass examinations (Hussein and Reid, 2009; Jung and Reid, 2009).
3. As long as examinations give rewards for correct recall and recognition and largely ignore other skills, then teachers and learners will emphasise memorisation (Almadani et al, 2012).
4. As well as being completely unfair, international comparisons place far too much focus on correct recall, distorting national priorities (Simon et al. 2013; Almadani et al., 2012).
5. The focus on attainment in schools has now totally distorted the way teaching and learning is conceptualised, causing a deterioration in education (Robinson, 2010; Simon et al. 2013).

Let us look at practical ways forward in seeking to enrich what we do in chemistry learning.

Assessment

It is an interesting observation that most chemistry learners gain their answers by recalling something (Almadani et al., 2012). Many test items aim to probe understanding but, very often, the candidates still fall back on recall. There are ways to test conceptual understanding where recall is unlikely to lead to success. Perhaps the most powerful is the structural communication grid format (see appendix for an example) and this is widely applicable in chemistry (Bahar et al., 2000; Johnstone and Ambusaidi, 2000, 2001). A series of studies has shown that multiple choice testing is highly flawed (Friel and Johnstone, 1978, 1979a, 1979, 1988). The structural communication grid format offers one useful way forward. Numerous studies have shown that success in chemistry questions depends heavily on working memory capacity. It has also been shown that minimising this effect is possible (one study in mathematics: Reid, 2002). It is critical that all questions we ask are designed in such a way that we minimise the limitations of working memory. This does NOT mean making all questions undemanding. It

DOES mean that we design questions which do not give this unfair advantage to those who happen to have above average working memory capacities.

The simple way to do this is to look critically at our assessment questions and estimate how many pieces of information and procedural skills our students will have to hold in their working memory *at the same time*, for any prospect of success. Ideally, this should be kept well below the average working memory capacity for the age of our students. This will make the question fair for all. The other main area is to consider how we can *change* our teaching so that the limitations of working memory capacity do not hinder understanding. It must be stressed that no matter how good a curriculum is, no matter how inspired our teaching is, no matter how committed the learners are, tests and examinations that give most of the rewards to recall and recognition will simply DESTROY good chemistry education. National school examinations have an enormous '*backwash*' effect on what is going in in schools while looking at past papers almost defines the agenda for both university and school students.

Summary

- Examine all assessment questions to minimise the effects of working memory capacity limitations.
- Reduce the dependence on multiple choice question formats.
- Use a wider range of assessment formats to offer assessment rewards for much more than recall-recognition.
- Ignore the claims from international assessments or, indeed, any use of assessment to compare schools - the methodology is invalid.
- Seek in all assessments you construct to gain evidence of understanding and ability to think critically and creatively about chemistry.

Lecture Type Learning

Lecturing holds a central role in most university teaching and learning. In a remarkable series of studies, it has been shown that the efficiency of learning can be greatly enhanced by reducing the information load on the working memory by enabling the students to select much more efficiently from all the information coming at them. The skilled primary school teacher has being doing this for years. Secondary teachers are not as good while university lecturers are often unaware of this. It is known as pre-learning and there are several studies on this (see Johnstone and Su, 1994; Sirhan and Reid, 2001; Hassan et al., 2004). Pre-learning highlights the landmarks of the area to be taught BEFORE it is taught, overtly linking these to previously understood ideas. The landmarks guide the learners to see what was

important, allowing them to focus more careful on the important issues, leaving aside those that are not as important. This reduces working memory overload and increases understanding quite markedly.

Formal Learning

In schools, there is often much dialogue between the teacher and the learners but, inevitably, the teacher controls the agenda. However, textbooks and worksheets are often employed. It has been shown in several studies that the design of such material is critical. The usual problem again rest with working memory overload. In a high concept subject like chemistry, the possibility of working memory overload is very considerable (Danili and Reid, 2004). There are a few research studies which have deliberately re-designed the teaching to reduce the possibility of working memory overload. In these studies, the material to be taught was *not* changed, the time was *not* changed and known areas of learning difficulties were *not* avoided. Indeed, in none of the studies was there any teacher re-training. All that was done was to re-cast the written materials (which provided information input and also directed the tasks the students undertook), taking into account the limitations of working memory capacity (Danili and Reid, 2006; Hussein and Reid, 2009; Chu and Reid, 2012). In these studies, it was found that simply following these strategies in re-designing written materials generated a quite extraordinary improvement in performance in assessments.

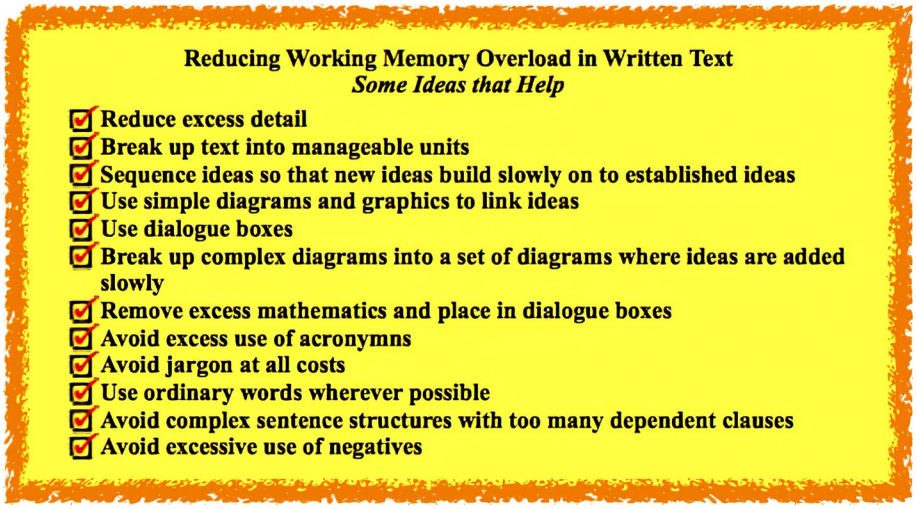


Figure 8. Strategies to Reduce Working Memory Overload.

These studies took place in *different* countries, with *different* curricula, *different* ages, and *different* teachers. Nonetheless, they all showed the same pattern of outcomes. Thus, it is possible to re-think the way we teach in the sciences so that

the limited working memory capacities of our students is less likely to be overwhelmed. This does NOT mean changing the topics to be taught or complex re-training of teachers. Chemistry, by its very nature makes high demands on limited working memory capacity. As teachers of chemistry, we have shown some measure of success in the study of chemistry. However, the majority of our students will see the subject as difficult simply because of its intrinsic high working memory demand. Nonetheless, it is not too difficult to re-think our teaching approach to reduce this demand, making the subject much more accessible to many more school students. Figure 8 illustrates some of the strategies that help to minimise working memory overload when designing written text.

Learning in the Laboratory

Numerous research studies have shown consistently that students enjoy laboratory work. However, the work of Johnstone offers considerable evidence that not too much learning actually occurs and points to better ways forward (Johnstone and Letton, 1990; Johnstone, 1998; Johnstone and Al-Shuaili, 2001). Part of the problem is that the purposes for laboratory work are often inappropriate (Reid and Shah, 2001). Thus, a simple analysis shows that most students who undertake courses in chemistry will *never* become practising chemists. Therefore, the specific practical skills associated with the laboratory are *not* very important. Indeed, those who progress into industrial or academic careers often only require a small range of techniques and these are often developed on the job. Of much greater importance is to see the laboratory in making chemistry real, in illustrating ideas and beginning to develop the important idea that chemistry, as a science, develops its ideas by means of experimental evidence. Perhaps, these outcomes are best left unassessed but that is another story.

Of course, chemistry laboratory work is expensive in terms of materials and time. It is important that the time is used effectively. In some early research work in the 1980s, it became very clear that laboratories are very demanding in terms of information. Our students face unfamiliar materials, equipment, surroundings. They have to come to terms with written and verbal instructions. Sequences of operations have to be carried out correctly and care is need to follow safety instructions and get '*right answers*'. The potential for information overload is enormous and the working memory quickly is overwhelmed. The outcome is that the learners concentrate on following the essential instructions, with no working memory capacity left for thinking or understanding (Johnstone and Wham, 1979). Some research in the 1980s and 1990s considered the need for pre-laboratory experiences. Here, in a matter of 15-20 minutes before the laboratory time, university students were given tasks which revised the underlying ideas in the experiment they were to face. As with pre-lectures, the key landmarks of the area

of chemistry were highlighted. The students then could face the experiments with a clearer idea of the key ideas and their perception filters would select from all the information coming at them what was of greatest importance, thus reducing the possibility of working memory overload (Johnstone, et al., 1994, 1998).

Pre-labs are now used widely in chemistry in university courses and a monograph (Carnduff and Reid, 2003) has summarised what is known, giving exemplars of pre-lab exercises and guidance on how they can be developed and used. Of great importance, the chemistry laboratory is an opportunity to introduce the way that chemistry works to obtain its insights. However, the laboratory is very often a place which is very high on information. Research has shown that working memory overload is common. The idea of preparing the mind for learning in the laboratory is, therefore, important. The student can then gain so much more.

One factor that can often make laboratory learning ineffective is assessment. The danger is that we assess what we are *able to assess easily*. Such outcomes are usually not what is really important. It is often much better to give credit for the *satisfactory completion* of a laboratory rather than try to mark reports or use check-lists. Much relates to the way the brain processes information and the findings can be summarised for all learning (figure 9).

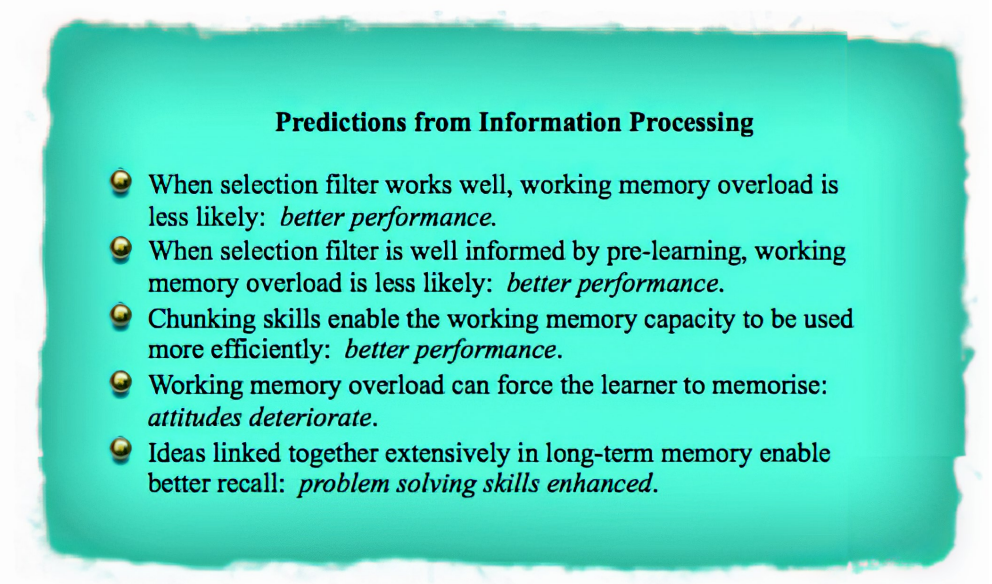


Figure 9. Understanding the Brain: Improving Learning.

Miller (1956) used the word '*chunking*' to describe the process where several ideas are grouped together so that the working memory see them as ONE unit (or chunk). It appears that this skills comes mainly from experience and cannot be taught easily.

Attitudes to Chemistry

What is found universally is that the students who have less success tend also to have poorer attitudes. There is *no evidence* to show that the lack of success causes the attitudes or vice versa. It seems that lack of success and poor attitudes simply tend to go together, each feeding of the other. The real question is to ask why so many students are '*turned off*' by chemistry. Is there anything we can do about it? Numerous studies have describe the way attitudes change with time (Hadden and Johnstone, 1982, 1983a, 1983b) and have identified the key factors that generate positive attitudes (Reid and Skryabina, 2002a, b). Much later, when Hussein re-designed the school teaching materials to reduce working memory overload, he happened to observe that attitudes towards learning chemistry had been transformed (Hussein and Reid, 2009). Was this cause-and-effect? In a later study, Jung and Reid (2009) were able to show clear evidence that it was, indeed, cause-and-effect. Indeed, this is consistent with the findings of long ago when Jean Piaget, the famous Swiss-French psychologist, showed that the natural way of learning was to try to understand (Flavell, 1963). If understanding proves difficult or even impossible, then attitudes towards the learning deteriorate rapidly. Research has shown that the enjoyment of learning does *not* relate simply to some perception of how easy the subject is seen. Indeed, there are studies which show that more difficult tasks are *more* enjoyable. Enjoyment comes when the learner can be successful in understanding: *making sense of the ideas of chemistry as they relate to their world*. If understanding is not possible because of limitations in working memory capacity, then satisfaction drops rapidly and the students attitudes towards their studies in chemistry deteriorate.

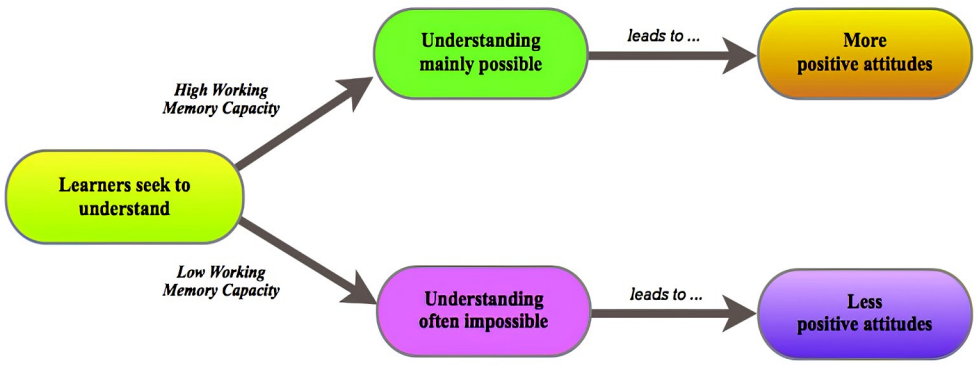


Figure 10. The Route to Attitudes.

Bringing it All Together

A considerable amount of research has been described in this article. The aim is

to suggest that we need to base our curriculum development and our teaching on the *evidence* which has been available through *research*. As scientists, opinion has no place here! Here is a summary to help us as teachers in our work (Reid, 2010):

a. *We need to recognise that the difficulties for our students when they learn chemistry lie in the nature of chemistry itself and in the way we all learn. Chemistry can be highly conceptual and this makes great demands on limited working memory space, often making understanding not easily accessible*.

b. *We need continually to challenge our teaching in order to present chemistry in ways which minimise working memory overload. This can achieved, for example, by re-thinking teaching order, by breaking down some areas in parts, by sequencing ideas so that one idea builds on other ideas*.

c. *We need to check all our assessment questions to ensure that we are not placing excessive loads on limited working memory capacity. We can look at each question and ask how many things the student has to hold and manipulate at the same time in order to get an answer*.

d. *Wherever possible, we need to employ pre-learning experiences. Before new topics are introduced, it is important to make sure that the underlying ideas are revised and used as landmarks in learning. Before each laboratory experience, make sure that the key underpinning ideas are revised and brought to the surface*.

e. *Always aim at understanding and check regularly to see if this is happening. Make sure that the 'understanding' message is consistent by ensuring that our formal test and examination questions are actually testing understanding*.

f. *Relate chemistry continually to the real world experience of our students. We may not be able to change the curriculum to be applications-led but we can adapt our teaching to make applications have a dominant focus*.

Chemistry learning should be exciting and one of the key ways is to develop a curriculum which is applications-led. In such a curriculum, the chemistry to be taught and the way it is presented is determined by the applications of chemistry in the world around (Reid, 1999; 2000). By its very nature, an understanding of chemistry contributes considerably to our understanding of the world around and how it works. Also, by its nature, chemistry is making discoveries every day. The aim of chemistry teaching has to be to develop a generation of learners who can understand the key ideas of chemistry and see something of the contribution of chemistry to our lifestyles and our culture. Of course, a few of them may go on to make their own contributions to new understandings in the world of chemistry.

Notes

For an overview, see *Research in Science and Technological Education*, 27 (2), 2009:

The Concept of Working Memory, 131-138.
Working Memory and Difficulties in School Chemistry, 161-186
Working Memory, Performance and Learner Characteristics, 187-204.
Working Memory and Attitudes, 205-224.
Working Memory and Science Education, 245-250

References

1. K. Almadani, N. Reid, S. Rodrigues, What examinations test. *Problems of Education in the 21st century*, 1(1), 6-19, 2012.
2. A. D. Baddeley, *Working memory*. Oxford University Press: Oxford, 2000.
3. A. D. Baddeley, Is working memory still working. *European Psychologist*, 7 (2), 85-97, 2002.
4. M. Bahar, A. H. Johnstone, M. H. Hansell, Structural Communication Grids: A valuable assessment and diagnostic tool for science teachers. *Journal of Biological Education*, 4 (2), 87-89, 2000.
5. J. Carnduff, N. Reid, *Enhancing undergraduate Chemistry laboratories*. The Royal Society of Chemistry: London, 2003. ISBN 0-85404-378-0.
6. Y.-C. Chu, N. Reid, Genetics at school level: addressing the difficulties. *Research in Science & Technological Education*, 30 (3), 285-312, 2012.
7. E. Danili, N. Reid, Some strategies to improve performance in school chemistry, based on two cognitive factors. *Research in Science and Technological Education*, 22 (2), 203-226, 2004.
8. E. Danili, N. Reid, Some potential factors affecting pupils' performance. *Chemistry Education Research and Practice*,7 (2), 64-83, 2006.
9. J. Flavell, *The development psychology of Jean Piaget.* D. Van Nostrand: Princeton, NJ, 1963.
10. S. Friel, A. H. Johnstone, Scoring systems which allow for partial knowledge. *Journal of Chemical Education*, 55 (11), 717-9, 1978.
11. S. Friel, A. H. Johnstone, Seconds thoughts in multiple choice tests in science. *Journal of Chemical Education*, 56 (5), 326, 1979a.
12. S. Friel, A. H. Johnstone, Does the position of the answer in a multiple choice test matter? *Education in Chemistry*, 16 (6), 175, 1979b.
13. S. Friel, A. H. Johnstone, Making test scores yield more information. *Education in Chemistry*, 25 (2), 46-49, 1988.
14. R. A. Hadden, A. H. Johnstone, Primary school pupils' attitude to science: The years of formation. *European Journal of Science Education*, 4 (4), 397-407,

1982.
15. R. A. Hadden, A. H. Johnstone, Secondary school pupils' attitude to science: The years of erosion. *European Journal of Science Education*, 5 (3), 309-318, 1983a.
16. R. A. Hadden, A. H. Johnstone, Secondary school pupils' attitude to science: The year of decision. *European Journal of Science Education*, 5 (4), 429-438, 1983b.
17. A. K. Hassan, R. A. Hill, N. Reid, Ideas underpinning success in an introductory course in Organic Chemistry, *University Chemistry Education*, 8, 40-51, 2004.
18. F. Hussein, N. Reid, Working memory and difficulties in school Chemistry. *Research in Science and Technological Education*, 27 (2), 161-186, 2009.
19. A. H. Johnstone, Chemistry teaching, science or alchemy? *Journal of Chemical Education*, 74 (3), 262-268, 1997.
20. A. H. Johnstone, Laboratory work does not interest students. *University Chemistry Education*, 1998, 2 (1) 35, 1998.
21. A. H. Johnstone, The nature of Chemistry. *Education in Chemistry*, 36 (2), 45-48, 1999.
22. A. H. Johnstone, Teaching of Chemistry – Logical or Psychological? *Chemistry Education: Research and Practice*, 1(1), 9-15, 2000.
23. A. H. Johnstone, You can't get there from here. *Journal of Chemical Education*, 87 (1), 22-29, 2009.
24. A. H. Johnstone, A. Al-Shuaili, Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5 (2), 42-51, 2001.
25. A. H. Johnstone, A. Ambusaidi, Fixed response questions: What are we testing? *Chemistry Education Research and Practice*, 1 (3), 323-328, 2000.
26. A. H. Johnstone, A. Ambusaidi, Fixed response questions with a difference. *Chemistry Education: Research and Practice*, 2001, 2 (3), 313-327, 2001.
27. A. H. Johnstone, H. El-Banna, Capacities, demands and processes: A predictive model for science education. *Education in Chemistry*, 23 (3), 80-84, 1986.
28. A. H. Johnstone, H. El-Banna, Understanding learning difficulties – A predictive research model. *Studies in Higher Education*, 14 (2), 159-168, 1989.
29. A. H. Johnstone, N. C. Kellett, Learning difficulties in school science – Towards a working hypothesis. *European Journal of Science Education*, 2 (2), 175-181, 1980.
30. A. H. Johnstone, K. M. Letton, Investigating undergraduate laboratory work. *Education in Chemistry*, 27 (1), 9-11, 1990.
31. A. H. Johnstone, W. Y. Su, Lectures – a learning experience? *Education in Chemistry*, 31 (3), 75-79, 1994.
32. A. H. Johnstone, A. J. B. Wham, A model for undergraduate practical work. *Education in Chemistry*, 16 (1), 16-17, 1979.

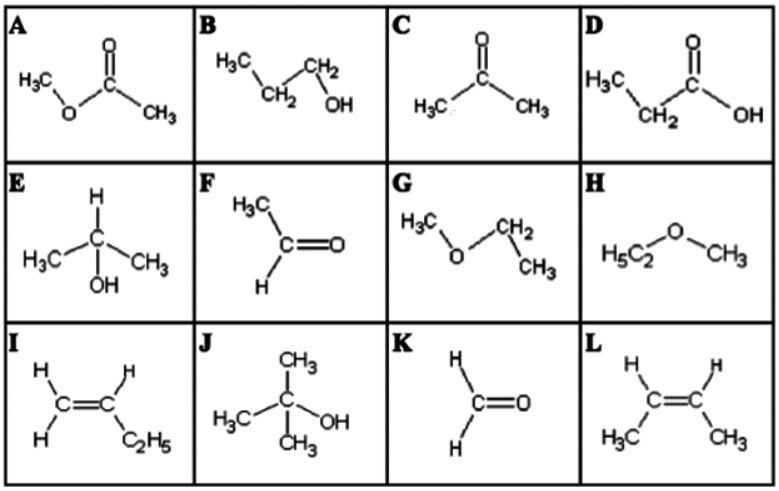
33. A. H. Johnstone, T. I. Morrison, D. W. A. Sharp, Topic difficulties in Chemistry. *Education in Chemistry*, 8 (6), 212-213, 1971.
34. A. H. Johnstone, R. J. Sleet, J. F. Vianna, (1994). An information processing model of learning: its application to an undergraduate laboratory course in chemistry. *Studies in Higher Education*, 19 (1), 77-88, 1994.
35. A. H. Johnstone, A. Watt, T. U. Zaman, The students' attitude and cognition change to a physics laboratory. *Physics Education*, 33 (1), 22-29, 1998.
36. E. S. Jung, N. Reid, Working memory and attitudes. *Research in Science and Technological Education*, 27 (2), 205-224, 2009.
37. P. A. Kirschner, J. Sweller, R. E. Clark, Why Minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41 (2), 75-86, 2006.
38. G. D. Miller, The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63 (2), 81-97, 1956.
39. N. Reid, Understanding chemical industry – Teaching materials. *Education in Chemistry*, 17 (3), 78-80, 1980.
40. N. Reid, The time dimension in Chemistry. *Education in Chemistry*, 19 (6), 166 -168, 1982.
41. N. Reid, Towards an application-led curriculum. *Staff and Educational Development International*, 3 (1), 71-84, 1999.
42. N. Reid, The presentation of Chemistry logically driven or applications-led? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1 (3), 381-392, 2000.
43. N. Reid, A scientific approach to the teaching of chemistry. (The Royal Society of Chemistry Nyholm Lecture, 2006-2007). *Chemistry Education Research and Practice*, 9 (1), 51-59, 2008.
44. N. Reid, Making science learning accessible, stimulating and enjoyable: what does research evidence tell us? *Journal of Science Education*, 10 (1), 43-44, 2009.
45. N. Reid, A scientific approach to the teaching of Chemistry. *Chemistry in Action*, 90, 29-44, 2010.
46. N. Reid, A scientific approach to the teaching Chemistry. In S. Ladage, S. D. Samant (Eds.), *Chemical Education* (pp.27-54). Narosa Publishing House: New Delhi, 2012.
47. N. Reid, Successful chemistry education. *La Chimica nella Scuola*, 34 (3), 290-297, 2013a.
48. N. Reid,The learning of Chemistry: The key role of working memory. In I. Devetak, S.A. Glažar, (Eds.), *Learning with understanding in the Chemistry classroom* (pp. 77-101). Springer: Dordrecht Heidelberg, 2013b.
49. N. Reid, I. Shah, The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (2), 172-185, 2007.

50.N. Reid, E. Skryabina, Attitudes towards Physics. *Research in Science and Technological Education*, 20 (1), 67-81, 2002a.
51.N. Reid, E. Skryabina, Gender and Physics. *International Journal Science Education*, 25 (4), 509-536, 2002b.
52.P. A. Reid, *Problem solving by primary school children with particular reference to dyslexics*. MSc Thesis, University of Glasgow, Glasgow, Scotland, 2002.
53.K. Robinson, *Out of mind. Learning to be creative.* Capstone: Oxford, 2011.
54.M. Simon, K. Ercikan, M. Rousseau (Eds.). *Improving large-scale assessment in education*. Routledge: London, 2013.
55.G. Sirhan, N. Reid, Preparing the mind of the learner. Part 2. *University Chemistry Education*, 5 (1), 52-58, 2001.

Appendix

An example of a structural communication grid (from Hassan et al., 2004):

Look at the boxes below and answer the questions that follow.
(*Boxes may be used as many times as you wish*)



Select the box(es) which show the structure of:

a. An isomer of the compound shown in box G ……..
b. A secondary alcohol ……..
c. An aldehyde (alkanal) ……..
d. A compound which reacts with bromine water to form 1,2-dibromobutane ……..
e. An ester ……..

Capitolo 28

La topologia dei nodi. I nodi delle cravatte e il concetto di limite di funzione

Anna Maria Paolucci
IIS "Raffaello Sanzio" – Urbino
e-mail: annamaria.paolucci@email.it

"*… Ma per la cravatta l'essenziale è lo stile. Un bel nodo di cravatta è il primo passo serio nella vita*."

Oscar Wilde, Una donna senza importanza, 1893

Un'insegnante ama la sua disciplina (Matematica) e vuole farla conoscere e apprezzare ai ragazzi anche di una classe quarta superiore ad indirizzo Meccanico e Meccatronico di un ITI come quello di Urbino. È ciò che si è riusciti a fare grazie al progetto *PROFILES*. La caratteristica dell'insegnamento delle materie scientifiche può nascere da una Situazione o da un Motivo. Dopo una investigazione della situazione reale della classe, con stakeholder sempre diversi da un anno scolastico all'altro, nasce la necessità di possedere metodi d'insegnamento efficaci sia per i ragazzi sia per il docente.

La prima fase del progetto come docente consiste nel lo sviluppare la personalità intellettuale ed emotiva degli alunni su fenomeni o argomenti vicini a loro (il tema di incipit sui fenomeni vicini ai ragazzi sono stati la conoscenza di come si eseguono i diversi e vari nodi di cravatte, argomento interessante per alunni di 17-18 anni quasi tutti ragazzi che frequentano le discoteche) per poi raggiungere temi generali legati prettamente ad argomenti e contenuti ministeriali (il tema che si vuole far conoscere come fenomeno generale ed epilogus è il concetto di limite di una funzione algebrica). Il docente diventa abile a sviluppare competenze di creatività nel risolvere problemi scientifici di decisione e percorsi personali di soluzione. Il metodo attivato ha messo in luce la personale soddisfazione come insegnante di Matematica, dello sviluppo di tale processo e ciò ha determinato un maggior coinvolgimento degli alunni (aumento di attenzione, coinvolgimento al lavoro, migliore predisposizione verso i compagni e il docente), insomma il

maggior coinvolgimento determina un clima d'aula e di laboratorio più coinvolgente e il tempo trascorso passava con rapidità.

La breve esperienza, di Cooperative Learning sulla Topologia dei nodi, è una piccola tessera del mosaico che crea la grande composizione pittorica della filosofia del *progetto PROFILES*. L'obiettivo chiave di tale percorso è la competenza nel saper riconoscere ed eseguire un limite di funzione analitica. Iniziando con la Topologia, dal greco tòpos 'luogo' e lògos 'studio' cioè studio dei luoghi e di quelle proprietà di figure che non cambiano se si esegue una deformazione, si può giungere al concetto di limite che ne è la sua naturale formalizzazione. Il concetto di limite di una funzione, ad uso dell'analisi matematica, è condizione necessaria per fare la continuità, la discontinuità, la derivabilità e l'integrazione concetti che saranno utili per l'esame di Stato. La Topologia dei nodi è la disseminazione del metodo da insegnare ai ragazzi e da imparare per l'insegnante. Metodo da applicare nelle sue risposte di riflessione, di condivisione, di cooperazione in piccoli gruppi in cui l'esecuzione degli esercizi, preceduti da una breve lezione teorica, educa al lavoro in team.

Utilizzando l'innovazione di un insegnamento-apprendimento, come ricerca data dall'uso e dalla osservazione di tali pratiche, si può pervenire a valutazioni individuali e/o collettive in cui l'insegnamento delle scienze risulta più significativo perché viene a sviluppare un pensiero critico e per 'dare una boccata di ossigeno ai tanti di noi impegnati nella buona didattica', così dice il Prof. Liberato Cardellini. Il team degli studenti conosce ed esplora, con attività di C.L. e attività sperimentale di laboratorio informatico, ed è al centro dell'apprendimento secondo il costruttivismo in cui 'la conoscenza è costruita nella mente di colui che impara'.

Risultati incoraggianti

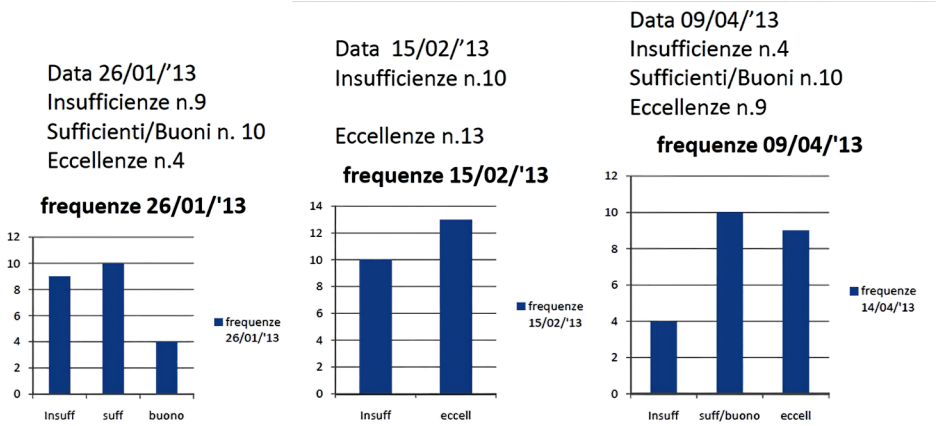


Figura 1. Votazioni nei compiti prima e dopo l'utilizzo del cooperative learning.

I risultati positivi derivanti dall' approccio dell'insegnamento collaborativo si sono visti nei risultati dei compiti scritti: le insufficienze sono molto diminuite in tre mesi. Il risultato positivo è che i ragazzi si sono conosciuti di più tra loro, sono diminuite le rivalità e la disponibilità a lavorare in equipe è migliorata.

Infatti, il cooperative learning se correttamente applicato migliora l'atmosfera nella classe è gli studenti hanno una maggiore disponibilità a collaborare (Cardellini & Felder, 1999). I ragazzi interpretano i laboratori come palestre d'innovazione stimolando le capacità creative di problem solving (come si trova in *Progetto PROFILES*). L'attività di sperimentazione in laboratorio su delle questioni di senso e di significato, come il concetto di limite di una funzione, deve fare uso degli strumenti (il PC, internet, tablet, portatili, iphone) così che lavorando in piccoli gruppi e rivestendo dei ruoli (tre ragazzi suddivisi in leader, scettico o skeptic, controllore o controller) secondo l'attività di apprendimento cooperativo, lavorando gomito a gomito (face-to-face) si conoscono meglio (vedi il commento di Giulia), si insegnano a vicenda, ma anche ciò che fanno insieme diventa più efficace e più interessante (vedi il commento di Elia). In gruppo ci si sente più protetti e ci si responsabilizza di più, si focalizza meglio l'obiettivo di quel momento e per risolvere il problema proposto i ragazzi nel gruppo si fanno forza delle conoscenze l'uno dell'altro (vedi il commento di Elidor).

Il parere degli studenti

Commenti degli alunni che hanno partecipato al *progetto PROFILES* al termine di tale percorso (i nomi indicati sono reali).

Elia: Questa esperienza è stata molto utile perché all'inizio, da solo, ero un po' in difficoltà. Poi con l'aiuto dei miei compagni ho capito meglio e ho imparato a comunicare e affrontare i miei problemi in gruppo.

Giulia: … Un aspetto positivo di questa esperienza è quella di aver legato con persone con cui prima non avevo mai parlato e non avevo molta confidenza.

Matteo: Questa esperienza è stata molto utile anche se le prime volte c'erano molte difficoltà per lavorare insieme però alla fine abbiamo capito che lavorando in gruppo e alternando i ruoli si poteva lavorare meglio e con più serenità. Quindi è stato positivo.

Marco: Questo progetto all'inizio non mi è piaciuto così tanto. Adesso però mi sembra utile e interessante.

Elidor: Trovo che questo modo di lavorare permetta a chi ha bisogno di aiuto di essere aiutato a svolgere gli esercizi dai compagni più bravi in quanto risulta più facile farsi aiutare dai compagni di classe visto che c'è più confidenza.

Davide: Questa esperienza è stata molto interessante perché abbiamo capito come collaborare in gruppo e come funzionano i diversi ruoli,anche se all'inizio ci sono state diverse difficoltà. Confrontarsi insieme è servito anche ad accrescere le nostre possibilità.

Stefano: Personalmente ho trovato utile questo modo di interagire tra noi alunni perché esercitandoci assieme si possono chiarire diversi dubbi che vengono alla luce svolgendo il lavoro. L'unica pecca è il fatto che in classe non si riesca a mantenere un buon livello di silenzio utile alla concentrazione sul lavoro da svolgere.

Michele: Abbiamo imparato ad avere una responsabilità oltre che su noi stessi, anche sui nostri compagni. Quindi ci ha reso più responsabili e collaborativi, abbiamo comunicato e interagito come gruppo.

Figura 2. Gli studenti coinvolti in quasta esperienza di apprendimento significativo della matematica.

Bibliografia

1. M. Bergamini, A. Tritone, G. Barozzi, *Corso base verde di matematica. Vol. 4*. 2a Ed. Zanichelli: Bologna, 2009.
2. L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo. Un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, 21 (1), 18-25, 1999.
3. L. Sasso, *Nuova Matematica a colori. Vol. 4 con elementi di informatica*. Edizione verde. Petrini: Grugliasco (TO), 2012

Capitolo 29

Tutti autori, e-book, do it yourself. Il libro digitale a scuola fai da te, scoperta guidata per alunni e insegnanti

Mariano Maponi
ITT "E. Divini" San Severino Marche (MC)
e-mail: mariano.maponi@istruzione.it

Introduzione, motivazione e metodi didattici usati

La diffusione delle tecnologie dell'informazione e la loro penetrazione nella società cambiano profondamente l'insegnamento e l'apprendimento nella misura in cui modificano il nostro rapporto con noi stessi, con gli altri e con il mondo in generale. "*OnLine*" diventa "*OnLife*" nella nuova era dell'*iperconnessione* (Floridi, 2015). Gli studenti si sentono sempre più spesso prigionieri del passato dei loro insegnanti che prediligono l'erogazione del sapere basata principalmente sul contenuto dei soli libri di carta. Oggi anche la banca è multicanale: per eseguire un trasferimento di denaro possiamo utilizzare il sistema *home banking* via web, il canale bancario telefonico attraverso un'applicazione mobile, o raggiungere lo sportello della filiale più vicina nella nostra città e trovare il nostro beneamato cassiere disponibile a prendere in consegna i nostri soldi di carta. Il confine fra i diversi media e persino tra spazio fisico e spazio digitale tende ad assottigliarsi sempre più, fin quasi a scomparire. Questo determina un intreccio sempre più inestricabile fra media e ambienti eterogenei, fra atomi e bit. Il fenomeno è estremizzato dal carattere sempre più pervasivo del web ma anche dalla tendenza della cultura contemporanea. Un pubblico attivo e mobile non si accontenta più a una fruizione statica ma è sempre più orientato a *re-mixare* contenuti e servizi.

Bisogna adattare l'insegnamento alle caratteristiche individuali degli alunni andando a considerare i loro *stili di apprendimento*, in un contesto profondamente mutato dalle tecnologie. Lo spazio virtuale della *cittadinanza digitale iperconnessa* è una dimensione altra rispetto alla casa e alla scuola, un mondo immateriale dove i ragazzi si muovono, s'incontrano, comunicano, costruiscono i loro legami affettivi ed emotivi. Questa terza dimensione ormai denotata metaforicamente come la "*nuvola*" (*cloud*) va integrata in un unico ecosistema con l'aula per formare

l'ambiente di apprendimento. Per accedere a questo nuovo mondo la prima porta naturale è il *terminale mobile*, meglio conosciuto come *smartphone*. Accettiamo i nostri studenti (potenziati) con i loro "*cellulari*", si tratta di esemplari evoluti rispetto nostro essere stati studenti in un'altra epoca. Ho iniziato a scrivere in prima elementare con penna, calamaio e carta assorbente, la mia maestra era divorata dal dilemma se consentire o non consentire l'uso della penna a sfera in seconda elementare. L'alunno va visto come potenziale cittadino e va preparato a vivere in una società complessa in rapida evoluzione. L'idea dominante condivisa dalla maggior parte dei miei colleghi di proibire l'uso dei telefonini a scuola mi sembra pessima. Toglie al docente un'occasione fondamentale per insegnare agli alunni l'uso responsabile di questi nuovi strumenti. La proibizione non risolve mai il problema educativo che invece ha bisogno di dialogo e interazione tra i soggetti. È solo con la discussione e il confronto che si può sviluppare negli studenti comportamenti responsabili.

> "*Tu non puoi controllare come e quando e se i ragazzi useranno il cellulare e in che modo, ma puoi controllare quello che insegnerai loro, essenzialmente valori e l'etica che sottendono l'uso di qualsiasi strumento di comunicazione*" (EduPodCast http://www.garamond.it/ 15/2/07)

Tutti gli alunni delle scuole superiori sono muniti di ottimi *smartphone*, che le famiglie hanno pagato in molti casi più di 500 euro. Vista l'insufficienza di fondi pubblici per la scuola, per dotare le aule scolastiche di adeguate strutture tecnologiche, una buona politica – scelta sostenibile - è di dire agli studenti di portare il loro dispositivo mobile in classe - *Bring your own device* (BYOD). In questa situazione di "*MobileLearning*" saper progettare e realizzare testi fluidi, *e-book* in formato *e-pub*, diventa una necessità primaria per distribuire i contenuti su dispositivi che hanno dimensioni dello schermo molto diverse. Spesso sono distribuiti testi in formato PDF (*Portable Document Format*), chiamati impropriamente *e-book*. Il formato rigido del PDF, pensato per la stampa su carta procura pessime esperienze di lettura su dispositivi mobili.

Siamo abilitati a scrivere in rete senza chiedere permesso a nessuno, autori ed editori di noi stessi. In generale non scriviamo libri ma testi che diventano documenti, manoscritti, incisi, stampati, pagine web, messaggi su *blog* e *social network*. Gli oggetti scritti possono essere facilmente trasformati in libri di carta – quelli che conosciamo bene - o in *e-book* – quelli che vogliamo leggere sui nostri dispositivi mobili. Il libro in generale è formato dal testo, dal supporto sul quale è scritto e dall'interfaccia di lettura. Stiamo vivendo una vera e propria rivoluzione, che molti ritengono, per ampiezza e importanza, paragonabile a quella iniziata da *Gutenberg*, con l'uso dei caratteri mobili, che ha dato inizio alla diffusione dei libri stampati (Roncaglia, 2015). In breve per quanto riguarda i supporti utilizzati per la

scrittura, siamo passati dalle tavolette di argilla dei Sumeri ai *tablet*, moderne tavolette di silicio, passando per la pietra delle lapidi, i rotoli degli antichi greci e romani al libro rilegato come lo conosciamo oggi. Il supporto non è neutrale, condiziona i lettori a diverse *interfacce*, per accedere al contenuto.

In questo lavoro, con i miei studenti, siamo andati alla scoperta delle profonde trasformazioni che interessano i libri. Fenomeno molto rilevante per la diffusione della cultura, ma decisamente trascurato nella scuola italiana. Il libro digitale è ancora un oggetto sconosciuto per molti docenti e studenti, nonostante la possibilità formale sancita dalle nuove disposizioni ministeriali (Miur, 2014). A supporto degli insegnamenti delle varie discipline, è possibile l'adozione degli *e-book* in aggiunta e/o in alternativa dei libri carta. In questo *project work*, con gli alunni, abbiamo provato a raccogliere racconti e altri testi brevi, in *e-book* fatti con le nostre mani - *Do It YourSelf* (DIY) - scoprendo nel dettaglio linguaggi, formati, dispositivi e problemi pratici legati alla produzione dei libri digitali. Ci siamo imbattuti in alcune criticità come quelle poste, per esempio, dal *copyright*. In concreto abbiamo sperimento gli strumenti e le tecniche per leggere, creare e conservare gli *e-book* in formato *e-pub*.

Presentazione dell'esperienza e discussione

L'esperienza dal titolo "*Ebook, Do It Yourself*" è stata realizzata l'anno scorso con gli alunni del quarto anno dell'istituto tecnico industriale "E. Divini" indirizzo informatico, classi 4° sezione F e 4° sezione G. Gli alunni sono stati organizzati in piccoli gruppi di tre: *coordinatore, progettista* e *amico critico*. I ragazzi hanno lavorato al progetto per circa un mese, condividendo i prodotti realizzati e interagendo in presenza (a scuola) a distanza (a casa). Per tutto il periodo dell'attività hanno condiviso con i docenti della disciplina di laboratorio *sistemi* e *reti* (tre ore settimanali) un report (*diario*), suddiviso in: descrizione dell'attività, riflessioni sull'esperienza svolta e riferimenti a risorse strumenti e prodotti realizzati e/o utilizzati. I gruppi sono stati formati da alunni scelti in maniera casuale, allo scopo di incrementare le relazioni sociali tra loro. È ribadito che in generale sia i vicini di casa, sia compagni di lavoro, non si possono scegliere.

Il terzo spazio "*la nuvola*" per unire le esperienze dell'aula a quelle domestiche è stato assicurato da "*Google Apps Education*" disponibile sul domino della nostra scuola *divini.org*. Tutti gli studenti e i docenti hanno un indirizzo di email fornito dalla scuola che consente di accedere al *cloud* della classe, per l'interazione di gruppo e con i singoli e per la scrittura di documenti in maniera collaborativa (*https://www.google.com/edu/it/*). In alcuni casi i ragazzi che non avevano presso le loro abitazioni connessioni a banda larga, l'hanno rimpiazzata con telefono fisso, pc personale e chiavette USB pendrive per trasportare i dati, superando in questo modo il *digital divide*.

Il lavoro consisteva nel progettare un libro con una raccolta di almeno sei racconti brevi o in alternativa sei testi di liriche e canzoni preferite. Risultato atteso del *project work* era migliorare le competenze digitali partendo dalle profonde trasformazioni che interessano i libri, per arrivare ad una maggiore consapevolezza sulla produzione dei testi in generale. Andando ad indagare sia gli aspetti tecnici, legati alla codifica e alla marcatura del testo (linguaggi *XML, XHTML*), sia gli aspetti di progetto dei vari tipi di scritture utilizzate in classe per documentare le attività: relazioni, appunti, diari, report e manuali tecnici. Nel progetto del libro dovevano essere considerate le varie parti: copertina, indice, sezioni e diritti di autore. I modelli di Copyright "*tutti i diritti di autore sono riservati*", Creative Common "*solo alcuni diritti di autore sono riservati*" sono stati occasione concreta per gli alunni per scoprire come la spinosa questione della gestione dei diritti di autore condiziona negativamente lo sviluppo dell'editoria digitale. Legati al diritto d'autore, sono i sistemi di protezione adottati dagli editori per impedire la copia dei libri. Anche in questo caso gli alunni hanno potuto sperimentare i problemi e i vantaggi dei due metodi utilizzati dagli editori: Il *Digital Rights Management* (DRM) Adobe, che tanti problemi creano al lettore nell'uso del libro, e il nuovo sistema *Social DRM* o *WaterMarking*, che è un metodo per la protezione dei contenuti più evoluto che non limita in alcun modo l'utilizzo del file (libro digitale) cui è applicato. *Editoria digitale* di Letizia Sechi (2010) è stato il testo che ci ha guidato alla scoperta dei problemi pratici legati alla produzione dei libri digitali e ad alcune criticità come quelle appena viste relative alla gestione del *copyright*. Il testo di Letizia Sechi ha la fortuna di essere disponibile gratuitamente sul sito dell'editore Apogeo in formato elettronico (*e-pub* e *mobi*), quale migliore occasione per provare a leggerlo sui diversi dispostivi; *pc* , *e-reader*, *tablet* e *smartphone*.

Tutti noi ormai troviamo sul nostro pc *Adobe Reader* che rappresenta l'applicazione più diffusa per visualizzare, stampare e commentare i documenti in formato PDF, mentre su nessun computer della scuola e/o privato dei nostri alunni è stato trovato *Adobe Digital Editions* che è il software standard per visualizzare e gestire *e-book*. L'applicazione consente anche di scaricare e acquistare i contenuti digitali, che possono essere letti sia online che offline; Trasferire *e-book* protetti da copia (DRM) dal personal computer ad altri computer o dispositivi. Organizzare gli *e-book* in una libreria personalizzata e annotare le pagine. Gli alunni hanno poi testato altre applicazioni per leggere gli *e-book* sui propri dispositivi mobili. Inoltre abbiamo scoperto le principali caratteristiche dei meno diffusi *e-reader* (*e-book-reader*), come il più famoso *Kindle* distribuito dalla più grande libreria on line come *Amazon* (http://www.amazon.it/) o *kobo-e-reader* distribuito dal più grande editore italiano *Mondadori* (http://www.mondadori.it/).

Questi ultimi dispositivi dotati di *display* con tecnologia *e-ink* (*electronic Ink*), progettata per imitare l'aspetto dell'inchiostro su un normale foglio di carta. Gli

e-reader non irritano gli occhi anche dopo un uso prolungato, ci restituiscono un'esperienza di lettura più vicina al libro di carta, riducono gli effetti collaterali tipici dei dispostivi con video *retro illuminati*.

Conclusa la prima fase dedicata ai dispostivi e alle applicazioni per la lettura degli *e-book*, siamo passati ai linguaggi per la codifica e la marcatura del testo necessari per realizzare il libro digitale. La nostra guida è stata *l'Umanista Informatico* (Brivio, 2009), testo ponte tra letteratura e tecnologia dell'informazione. Il libro ha il merito di andare oltre il luogo comune che vede la persona con interessi letterari lontano dal mondo dei computer. Anche quest'ultimo libro, che si può trovare facilmente in libreria in formato cartaceo, è distribuito gratuitamente in formato elettronico dall'editore Apogeo. E l'*umanista*, forte degli anni passati a studiare documenti e lingue si troverà certamente a suo agio nello studio dei linguaggi artificiali (XML, *XHTML* e CSS) che ci permettono di definire l'architettura dell'informazione in questo caso del libro digitale, ma più in generale anche del *world wide web*.

Informatica e scienze umanistiche hanno molto in comune, il concetto di architettura dell'informazione non è proprio solo del web, ma di ogni contesto del nostro agire quotidiano, dagli ambienti fisici a quelli digitali. I modelli organizzativi dei libri, della letteratura, del cinema e del teatro e a quelli dei punti vendita (disposizione dei prodotti sugli scaffali di un supermercato), a quelli delle biblioteche e dei percorsi urbani degli autobus hanno tutti lo stesso problema di "*findability*" quando si tratta di trovare rapidamente delle cose (*artefatti* fisici o digitali). Modellare l'informazione perché sia pertinente e opportuna richiede un grosso lavoro umano, che coinvolge la tecnologia nell'organizzazione dell'interfaccia e la cultura nella scelta e organizzazione dei contenuti. La frustrazione che deriva dall'incapacità di trovare il pacchetto di sale in un supermercato è analoga a quella di non trovare un'informazione specifica su un libro e un sito web composto di molte pagine e sezioni (Rosati, 2007).

Anche nel progetto di un libro dobbiamo considerare l'interazione lettore-informazione, andando a definire aspetto e contenuto, due facce della stessa medaglia. La prima, l'aspetto, riguarda l'impaginazione di un testo e la collocazione dei vari elementi grafici, l'altra la selezione e l'organizzazione degli argomenti da inserire, i testi. Per rappresentare questi ultimi con gli alunni siamo andati alla scoperta delle principali caratteristiche del linguaggio XHTML (*eXtensible HyperText Markup Language*), linguaggio di marcatura di ipertesti estensibile, usato sia per definire il contenuto di un libro digitale in formato *e-pub*, sia per definire il contenuto di una pagina web standard secondo il *World Wide Web Consortium* (W3C). Compreso con gli alunni come dividere un'opera in titoli e paragrafi inserendo i tag racchiusi tra le parentesi angolate < > del linguaggio XHTML, abbiano iniziato a prendere confidenza con la marcatura del testo, come nel frammento che segue:

<title>Italo Calvino, lezioni americane</title>
<h1>Leggerezza</h1>
Dedicherò la prima conferenza all'opposizione leggerezza-peso, e sosterrò le ragioni della leggerezza.
Questo non vuol dire che io consideri le ragioni del peso meno valide, ma solo che sulla leggerezza penso d'aver più cose da dire.

Il passo successivo va a occuparsi dell'impaginazione del testo e della collocazione dei vari elementi, contrassegnati dai *tag*. A ogni elemento sono associate un insieme di regole tipografiche scritte su un foglio di stile. Per gli elementi visti nel brano riportato nel precedente esempio, possiamo avere per il titolo di primo livello <h1> … </h1>, e per i paragrafi … le seguenti regole:

h1 {color: red; text-align: center; font-family: "Times New Roman"; font-size: 20px}

p {color: black; font-size: 15px;}

I fogli di stile a cascata in inglese *Cascading Style Sheets* (CSS) associati ad un documento XHTML definiscono la formattazione, separando aspetto e contenuto. Differenti fogli di stile possono cambiare la presentazione dello stesso contenuto, adattandosi a dispositivi con le dimensioni dello schermo molto diverse. La marcatura e la formattazione di un testo può diventare un lavoro lungo e tedioso senza l'aiuto di uno strumento autore WYSIWYG (*What You See Is All You Get*) che scrive per noi i *tag* per dividere il contenuto in tanti elementi e le regole tipografiche associate a questi ultimi, per determinare l'aspetto. Il sistema autore *Sigil* rende facile il progetto e la realizzazione di *e-book* in formato *e-pub*, è multi-piattaforma e può essere scaricato liberamente dagli studenti dal sito del progetto [http://sigil-ebook.com/]. Tutti i sei gruppi di alunni delle classi quarte sezione F e G hanno prodotto il loro primo *e-book*.

Infine per gestire la prima libreria di *e-book*, creati, acquistati e scaricati, gli studenti hanno scoperto *Calibre*, il *coltellino svizzero al servizio del lettore*, un'applicazione libera e open source ormai indispensabile per chi possiede libri digitali. L'applicazione è scaricabile dal sito del progetto (http://calibre-ebook.com/). Permette la conversione degli *e-book* in diversi formati e consente di trasferirli sui diversi dispostivi di lettura. L'esperienza per gli alunni è terminata con la realizzazione in maniera collaborativa di un *e-book* per ogni gruppo. L'oggetto sociale realizzato è stato caricato sui dispositivi personali degli alunni, per una prima esperienza di lettura. La facilità di sfogliare le pagine e di ingrandire

restringere i caratteri sono stati i primi elementi di confronto e valutazione del prodotto. Tuttavia, a sorpresa l'elemento che hanno fatto sentire orgogliosi gli alunni per l'*e-book* realizzato è stata la copertina, più che la selezione dei testi. Nella grafica della copertina, frutto di un *remix* d'immagini in rete, gli alunni hanno trovato una perfetta identità con il proprio immaginario popolato dai personaggi dei videogiochi, dei film e in qualche caso dagli eroi dei fumetti.

L'esperienza per l'insegnante è stata l'occasione per sperimentare l'uso di *rubric* di valutazione dinamica. Non avendo esperienze precedenti rilevanti in questo campo, ha pensato di adattare le *rubric* che si riferiscono alla valutazione delle competenze chiave di cittadinanza, elaborate dal progetto *Scuola21*, sostenuto dalla *Fondazione Cariplo* (http://www.fondazionecariplo.it/Scuola21/). Le competenze chiave sono quelle di cui ogni persona ha bisogno per la realizzazione e lo sviluppo personali, la cittadinanza attiva, l'inclusione sociale e l'occupazione, e che rinforzano il percorso di apprendimento continuo che si prolunga per l'intero arco della vita (*lifelong learning*). Le competenze sono raggruppate in tre ambiti: *costruzione del se*, *relazione con gli altri* e *rapporto con la realtà*. Di seguito è riportato un elenco degli indicatori utilizzati dall'insegnante per valutare le competenze:

- Costruzione del se; *imparare a imparare*, ogni studente deve acquisire un proprio metodo di studio, efficiente ed efficace:
    1. *Primo indicatore*: curare il proprio ambiente di apprendimento personale;
    2. *Secondo indicatore*: saper riflettere sui propri comportamenti.
- Relazione con gli altri; comunicare, collaborare e partecipare:
    1. *Primo indicatore*: ogni studente deve saper interagire con gli altri comprendendone i diversi punti di vista;
    2. *Secondo indicatore*: capacità di ogni studente di condividere con il gruppo di appartenenza informazioni, azioni, progetti finalizzati alla soluzione di problemi comuni.
- Rapporto con la realtà; risolvere problemi ed agire in modo autonomo e responsabile:
    1. *Primo indicatore*: ogni studente deve saper prendere decisioni di fronte a problemi con diverse possibilità di soluzione, e deve conoscere il valore delle regole;
    2. *Secondo indicatore*: lo studente deve saper affrontare situazioni problematiche e saper contribuire a risolverle.

Poiché l'insegnante come strumento di valutazione non si ritiene abbastanza preciso nel distinguere molti livelli di prestazione degli alunni, per ciascuno degli

indicatori elencati sopra, i descrittori sono ridotti solamente a tre livelli. Punteggio pari a 5, *livello alto* associato ad una *prestazione ottima*, punteggio pari a 3, *livello medio* associato ad una *prestazione apprezzabile* e punteggio pari a 1, livello *basico* associato ad una *prestazione superficiale*. In generale poiché la rilevazione delle competenze è settimanale alla fine dell'esperienza durata un mese abbiamo una *rubric* cosiddetta dinamica che non si limita ad valore momentaneo, ma da l'idea del andamento dell'impegno dello studente.

Crescente, decrescente o discontinuo. Apprendere è mutare, nulla o quasi si può dire di uno studente se io ho solo una istantanea del suo comportamento, se invece riesco a filmare l'evoluzione di un comportamento, ossia del tipo di risposta a uno stimolo nel tempo, le informazioni in mio possesso diventano molto più ricche, al punto da rendere meno probabilistiche le inferenze sulle potenzialità e sulle competenze dello studente in esame (Zecchi, 2014).

Conclusioni

Alla fine del lavoro i ragazzi, con il loro primo libro appena creato, hanno sperimentato il cambio di prospettiva del lettore che diventa autore, una micro-esperienza di *self-publishing* (Zibordi, 2012). In generale, con l'arrivo delle applicazioni *web 2.0*, *forum*, *blog*, e *social network*, abbiamo riscoperto il piacere di scrivere con nuove responsabilità. La scrittura diventa puro strumento di comunicazione e collaborazione con gli altri. È finito il tempo in cui a scuola si scriveva solo per essere valutati, penso ai temi d'italiano. Nella formazione del cittadino la facoltà del giudizio è essenziale, primaria. La capacità di giudicare il sapere non può essere che dei singoli. Essa poggia sulla consapevolezza di ciascuno di poter esercitare il proprio senso critico di fronte alle informazioni, agli stimoli, alle innumerevoli proposte che arrivano attraverso il web.

La diffusione degli *e-book* è aumentata molto negli ultimi anni, suscitando l'interesse dei lettori, degli autori, degli editori, e appare evidente che alcune delle istanze che emergono dalla "*rivoluzione digitale*" non possono più essere ignorate. Ci si riferisce in particolare alle opportunità che rendono tangibili alcuni fondamenti della società della conoscenza, ovvero al valore che la conoscenza esprime nel momento in cui risulta integralmente accessibile a tutti e al significato che può assumere nel momento in cui ciascuno può disporne liberamente per rielaborarla e integrarla con le proprie conoscenze. È ragionevole pensare che gli *e-book* a scuola si possano collocare proprio in questo quadro di riferimento, in quanto contenitori potenziali di raccolte integrali e/o integrabili di testi e documenti annotabili, ovvero, in una parola, nella loro natura potenziale di "*biblioteche digitali*" personalizzabili (Bardi, 2014).

Questa esperienza aiuta insegnati ed alunni a prendere coscienza di questa nuova realtà: libri digitali libri di carta, due esemplari dello stesso oggetto. Non ha senso una disputa che vuole contrappore l'uno contro l'altro.

> "Un libro è un libro. I libri sono prima di tutto contenuto: parole lette e parole scritte; parole condivise, parole ascoltate; parole che formano o informano, parole che emozionano. Non importa il formato, il modo in cui il libro è stato confezionato o chi lo ha pubblicato, né tanto meno ha importanza il supporto scelto dal lettore. Quel che conta è il modo in cui i libri contribuiscono a dare valore alla nostra esperienza quotidiana." (#StopBookWar, 2015)

"*E si leggerà ognuno come gli va*", le modalità di lettura: "*protesi in avanti*" verso l'informazione, come facciamo scrivendo, studiando un libro seduti alla scrivania, oppure "*appoggiati all'indietro*" (ad esempio in poltrona, sul divano), di una informazione che ci impegna ma da cui possiamo lasciarci trasportare senza la necessità di interventi attivi. È il modo in cui in genere leggiamo un romanzo. Altri modi di lettura che possiamo elencare: *in mobilità*, in autobus in treno, in rete *social reading* lettura sociale (Roncaglia 2015).

Alla fine di questo *project work*, ho scoperto con sorpresa che l'argomento scelto ha trascinato molti altri temi. Avrei potuto approfondire con maggiore efficacia l'evoluzione del libro se oltre alla collega di laboratorio di sistemi e reti, fin dall'inizio, avessi coinvolto un gruppo più esteso di insegnanti dello stesso consiglio di classe. "*Ebook, Do It Yourself*" non è solo un argomento, ma un fenomeno importante nel quale siamo tutti direttamente coinvolti. Rompere i confini disciplinari dentro la scuola, dentro i gruppi di ricerca, può essere un punto di svolta, un modo concreto, per passare da una conoscenza basata sulle divisioni a una fondata sulle relazioni, collegamenti tra le discipline.

Bibliografia

1. D. Bardi, *La classe scomposta. La didattica per competenze nelle tecnologie*. Nova Multimedia Editore: Milano, 2014.
2. F. Brivio, *L'umanista informatico*. Apogeo: Milano, 2009. Questo e-book è rilasciato gratuitamente sotto una licenza Creative Commons 3.0 BY-NC-SA.
3. M. Ferraris, *Documentalità*, *Perché è necessario lasciar tracce*. Editori Laterza: Bari, 2012.
4. L. Floridi, *La rivoluzione dell'informazione*, Traduzione di Massimo Durante. Codice Edizioni: Torino, 2014.
5. L. Floridi, *The onlife manifesto. Essere umani nell'era dell'iperconnessione*. European Commission Europe 2020 Initiative, Digital Agenda for Europe (ultimo aggiornamento 04/03/2015), https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/onlife-manifesto
6. Miur, Indicazioni in merito alle modalità di adozione dei libri di testo per l'anno

scolastico 2014/2015. 2014. http://hubmiur.pubblica.istruzione.it/web/istruzione/libri
7. G. Roncaglia, *La quarta rivoluzione, Sei lezioni sul futuro del libro*. 2a Ed. Editori Laterza: Bari, 2015.
8. L. Sechi, *Editoria digitale*. Apogeo: Milano, 2010. Questo ebook è rilasciato gratuitamente sotto una licenza Creative Commons 3.0 BY-NC-SA.
9. L. Rosati *Architettura dell'informazione. Trovabilità: dagli oggetti quotidiani al Web*. Apogeo: Milano, 2007.
10. E. Zecchi, *Rubric dinamiche. Per un'estensione del concetto di rubric, nel tempo*. Lepidascuola: 2014. http://www.lepidascuola.org/wp-content/uploads/2014/09/rubric-dinamiche_last-pubbl.pdf
11. E. Zibordi, *Testi scolastici 2.0. Testi digitali con studenti intraprendenti e insegnati coraggiosi*. 40k unofficial: 2012.
12. #StopBookWar, (2015). Condividi il tuo amore per i libri con un hashtag! http://www.narcissus.me/it/2015/02/26/stopbookwar-hashtag-per-condividere-lamore-per-i-libri/

Capitolo 30

Insegnare la Matematica in modo efficace

Rosa Pescrilli
Liceo Scientifico "Vito Volterra" – Fabriano (AN)
e-mail: rosapescrilli@gmail.com

Lo studio e l'apprendimento della matematica promuove le facoltà intuitive e logiche, educa ai procedimenti ed ai processi di astrazione e di formazione dei concetti, esercita a ragionare induttivamente e deduttivamente, sviluppa le attitudini sia analitiche che sintetiche, determinando così nei giovani abitudine alla precisione del linguaggio, alla cura della coerenza argomentativa e al gusto per la ricerca della verità. La formazione della disciplina deve avviare gradualmente, a partire da campi di esperienza ricchi per l'allievo, all'uso del linguaggio e del ragionamento specifici come strumenti per l'interpretazione del reale e non deve costituire unicamente un bagaglio astratto di nozioni.

Il Laboratorio di Matematica assimilabile a quello della bottega rinascimentale nella quale gli apprendisti imparavano facendo e vedendo fare, comunicando fra loro e con gli esperti. Nell'insegnamento della geometria vengono ormai sempre più utilizzati i software di geometria (detti comunemente software di geometria dinamica), veri e propri micromondi, nei quali gli studenti possono fare esperienze, compiere esplorazioni, osservare, produrre e formulare congetture e validarle con le funzioni messe a disposizione dal software stesso.

La storia della matematica

La storia della matematica, pur presentando contenuti suoi propri e possibilità di sviluppi su vari fronti (aspetti interdisciplinari con la filosofia, con l'arte e con molte altre discipline), va vista, in questo contesto, come un possibile ed efficace strumento di laboratorio adatto a motivare adeguatamente e ad indicare possibili percorsi didattici per l'apprendimento di importanti contenuti matematici. La competenza matematica, consiste nell'abilità di individuare e applicare le procedure che consentono di esprimere e affrontare situazioni

problematiche attraverso linguaggi formalizzati. La competenza matematica comporta la capacità e la disponibilità a usare modelli matematici di pensiero (dialettico e algoritmico) e di rappresentazione grafica e simbolica (formule, modelli, costrutti, grafici, carte), la capacità di comprendere ed esprimere adeguatamente informazioni qualitative e quantitative, di esplorare situazioni problematiche, di porsi e risolvere problemi, di progettare e costruire modelli di situazioni reali.

Strategie metodologiche e didattiche

- Valorizzare nella didattica linguaggi comunicativi che coinvolgano l'alunno e ne stimolino l'apprendimento;
- Utilizzare schemi e mappe concettuali;
- Promuovere inferenze, integrazioni e collegamenti tra le conoscenze e le discipline;
- Dividere gli obiettivi di un compito in "sotto obiettivi";
- Offrire anticipatamente schemi grafici relativi all'argomento di studio, per orientare l'alunno nella discriminazione delle informazioni essenziali;
- Privilegiare l'apprendimento dall'esperienza e la didattica laboratoriale;
- Incentivare la didattica di piccolo gruppo e il tutoraggio tra pari;
- Promuovere l'apprendimento collaborativo.

Strategie metodologiche e didattiche

Per motivare lo studio della disciplina è importante:

- far sapere a che cosa serve la matematica nella vita reale;
- presentare la disciplina come parte della cultura dell'individuo;
- offrire la conoscenza della disciplina come linguaggio chiave per interpretare il mondo.

Gli esercizi vengono proposti per progettare e sostenere il processo di apprendimento, condizione sine qua non per orientarsi.

La metodologia

- Rinforzo delle competenze mancanti ad una preparazione minima di base;
- Recupero degli allievi in difficoltà con attività individuali e di gruppo;
- Ripartizione del curricolo in unità didattiche (U.D.) con:
    a. lezione teoriche per presentare le nozioni fondamentali;
    b. lavoro di gruppo e/o individuale;
    c. sistematizzazione (lavoro nei gruppi che di volta in volta e prima della prova sommativa elaborino un resoconto delle U.D.).
- Verifica;
- Integrazione dell'Informatica nella Matematica (uso del computer in laboratorio come supporto allo studio della matematica e a questo è finalizzato);
- Apprendimento del calcolo algebrico finalizzato alla comprensione delle regole, evitando esercizi che richiedano calcoli troppo laboriosi e/o inutili;
- Metodo induttivo: introduzione motivata dei singoli temi partendo da problemi concreti, cenni storici e dalla necessità di conoscere qualcosa perché utile alla risoluzione di qualche problema;
- Scoperta guidata con l'aiuto di schede operative: la matematica si impara facendo, osservando, riflettendo più che ascoltando e ripetendo;
- Utilizzo da parte dell'insegnante di metodi di comunicazione volti a risolvere i conflitti: il metodo Gordon.

Bibliografia

1. H. Wong, R. Wong, K. Rogers, A. Brooks, Managing your classroom for success. *Science and Children*, 49 (9) 60-64, Jul 2012.

Capitolo 31

Learning by Doing. Team Work: ITT “Divini” - AM Microsystems

Elena Marini[1], Lidia Papavero[1], Matteo Piersantelli[2], Adolfo Russo[2]
1 ITT "E. Divini" San Severino Marche (MC); 2AM Microsystems, Urbisaglia (MC)
e-mail: elena.marini@divini.org; m.piersantelli@am-microsystems.com

Introduzione

L’attività di apprendimento attivo nella 4a G della specializzazione Informatica ha avuto inizio quando un ex-studente dell’ITT “E. Divini”, Ing. Matteo Piersantelli, ha incontrato gli allievi di questa classe, per presentare loro sia la sua esperienza di studente nel nostro Istituto e all’Università, sia come titolare dell’azienda AM Microsystems. La competenza e la disponibilità ad accogliere nuove idee da parte di un ingegnere tanto giovane, ha suscitato inevitabilmente curiosità ed entusiasmo nei nostri ragazzi, i quali hanno manifestato, fin dal primo momento, la volontà di sperimentare la collaborazione con l’azienda.

Motivazione

Premesso che nel nostro istituto si organizzano attività di collaborazione con le aziende ai fini del raggiungimento di diversi obiettivi, primo fra tutti creare una cultura del lavoro come momento formativo della persona, riteniamo di fondamentale importanza questo tipo di attività per consentire ai ragazzi di mettere alla prova le proprie capacità operative, rafforzare le capacità relazionali e di socializzazione, le capacità di flessibilità e disponibilità al cambiamento, sperimentando la sistematicità dei processi organizzativi e produttivi che esistono all’interno di un’azienda. Crediamo inoltre che la possibilità di potersi calare nei ruoli di un team di progetto, contribuisca in maniera significativa ad incrementare la motivazione all’apprendimento delle discipline tecniche, che è già presente nella maggior parte degli allievi di questa classe. Ulteriore elemento che rafforza la nostra motivazione a realizzare l’apprendimento attivo, è un aspetto dell’informatica e, in generale del lavoro di progetto, che gli studenti generalmente

ignorano e al quale sono il più delle volte disinteressati: la documentazione. In questa nostra esperienza, tutt'ora in corso di svolgimento, intendiamo dare particolare risalto a questo aspetto soprattutto nella fase di analisi e specifica del progetto, poiché riteniamo che possa aiutare l'allievo a formulare domande e fornire risposte e quindi ad affrontare in modo analitico anche situazioni nuove e generare nuove idee. La documentazione della dinamica di lavoro dei gruppi dovrebbe inoltre risultare uno stimolo alla riflessione sulle modalità di gestione delle difficoltà nello sviluppo del progetto e degli eventuali conflitti tra i componenti del team.

Metodi didattici

Durante la prima seduta in laboratorio l'Ing. Piersantelli ha mostrato alla classe una 'tavoletta' elettronica in grado di rilevare i movimenti della mano e fornito, con l'aiuto della prof.ssa Papavero, alcuni spunti di lavoro sui quali riflettere per sviluppare progetti a partire da nuovi strumenti. Nella seduta successiva gli studenti hanno esposto le loro idee su eventuali progetti da realizzare e, sotto la guida degli ingegneri Piersantelli e Russo, hanno formalizzato tali idee, sulla base della fattibilità, in progetti concreti. Il fatto che ogni studente abbia scelto il progetto da realizzare, e quindi il contesto per sé rilevante, ha fatto sì che i gruppi di lavoro si costituissero in modo naturale. In ciascun gruppo sono stati individuati dei ruoli, tra cui un coordinatore che ha anche il compito di riferire lo stato di avanzamento dei lavori del proprio team durante gli incontri programmati con i titolari dell'azienda, un relatore che documenta, tramite report, l'operato del proprio gruppo e un componente che si occupa di documentare il progetto.

Tutte le attività sono guidate e monitorate dai docenti, i quali, non solo forniscono supporto tecnico, ma sono anche supervisori della dinamica di lavoro all'interno di ciascun team. Tutti i documenti, a partire dall'elenco dei gruppi con i rispettivi componenti e ruoli sono condivisi, tramite le app della piattaforma Google, con tutta la classe, le docenti coinvolte nel progetto e i titolari dell'azienda esterna. Dopo ogni incontro, fissati gli obiettivi da raggiungere entro le scadenze stabilite, le docenti spiegano le attività da svolgere ai fini del raggiungimento di tali obiettivi. Nella lezione teorica settimanale, la prof.ssa Marini affronta i concetti fondamentali relativi alla progettazione di un sistema, i quali poi vengono sperimentati dagli allievi, in prima persona durante le attività di progetto. Questo lavoro induce i ragazzi ad affrontare con una motivazione diversa la lezione successiva. Ciò è dimostrato dagli interventi effettuati e dalle domande che vanno più a fondo negli argomenti. Come momento di confronto, settimanalmente il coordinatore di ciascun gruppo viene invitato a riferire alla classe l'evoluzione e lo stato di avanzamento del proprio progetto.

Presentazione dei progetti

La classe si è scomposta e gli studenti si sono riuniti in gruppi che soddisfavano i loro interessi e sono iniziati alcuni progetti. I progetti scelti dai ragazzi:

- Realizzazione di un telecomando domestico con un controller gestuale 3D per accensione e regolazione colore e intensità di lampade a LED colorate.

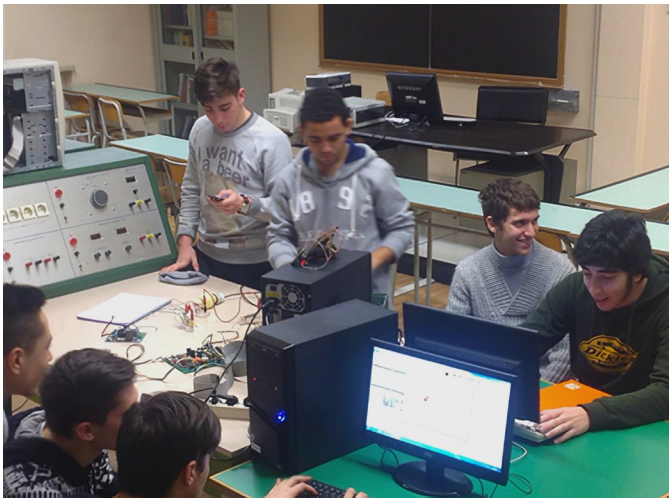


Figura 1. Gruppo GestIC 1: Realizzazione di un telecomando domestico.

- Realizzazione di un telecomando che controlli un televisore tramite i movimenti della mano, i quali saranno acquisiti mediante un controller gestuale. In base al gesto che verrà riconosciuto verrà inviato il segnale infrarosso adeguato al televisore (Es. Movimento rotatorio del dito in senso orario = Aumento del volume).

Figura 2. Gruppo GestIC 2: Realizzazione di un telecomando TV.

- Aggiornamento del sito Internet dell'azienda con nuovi servizi come l'aggiunta di un modulo per raccogliere i curriculum vitae, una pagina blog su cui vengono scritti articoli dai vari gruppi di lavoro inerenti l'andamento dei progetti. Altri obbiettivi sono l'aggiornamento della grafica (tema) del sito e l'aggiunta di nuove pagine con informazioni sull'azienda.

Figura 3. Gruppo Sito Web.

Figura 4. Gruppo RPI 1.

- Sviluppo di un’applicazione di visione artificiale con una scheda Raspberry. Questo progetto ha avuto l’adesione del maggior numero di studenti, quindi abbiamo ritenuto opportuno dividere i ragazzi in due gruppi distinti. Tale circostanza, a dimostrazione del fatto che componenti e dinamiche di gruppo diverse, inducono a volte a intraprendere decisioni diverse di fronte alla scelta delle stesse possibili soluzioni, si sta rivelando particolarmente interessante. I momenti di confronto tra i due gruppi infatti, inducono l’allievo a valutare criticamente le scelte effettuate o da effettuare (p. es. riguardo al sistema operativo da installare) e talvolta consentono di acquisire informazioni per intervenire tempestivamente nelle situazioni critiche.

Figura 5. Gruppo RPI 2.

L’interdisciplinarità dei progetti che coinvolgono, pur se in misura differente, tutte le materie di indirizzo, favorisce la formazione del tessuto reticolare di conoscenze relative ai diversi ambiti disciplinari.

Conclusioni

Questa esperienza si sta rivelando positiva in quanto gli studenti partecipano in maniera attiva e apprendono lavorando. Le difficoltà incontrate stimolano la

maggior parte dei ragazzi alla riflessione e li mettono in condizioni di dover prendere la decisione giusta per sviluppare nel modo migliore il loro progetto avvalendosi ciascuno delle proprie e dalle altrui conoscenze e competenze interdisciplinari. I ragazzi inoltre diventano consapevoli delle loro capacità e sono stimolati a dare sempre di più potenziando l'abilità di affrontare in modo analitico e critico i problemi. Ci aspettiamo infine che l'occasione di confronto sulle modalità di gestione delle difficoltà nello sviluppo del progetto e degli eventuali conflitti tra i componenti del team, si riveli un contributo alla crescita e all'arricchimento della persona oltre che all'aumento delle competenze dello studente.

Bibliografia

1. Y. Anzai, H. A. Simon, The theory of learning by doing. *Psychological Review*, 86 (2), 124-140, 1979.
2. C. Bolte, F. Rauch, (2014). *Enhancing inquiry-based science education and teachers' continuous professional development in europe: Insights and reflections on the PROFILES project and other projects funded by the European Commission* - Book of invited presenters of the 2nd International PROFILES Conference 25th-27th August, Berlin/Germany, 2014 .
3. L. Cardellini, R. M. Felder, Cooperative Learning. *IS Informatica&Scuola*, 12 (4), 36-39, 2004.
4. L. Cardellini, N. Reid, Il problem solving nelle scienze. *IS Informatica&Scuola*, 14 (3-4), 1-4, 2007.
5. R. M. Felder, R. Brent, Learning by doing. *Chemical Engineering Education*, 37 (4), 282-283, 2003.
6. J. Holbrook, M. Rannikmäe, Contextualisation, de-contextualisation, re-contextualisation – A science teaching approach to enhance meaningful learning for scientific literacy. In I. Eilks & B. Ralle (Eds.), *Contemporary science education* (pp. 69-82). Shaker: Aachen, Germany, 2010.

Capitolo 32

Apprendere per insegnare

Silvana Bracaccini
IIS "F. Filelfo", Tolentino (MC)
e-mail: brasil08@hotmail.it

Introduzione

Questo progetto è ormai ben collaudato essendo circa 11 anni che lo propongo agli studenti. L'idea mi è venuta quando insegnavo "scienza della materia e della natura" presso l'ITE di questo istituto. Chi aveva scelto di studiare "da ragioniere" non capiva facilmente perché dovesse applicare i propri sforzi verso le scienze e la chimica, quindi era per me vitale trovare un sistema per rendere la fatica dello studio interessante. Quotidianamente mi sentivo rivolgere la domanda: a che mi serve?

Quando mi sento rivolgere questa domanda mi dà quasi fastidio ma, in realtà, mi costringe sempre a non dare per scontato il senso di quello che propongo e a cercare di rendere i contenuti più vicini all'esperienza degli studenti e nello stesso tempo aiutarli ad una maggiore attenzione verso l'osservazione di ciò che accade. Questo sguardo più attento permette di cogliere aspetti di cui prima non ci si era accorti, suscitando spesso la meraviglia dei ragazzi, sperimentando anche che la bellezza può nascere in modo inaspettato, senza che sia stata programmata o progettata, sperimentando cioè la gratuità con cui la realtà si manifesta. Potendo accedere senza problemi al laboratorio scientifico, ho cercato prima di tutto di proporre esperienze a partire da materiali semplici, reperibili dalla vita quotidiana, per costringere gli studenti a capire che la scienza non è qualcosa di lontano e impenetrabile ma fa parte dell'esperienza di tutti i giorni e che permette di capire il mondo in cui viviamo, anche se richiede un metodo rigoroso.

Il metodo scientifico: osservare la realtà

La questione del *metodo* poi è per me il punto fondamentale da cui partire, non a

livello teorico ma sempre attraverso un'attività pratica che metta in luce tutti i rischi che si possono incontrare nello studio dei fenomeni. Per questo motivo propongo sempre come primo esperimento di ogni corso lo studio di quello che succede quando viene messo a contatto del marmo con l'acido solforico.

1. OSSERVAZIONE. senza nessuna premessa teorica all'esperimento, chiedo ad ognuno di scrivere nel proprio quaderno quello che osservano, poi dopo qualche minuto di tempo, raccolgo alla lavagna le varie osservazioni.

Le più frequenti sono: *Il marmo si scioglie, l'acido corrode il marmo* …., pochi, i più semplici, dicono che *si sviluppano delle bollicine* che è l'unico fatto che realmente si vede. La maggior parte, cioè, anziché osservare veramente quello che succede, trova già la spiegazione del fenomeno, arriva subito alle conclusioni secondo canoni mentali precostituiti. Ci si accorge in questo modo che spesso non osserviamo veramente la realtà che incontriamo tutta intera, ma diamo un'interpretazione di essa che non corrisponde, spesso e volentieri, alla verità della realtà stessa, o ci fermiamo su un particolare trascurando altri aspetti anche più importanti.

Non è assolutamente vero, infatti, che il marmo si scioglie e per quanto riguarda la corrosione non è chiaro in che cosa consista: cioè i ragazzi usano un termine di cui ancora non conoscono il significato. A questo punto è necessario ricondurre l'attenzione alla vera osservazione e si arriva unanimemente a questa: *si sviluppano delle bollicine che pian piano scompaiono*. Questo e solo questo noi vediamo!

Figura 1. Il marmo nell'acido sviluppa delle bollicine che pian piano scompaiono.

Allora alcuni spontaneamente formulano la domanda.

2. DOMANDA che è il secondo passaggio del metodo scientifico. Non tutti riescono a formularla. È qui infatti la genialità dello scienziato, la capacità di formulare la domanda, non rimanendo indifferente verso quello che viene osservato.

Fu proprio così che venne, per esempio, scoperta la penicillina da parte di Fleming all'inizio del 1900. Fleming lavorava sui batteri che coltivava in piastre; in una di esse, rimasta per troppo tempo in termostato crebbe della muffa con intorno un alone d'inibizione della crescita batterica. Uno qualsiasi avrebbe imprecato per l'errore e gettato tutto. Fleming invece fu attento a questa realtà imprevista e si pose la domanda sulla causa dell'inibizione. Da li nacque la scoperta (la muffa produce la penicillina, il primo degli antibiotici) che cambiò profondamente la vita della società futura, infatti nel 1800 la tubercolosi era una delle maggiori cause di morte.

Ritornando all'esperimento, dopo qualche confronto, i ragazzi concordano di concentrarsi su un'unica domanda: *perché lo sviluppo delle bollicine pian piano si interrompe?* Si passa quindi alle ipotesi.

3. L'IPOTESI, che consiste nel dare una risposta provvisoria alla domanda. Ogni ragazzo formula la sua ipotesi. In questi ultimi anni mi capita che qualcuno non riesca proprio a dare spiegazioni di alcun genere ma normalmente è possibile raccogliere diverse ipotesi, che una ad una, vengono prese in considerazione. Quelle più comuni sono:

    a. c'è una reazione che porta l'acido ad esaurirsi;
    b. il marmo contiene gas intrappolato nella massa che si libera a contatto con l'acido;
    c. si forma una patina che impedisce al marmo di reagire completamente.

Ovviamente queste risposte sono provvisorie perché non siamo in grado di stabilire quale sia quella giusta senza la verifica sperimentale.

4. La VERIFICA SPERIMENTALE. Per fare la verifica sperimentale occorre prendere in considerazione un'ipotesi alla volta e proporre un esperimento che porti a risultati coerenti con l'osservazione.

a. Se l'acido si consuma, allora aggiungendo un pezzo di marmo nuovo, le bollicine non si dovrebbero sviluppare.

Dal risultato dell'esperimento si vede immediatamente che le bollicine si sviluppano come per la prima volta, l'ipotesi non è dimostrata: l'acido ancora c'è. Il fatto non ha ancora spiegazioni occorre andare avanti.

b. Se il marmo contiene gas intrappolato nella massa, che fuoriesce a contatto con l'acido, se lo si spezza, il gas dovrebbe fuoriuscire e quando viene posto nell'acido non si dovrebbero sviluppare altre bollicine.

Figura 2. Un nuovo pezzo di marmo viene messo nell'acido e si osserva sviluppo di bollicine.

Con la rottura del pezzo di marmo rimesso nello stesso acido riprende lo sviluppo di bollicine. Anche in questo caso l'ipotesi non è dimostrata.

Figura 3. Il marmo viene spezzato.

c. Se si forma una patina superficiale che interrompe il contatto tra acido e marmo, spezzandolo, si ottiene una superficie nuova che a contatto con l'acido può reagire.

Questo è quanto accaduto nella verifica dell'ipotesi precedente, in cui si vede che le bollicine si sviluppano proprio solo dalle superfici nuove prodotte dalla rottura.

CONCLUSIONE: la terza ipotesi è quella giusta. *Dalla reazione si foma una*

patina che copre la superficie del marmo. Ad ulteriore conferma si potrebbe togliere il pezzettino di marmo dall'acido e cercare di grattare la superficie esterna per vedere se, una volta reintrodotto nell'acido, di nuovo le bollicine si sviluppano dai punti grattati.

Arrivare alle conclusioni comporta:

1. attenzione e interesse per la realtà;
2. attenersi strettamente all'osservazione dei fatti che realmente accadono senza pregiudizi o interpretazioni;
3. farsi provocare dall'osservazione e formulare delle domande;
4. la risposta deriva dalla verifica che si basa su un'esperienza che può essere giudicata.

In questo sviluppo del metodo scientifico manca un punto fondamentale che è quello della *documentazione* cioè la ricerca di notizie che possano fornire risposte documentate alle nostre domande senza dover ogni volta rifare il percorso compiuto già da altri. Lo sviluppo della scienza infatti si basa proprio su questa "conoscenza per mediazione". È importante sottolineare per i nostri studenti questo aspetto che può contribuire a motivarli allo studio, infatti studiare non è altro che ripercorre, in modo molto facilitato, la strada che altri con grande fatica hanno costruito rendendo così più semplice la nostra conoscenza e comprensione della realtà. Infine, è interessante far notare che l'esperimento osservato riguarda un fenomeno che avviene in natura: le **piogge acide** che attaccano i monumenti di marmo reagendo fino a formare una patina esterna costituita di gesso che può però essere asportata dagli agenti meteorici portando all'erosione dei monumenti stessi.

$$\underset{\text{acido solforico}}{H_2SO_4} + \underset{\text{carbonato di calcio}}{CaCO_3} \longrightarrow \underset{\text{gesso}}{CaSO_4} + \underset{\text{anidride carbonica}}{CO_2} + \underset{\text{acqua}}{H_2O}$$

Gli esperimenti successivi che propongo partono sempre dagli argomenti curricolari che non sempre possono essere affrontati in laboratorio, ma, avendo chiaro, come detto prima, che lo studio non è altro che riscoprire le conclusioni raggiunte dagli scienziati con i loro esperimenti, la fatica diventa più godibile. Un'ulteriore motivazione al lavoro viene dalla proposta, fatta agli studenti, di diventare maestri per i più piccoli alunni della scuola primaria ai quali vengono riproposti gli esperimenti che corrispondono all'attività che essi stessi svolgono in aula a livello teorico con i propri insegnanti. Dopo aver preso contatto con le maestre della scuola elementare, che hanno accolto la mia proposta con entusiasmo, ho iniziato a lavorare in laboratorio in funzione della realizzazione

di lezioni ed esperimenti per i bambini delle scuole del primo ciclo a cui gli studenti più grandi dovevano fare da maestri. Quando ho fatto la proposta ai miei studenti, inizialmente erano perplessi perché in fondo si rendevano conto che era una cosa impegnativa, verso la quale non si sentivano adeguati, ma già dal primo incontro, malgrado gli errori e le reticenze nel parlare, l'atteggiamento si è decisamente trasformato.

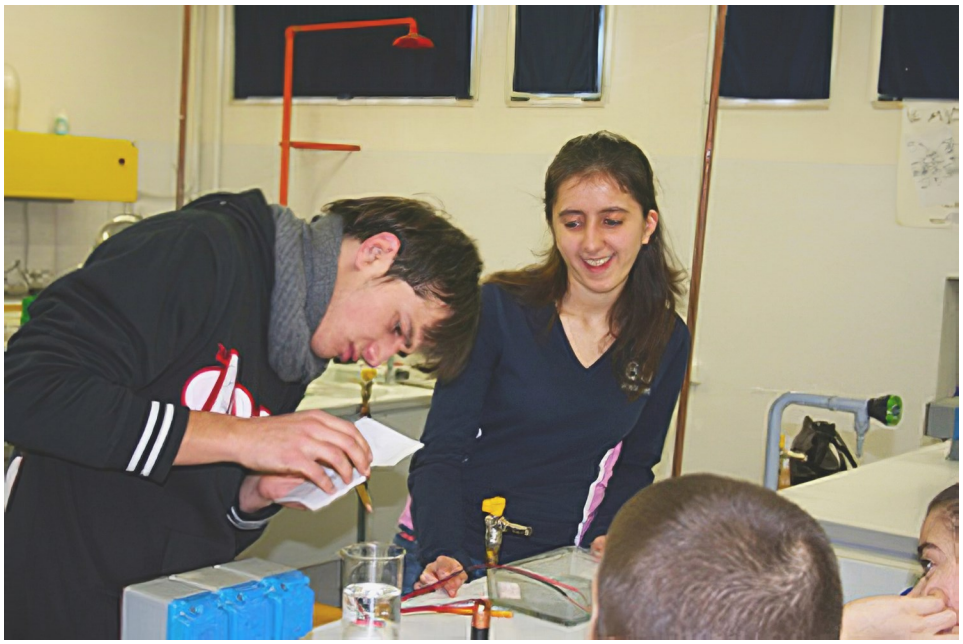


Figura 4. Gli studenti diventano maestri.

I ragazzi sono stati catturati dalla curiosità e dalle continue domande dei più piccoli; sono stati costretti a *spiegare nel modo più semplice possibile* quello che anche loro avevano appreso con difficoltà. Hanno iniziato anche loro a ricercare esperimenti semplici sugli argomenti concordati ed hanno dovuto capire con precisione i risultati che ottenevano dovendo così *andare a fondo* di ogni argomento, cominciando essi stessi a chiedere quello che non avevano capito bene.

L'attività si è svolta anche in orario pomeridiano e di fronte alla proposta fatta a tutti, con sorpresa ho visto che spesso si sono coinvolti di più studenti apparentemente meno volenterosi che in questa occasione hanno assunto una responsabilità in modo molto serio mettendosi a studiare approfonditamente argomenti prima trascurati. L'esperienza mi conferma che la conoscenza è un problema affettivo, che chiede cioè il coinvolgimento della persona, che si muove se vede una valorizzazione di sé e scopre la capacità di assumersi una responsabilità di fronte ad un compito.

Cosa ne pensano i bambini

Dell'entusiasmo e della curiosità dei bambini delle elementari è venuta la documentazione anche quando le maestre hanno proposto dei "temini" sull'attività svolta nel nostro laboratorio. Le espressioni che mi hanno colpito maggiormente sono per esempio:

> "… è stato *interessante* e nello stesso tempo è servito *per farmi capire* …" (Luca), "… Finite le lezioni ritornavamo a scuola molto *soddisfatti e contenti* … Spero di tornarci presto perché questi esperimenti sono molto *interessanti*" (Benedetta), "con nostra *sorpresa* abbiamo visto che l'aria pesava" (Mattia), "Tutte le volte che siamo tornati in classe io ero dispiaciuta perché avrei voluto assistere ancora a delle lezioni così interessanti … Spero che anche l'anno prossimo la mia classe parteciperà ad esperienze così belle" (Elisabetta) "Queste giornate mi stanno piacendo molto perché vedere nuovi esperimenti *mi appassiona* …" (Antonio)

Commenti di questo genere sono contenuti praticamente in tutti i testi, ma mi ha colpito in particolare aver trovato espressioni come: *mi appassiona, soddisfatti e contenti* che mettono in evidenza come la scuola può essere vissuta con gusto e partecipazione e ancora il termine *sorpresa* perché, come molti scienziati hanno testimoniato, è solo attraverso uno stupore che è possibile conoscere. Proprio in uno degli incontri una maestra, esprimendomi l'entusiasmo che le avevano dimostrato i bambini, mi ha fatto notare come per loro sia particolarmente utile avere le spiegazioni da altri ragazzi e non dagli "addetti ai lavori", maestri o professori.

Altrettanto gratificante è anche sentire i genitori che, incontrandoli magari per strada, si fermano a raccontare gli esperimenti che i loro bambini ripetono a casa. Va riconosciuta la grande disponibilità delle maestre che hanno accompagnato in questo lavoro i loro alunni mostrando lo stesso entusiasmo e partecipazione, sottolineati anche in qualche composizione raccolta: "… mi ha colpito molto *l'entusiasmo* della maestra Franca che mi trasmetteva *gioia* e *interesse* …" (Elisabetta). È evidente che un bambino, un ragazzo, si muove soprattutto se ha di fronte a sé un **adulto** che è mosso da una **passione**.

Bibliografia

1. A. S. Palincsar, A. L. Brown, Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1 (2), 117-175, 1984.

Capitolo 33

Un possibile percorso didattico “alternativo” sullo studio della pressione

Fabrizio Gentili
Liceo Classico "G. Leopardi", Recanati (MC)
e-mail: fabrizio.gentili@istruzione.it

Il motivo per cui scrivo questo breve articolo è quello di portare la mia felice esperienza riguardo ad un insegnamento della fisica basato su esperimenti scenici, “paradossali”, poveri, realizzabili con materiali facilmente reperibili e soprattutto riguardanti fenomeni quotidiani dagli esiti sorprendenti. La scelta dello studio della pressione è dovuta a tre fattori: il primo è l’aspetto temporale in cui tale argomento viene proposto nei corsi di fisica delle superiori, il secondo è la facile ripetibilità di tali esperimenti, il terzo è l’enorme impatto visivo e motivazionale che suscita negli studenti. Premetto che tutto il percorso è realizzato con l’intento di realizzare uno “spettacolo di fisica” nel quale i ragazzi si esibiranno di fronte ai propri familiari per mostrare loro quello che hanno imparato. Per esperienza personale, ho imparato che l’approccio dei ragazzi a questa materia nei licei, esclusi quelli scientifici, è di diffidenza, di scetticismo e soprattutto di percezione di non riuscire.

Il rischio è quello di avere studenti che pensano che lo studio della fisica sia solamente risolvere il problema con formule date per verità assolute, saltate fuori come fossero teoremi impartiti dall’alto. L’altro rischio è quello di non far svolgere esercizi perché, come sento spesso in giro, “troppo difficili per gli studenti di oggi”, “tanto non riuscirebbero a risolverli”. Lo studio della pressione, come viene proposto nei testi delle scuole superiori, a livello strategico, è il primo argomento con il quale è possibile suscitare più entusiasmo e più stimoli; a livello storico la scoperta della pressione atmosferica è un percorso affascinante e tortuoso che dà la giusta idea di come la fisica sia una scienza sperimentale, senza quelle certezze che ha un teorema di matematica, quello che per millenni si credeva fosse scontato viene smentito.

All’inizio del percorso propongo agli studenti (con le dovute differenze tra licei,

soprattutto scientifici e non) domande stimolo, tipo:

1. Cosa è la pressione?
2. Cosa è la pressione atmosferica?
3. È maggiore in alta quota o in bassa quota?
4. Perché il fachiro non sente dolore nel letto di chiodi?
5. È possibile camminare sulle uova?
6. È possibile palleggiare con un pallone su una tavola di legno sporgente da un tavolo e sorretta solo da un foglio di giornale?
7. È possibile aspirare l'acqua al di sopra di 10,33 metri?
8. Galileo conosceva il concetto di pressione atmosferica?
9. Cosa è la teoria dell'"Horror Vacui"?
10. Cosa è l'esperimento di Torricelli?
11. La pressione di un liquido dipende dalla quantità o solo dall'altezza del liquido?
12. La pressione di un liquido sul fondo dipende dalla superficie del fondo?
13. Con la stessa quantità di liquido, la pressione sul fondo di un recipiente dipende dalla forma, dalla superficie del fondo, dall'altezza del recipiente?
14. È possibile far implodere una lattina solo con acqua e fornello?
15. È possibile gonfiare un palloncino all'interno di una beuta?
16. È possibile rompere una bottiglia di birra usando solo acqua e un colpo secco con il palmo di una mano?
17. Perché le maschere dei sub hanno un boccaglio con un tubo di al massimo 20-30 cm e non di un metro o più?
18. Quale è il punto più basso dell'oceano a cui l'uomo è sceso con un'imbarcazione?
19. È possibile tappare una damigiana di 10 o 15 litri di acqua con solo po' di carta assorbente e ribaltarla senza che l'acqua cada?
20. Cosa sono gli emisferi di Magdeburgo?
21. Chi ha scoperto la pressione atmosferica e come ha dimostrato tale scoperta?
22. È possibile rompere una botte piena di acqua versando poche gocce di acqua in un imbuto posto a 10 metri sopra la botte?
23. In una piscina ci sono tre persone dentro un canotto, e le persone si tuffano, il livello dell'acqua sale scende o resta inalterato?
24. Dati due palloncini, uno pieno di elio e uno di aria vengono attaccati all'interno di un auto (ovviamente quello con elio attaccato in basso e quello pieno di aria in alto), quando l'auto parte quale sono i versi degli spostamenti dei due palloncini? Se l'auto gira a destra dove si muovono?
25. Dato un bicchiere pieno di acqua posto sopra una bilancia, se metto un dito in acqua, senza toccare il fondo, cosa indica la bilancia? Misura

un valore diverso da prima? Se sì cosa misura?

26. L’acqua bolle prima in pianura o in montagna? Quindi la pasta cuoce prima in pianura o in montagna?
27. Se attacchiamo un foglio di carta in fondo ad un bicchiere e lo immergiamo in acqua con l’apertura in basso, l’acqua entra dentro il bicchiere?
28. È possibile far entrare un uovo in una bottiglia con il collo più stretto dell’uovo senza romperlo? Se sì, come fare per farlo uscire?

Queste domande servono per colpire l’immaginario dei ragazzi, per fargli osservare che questa materia può attirare la loro attenzione, che riguarda una realtà a loro vicina, non è astrusa dalla loro vita quotidiana. L’idea che mi sono fatto sugli alunni è quella di menti fresche e pensanti chiuse ermeticamente dalla sovrabbondanza di stimoli tecnologici e multimediali, quasi passivi per la troppa abbondanza di informazioni, incapaci di selezionarle, di sceglierle, di filtrarle. Solo motivando i ragazzi, solo ottenendo il loro interesse, la loro curiosità, è possibile entrare in contatto diretto con loro, renderli protagonisti del loro apprendimento.

In un secondo momento introduco i concetti fondamentali direttamente in laboratorio, facendo toccare con mano i concetti espressi, spesso portando gli stessi alunni a dedurre alcune leggi fisiche. Durante gli esperimenti utilizzo sempre una videocamera per riprendere che mi permetterà di assegnare successivamente dei lavori di gruppo. Alcuni esperimenti servono per suscitare entusiasmo e curiosità, ne cito solo alcuni; per gli altri inserisco un link a dei filmati su youtube:

1. Bottiglia di birra rotta con colpo secco come conseguenza del Principio di Pascal

Figura 1. Bottiglia di birra rotta con colpo secco come conseguenza del Principio di Pascal.

2. Letto di chiodi su cui è possibile camminare a piedi nudi

Figura 2. Letto di chiodi su cui è possibile camminare a piedi nudi.

3. Tavoletta di legno coperta da un giornale sulla quale è possibile palleggiare con un pallone da basket

Figura 3. Tavoletta di legno coperta da un giornale sulla quale è possibile palleggiare con un pallone da basket.

4. Damigiana da 5 litri, piena di acqua e attappata solo con un velo di carta scottex che se capovolta l’acqua non cade

Figura 4. Damigiana da 5 litri, piena di acqua e attappata solo con un velo di carta scottex che se capovolta l’acqua non cade.

5. Lattina di cola fatta implodere con dell’acqua bollente

Figura 5. Lattina di cola fatta implodere con dell’acqua bollente.

6. Palloncino gonfiato all’interno di una beuta

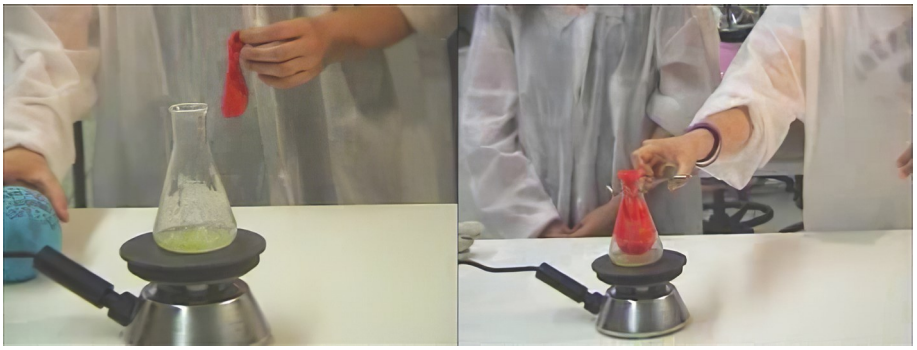


Figura 6. Palloncino gonfiato all’interno di una beuta.

7. Alunni attaccati con degli emisferi tipo Magdeburgo al soffitto del laboratorio

Figura 7. Alunni attaccati con degli emisferi tipo Magdeburgo al soffitto del laboratorio.

In laboratorio si mostra un fenomeno e si chiede agli studenti di fare delle ipotesi sul perché avviene in quella maniera? Ipotesi, non risposte. Le ipotesi non sono né giuste né sbagliate, sono ipotesi. E le ipotesi vanno verificate. Se uno studente fa una ipotesi strana (è quello che capita più spesso), non lo si deve zittire, dicendo "no, non è così" oppure "ci sei quasi", bisogna fare una cosa più difficile, cioè dimostragli con un esperimento o qualche cosa del genere che l'ipotesi non corrisponde alla realtà. Nel far questo si riesce a dare un legame effettivo tra teoria e realtà e pratica sperimentale. Bisogna mettersi nei panni di coloro che a quel tempo avevano le stesse domande dei ragazzi, gli stessi dubbi, le stesse perplessità. Questo può provocarci a volte un notevole imbarazzo: noi sappiamo che non è così ma non riusciamo ad immaginare un esperimento un motivo per cui quella ipotesi non è corretta. In genere quello che succede dopo un imbarazzo iniziale degli studenti (ma che razza di domande fa il prof? Perché non ci dà lui la spiegazione, se la sa?) – le abitudini ben inculcate sono difficili a morire – incomincia una marea di ipotesi, di curiosità, l'interesse è catturato, le spiegazioni teoriche necessarie sono seguite e soprattutto ricordate. Dopo questi esperimenti si passa allo studio storico della scoperta della pressione atmosferica, allo studio di quello che effettivamente è successo, immedesimandoci nelle persone che hanno trovato quelle leggi, ricordando i loro fallimenti. Spesso ricordo ai ragazzi una frase citata da Winston Churchill "Il successo è l'abilità di passare da un fallimento all'altro senza perdere l'entusiasmo" e una citata da Henry Ford "Ogni fallimento è semplicemente un'opportunità per diventare più intelligente".

I Ragazzi dovranno prima cercare alcune parole chiave tipo Horror vacui, Gian Battista Baliani, Gaspare Berti, Evangelista Torricelli, problema del sifone dei fontanieri di Firenze, Blaisè Pascal, unità di misura atm. Dal materiale ricavato si passa allo studio storico simulando in laboratorio o tramite filmati alcune delle problematiche che si erano create all'epoca della scoperta fino a giungere alla narrazione completa. A questo punto ai ragazzi si danno le consegne. Si organizzano dei gruppi da 4 e la consegna è quella di organizzare o

una presentazione power point o un file word con i link ai filmati realizzati spiegando in dettaglio il principio di funzionamento e di realizzare una breve sintesi storica della scoperta della pressione con aggiunte a piacere e approfondimenti vari. Inoltre ai ragazzi consiglio di esercitarsi in quegli esperimenti perché a fine anno avranno la possibilità di esibirsi di fronte alle proprie famiglie, spiegando loro il funzionamento. Per questo tipo di lavoro concedo un mese di tempo, durante il quale in classe procediamo con gli esercizi veri e propri.

Per quanto riguarda gli esercizi, a seconda del contesto di classe in cui mi trovo, di solito per “chiarire” ai ragazzi quali sono gli obiettivi dò una lista di esercizi e di domande fac-simile per aiutarli a prepararsi in vista del compito. Questo modo di fare può essere criticato in quanto si abitua i ragazzi a prepararsi sapendo già quali sono le difficoltà che si presentano nella prova, a queste obiezioni rispondo facendo osservare che la lista di domande e di esercizi è piuttosto lunga, in pratica i ragazzi si trovano a risolvere tutte le tipologie di esercizi fatti in classe e soprattutto si preparano a rispondere alle domande in maniera precisa e dettagliata. Dopo la prima verifica si rendono conto che il compito è incentrato su quel fac-simile e non possono più dire che loro non sapevano o che non avevano capito la domanda!!!

Gli stessi genitori di fronte agli insuccessi del figlio non possono eccepire nulla perché già prima delle verifiche sanno in linea di massima quello che devono sapere. Quello che i non addetti ai lavori non percepiscono è che in realtà in quel facsimile ci sono tutte le tipologie e tutte le domande possibili, concentrate, mentre durante le lezioni, una tipologia di esercizio viene svolta tre o quattro volte. Per differenziare i livelli prevedo uno o due esercizi di difficoltà maggiore che richiedono un’elaborazione più approfondita dei concetti appresi, lavorando sul concetto di sfida ottimale. I risultati ottenuti con questa metodologia sono a mio modesto parere piuttosto buoni; in questa maniera si evitano i voti 2 o 3 che non fanno altro che diminuire l’autostima dei ragazzi e rallentano l’andamento di tutta la classe. Penso che la classe sia una squadra, ci sono i campioni, i gregari e il gruppo, solo se il gruppo tira, i campioni si possono allenare e i gregari possono lanciare la volata!!!

Una classe in cui anche l’ultimo si sente partecipe del progetto è una classe in cui la didattica fluisce serenamente, tutti si sentono partecipi e anche coloro che hanno l’insufficienza sentono la fiducia di poter riuscire. A dimostrazione di questo porto l’esperienze di una classe di una prima liceo scientifico, in cui un alunno ha riportato un’insufficienza in fisica nello scrutinio finale ma nell’esibizione di fine anno è stato tra i migliori sia per esposizione sia per partecipazione. Il progetto di fine anno realizzato dagli alunni è un’idea vincente: ancora a distanza di anni alcuni studenti mi scrivono mail in cui mi dicono che il ricordo più bello insieme alla gita scolastica è lo spettacolo di fisica di fine anno, in cui timore,

ansia di prestazione e voglia di essere protagonisti hanno reso quei momenti indimenticabili.

Per la realizzazione di questi spettacoli non prevedo molti rientri, uno o al massimo due, perché il resto lo devono fare i ragazzi a casa, riunendosi, responsabilizzandosi, perché poi sono loro che si dovranno esibire e quindi hanno tutto l'interesse a presentarsi più preparati possibile. Alla fine di ogni esibizione è bello vedere le sensazioni sia dei ragazzi sia dei loro genitori; sono proprio i genitori a venire da me ringraziandomi come se avessi fatto chissà cosa, solo quando rivedo i filmati riesco a capire il perché: gli occhi di quei ragazzi brillano, si vede che sono coinvolti, che sono i protagonisti di un evento dedicato a loro, la scuola finalmente li ha messi al centro del "Villaggio"!!

Bibliografia

1. B. Sullo, *The motivated student. Unlocking the enthusiasm for learning*. ASCD: Alexandria, VA, 2009.

Capitolo 34

How Teacher Practice can Improve Students' Understanding of Science

Mansoor Niaz
Epistemology of Science Group
Department of Chemistry, Universidad de Oriente, Venezuela
e-mail: niazma@gmail.com

Introduction

In most parts of the world science is considered to be a difficult subject and students do not like how they are taught and consequently lose interest and at times even abandon their course of studies and look for alternatives. Various studies at the international level have explored how students learn science (for example, Trends in International Mathematics and Science Study, TIMMS). Such studies have also referred to the importance of teacher preparation with respect to formal training, such as undergraduate/postgraduate degree, teaching load and years of service as teachers. Although these are important factors, recent research has shown that teachers need to go beyond their formal training and consider issues, such as: What is science? How does it progress? How and why scientists do experiments? Do experiments provide data that automatically lead to the formulation of theories? Can two scientists having the same data provide different interpretations? Do different interpretations lead to controversies? How do scientists resolve these controversies? Do theories change (for example, from Newton to Einstein)? These questions constitute 'science in the making' and can form part of classroom discussions, which can motivate students to consider science as a 'human enterprise' (Niaz, 2012). If the students are convinced that scientific theories change and that a lot of work remains to be done, this can open a new window for the students leading to the selection of science as a career. In order to facilitate this perspective of the changing nature of science it is essential to provide students a historical perspective of scientific progress (Matthews, 2015).

 L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 305-308)

Role of science textbooks

Textbooks are an important source of information (and sometimes the only source) for both students and teachers in many parts of the world. However, textbooks do not provide students with a glimpse of how science is done and why science keeps developing new theories all the time, and consequently we need the collaboration of new scientists who are our present day students, looking for new opportunities. Recent research published in major science education journals reveals that very few textbooks follow the historical perspective and thus deprive students of new, challenging and thought provoking environments (Niaz, 2014). The need to cultivate students' expectations of how they might contribute to future changes in scientific innovation has been recognized in the literature:

> The key role of history here is characterizing the complexities of how science *changes*. So many science textbooks unhelpfully – and above all inaccurately – cultivate a rather static image of scientific disciplines, as if they were completed with comprehensive certainty. It is perhaps not difficult to understand how this gross oversimplification might arise as the result of a pedagogical need to 'tidy up' the presentation of science to meet the needs and capacities of students. But faced with the textbook spectacle of such an apparently unalterable monolith, is it any wonder that students can have difficulty conceiving how they might ever contribute to science? (Gooday, Lynch, Wilson & Barsky, 2008, p. 326, original italics).

Indeed, the crux of the issue is how to convince students that they can contribute towards the progress of future science. Interestingly, Kenneth G. Wilson, coauthor of this quotation is a Nobel Laureate in physics.

Role of science teachers

In order to incorporate history of science in the classroom we have designed various courses for science teachers. In these courses teachers are provided historical background of material that is already included in their curriculum and textbooks (for example the experiments of J. J. Thomson, E. Rutherford, R. Millikan and others that led to the formulation of the modern atomic structure). After participating in one of these courses a teacher responded in the following terms:

> From the very beginning I would have liked to learn, 'where did the scientific laws come from,' that is, their historical context. This would have provided me a better perspective and even perhaps an incentive to become a

> research scientist. On the contrary, we were taught that scientists are geniuses and especially 'equipped' for doing science. Again, in our undergraduate methodology course we were asked to strictly follow the scientific method (Reproduced in Niaz, 2012, p. 145).

It is important to note the reference to 'geniuses' in this response as many students think that those who discover new ideas are very special scientists. This view ignores the historical perspective which shows that scientists are human beings who work very hard and do not give up a challenge when the odds are against them (Niaz, 2009). Again, the reference to the scientific method is important as many textbooks and even curricula inculcate the idea that scientists follow the scientific method which consists of a recipe like step-by-step procedure (for details about the scientific method, see Niaz, 2012). On the contrary, history of science shows that scientists do not follow well-defined preconceived series of steps, but rather are flexible, creative, open to various alternatives, and often speculate.

In another course based on a historical perspective one of the teachers responded in the following terms:

> This semester in my 9th grade class, while teaching atomic structure, instead of including experimental details, I introduced some historical description of the controversy between J. J. Thomson and E. Rutherford. This was so motivating for the students that in the next experiment they wanted to know the origin of the experiments and if there were contradictions between the scientists and how they were resolved (Reproduced in Niaz, 2012, p. 162).

Indeed, this response clearly shows that the historical perspective can motivate students and thus facilitate a better understanding of what the scientist was trying to do. Furthermore, it shows that in order to facilitate students understanding and motivation, teachers will have to do their own 'homework.'

Let us consider another example by considering Bohr's model of the atom and especially his four famous 'postulates' which are given prominence by most science textbooks and students generally memorize them. At this stage it is interesting to ask the following question: How did Bohr confirm the 'postulates' of his scientific theory? Did Bohr have the necessary empirical evidence to substantiate his 'postulates?' Even a cursory glance at the historical record will reveal that Bohr's 'postulates' were primarily speculative and based on presuppositions (Niaz, 2011). This also shows that Bohr did not follow the scientific method but rather used his ingenuity to solve the problem of the paradoxical stability of the Rutherford model of the atom. Furthermore, in order to understand the changing nature of atomic models, it is interesting to study how

the Bohr model of the atom itself was superseded by Bohr-Sommerfeld model of the atom (Niaz & Cardellini, 2011).

Conclusion

The historical approach to teaching science is now recognized as an alternative to the traditional classroom and textbooks in almost all parts of the world. A major contribution of this approach is that students do not have to memorize science content but rather engage in 'scientific thinking' and go beyond simple experimental details. According to Cardellini (2013) learning science requires more than simple information, "… only personal care, encouragement, and self-esteem building can help them and get them interested in chemistry" (p. 1418).

References

1. L. Cardellini, Deep thinking. What are lectures useful for. *Journal of Chemical Education*, 90, 1418, 2013.
2. G. Gooday, J. M. Lynch, K. G. Wilson, C. K. Barsky, Does science education need the history of science? *Isis*, 99, 322-330, 2008.
3. M. R. Matthews, *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science* (Revised edition). Routledge: New York, 2015.
4. M. Niaz, *Critical appraisal of physical science as a human enterprise: Dynamics of scientific progress*. Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2009.
5. M. Niaz, *Innovating science teacher education: A history and philosophy of science perspective*. Routledge: New York, 2011.
6. M. Niaz, (2012). *From 'science in the making' to understanding the nature of science: An overview for science educators*. Routledge: New York, 2012.
7. M. Niaz, (2014). Science textbooks: The role of history and philosophy of science. In M. R. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (Vol. II, pp. 1411-1441). Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2014.
8. M. Niaz, L. Cardellini, . What can the Bohr-Sommerfeld model show students of chemistry in the 21st century. *Journal of Chemical Education*, 88, 240-243, 2011.

Capitolo 35

Per concludere il percorso in bellezza

Antonio Pistoia
IIS "Volterra-Elia", Ancona
e-mail: pistoia.antonio@gmail.com

Introduzione

Una delle difficoltà maggiori per gli studenti dell'ultimo anno è quello di trovare un'idea per realizzare una tesina che potesse trattare trasversalmente "tutte" le discipline studiate nel proprio percorso di studi. Assurdo e patetico! Bisogna assistere in sede d'esame a poltpettoni di 10 minuti in cui si riuscivano a trovare legami improponibili tra internet e l'uomo di Neanderthal passando per la rivoluzione francese e trasformate di Fourier che attraversavano le forme d'onda di chissà quale demone della Divina Commedia. Roba da far piangere anche un pesce. Stavamo svilendo il lavoro di 5 anni, ma soprattutto rendendo ancor più banale un momento così intenso come l'Esame di Stato, sminuendo ulteriormente quello che dovrebbe essere l'atto conclusivo di 5 anni importantissimi per la vita e la crescita dei nostri ragazzi.

Quei miseri 10 minuti devono essere il loro momento di gloria, in cui non devono essere incatenati, anzi devono potersi "scatenare" per dimostrare tutto i propri talenti! (purtroppo ancora molti colleghi sono troppo indietro). Quindi l'idea, convalidata e sollecitata anche dalla dirigenza, è stata quella di stimolare i ragazzi a realizzare qualcosa di concreto che li rappresentasse in prima persona e li coinvolgesse emotivamente perché potessero dimostrare con passione dove li ha portati il loro personale percorso di studio. Li ho studiati cercando di trovare le loro passioni e i loro desideri, prima punzecchiandoli per capirli più a fondo, poi assecondandoli ed infine indirizzandoli. Stavamo attuando i principi della riforma: alla fine del corso di studi avrebbero realizzato il loro "capolavoro", quel prodotto che potesse raccogliere molte delle competenze e conoscenze acquisite durante i cinque (più o meno) anni di studio.

I loro “capolavori”

In questi anni gli studenti più volenterosi e motivati hanno realizzato, con il confronto e spesso il solo conforto dei docenti dato che più di quello non eravamo in grado di offrire, lavori sempre all’avanguardia con gli ultimi strumenti offerti dalla tecnologie. Lavorando a tutte le ore, sfruttando i momenti morti della giornata, riuniti in gruppi o singolarmente a seconda del lavoro da realizzare e dell’idea da sviluppare hanno preparato nell’ordine: un server per la piattaforma di formazione della scuola con il sistema operativo Linux tuttora operativo dopo tre anni di superbo lavoro, hanno allestito un intero laboratorio informatico con macchine virtuali su cui hanno installato la distribuzione Mint, di cui fino a quel momento non ne conoscevo l’esistenza, realizzato app per Android per un progetto regionale che permette ai cittadini immigrati di autovalutare le proprie conoscenze della nostra Italia, un gioco per smartphone Android, una app che permette di collegarsi a tutti i servizi online offerti dal nostro istituto (queste ultime 2 sono reperibili all’interno del PlayStore Android)

Figura 1.

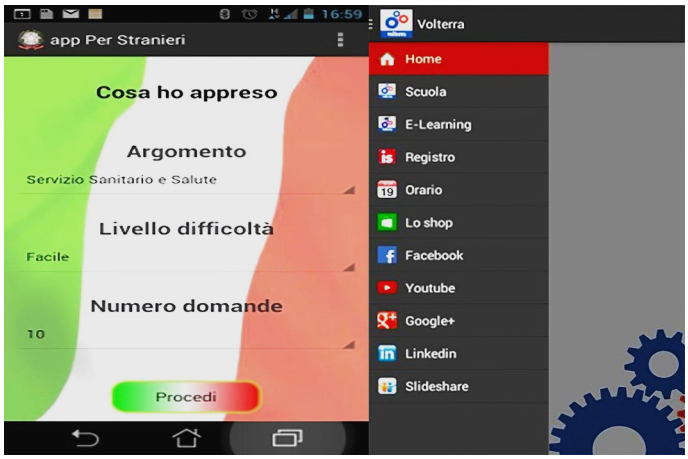


Figura 2.

Ma non si sono fermati all'informatica, indirizzo di cui fanno parte. Hanno spaziato anche verso l'elettronica e l'automazione; sono venuti a conoscenza di Arduino e ci hanno trascinato con entusiasmo realizzando una macchina telecomandata controllata da un portatile attraverso la rete WiFi, un'altra controllata con uno smartphone con applicazione Android attraverso un collegamento bluetooth, una cascata luminosa di led.

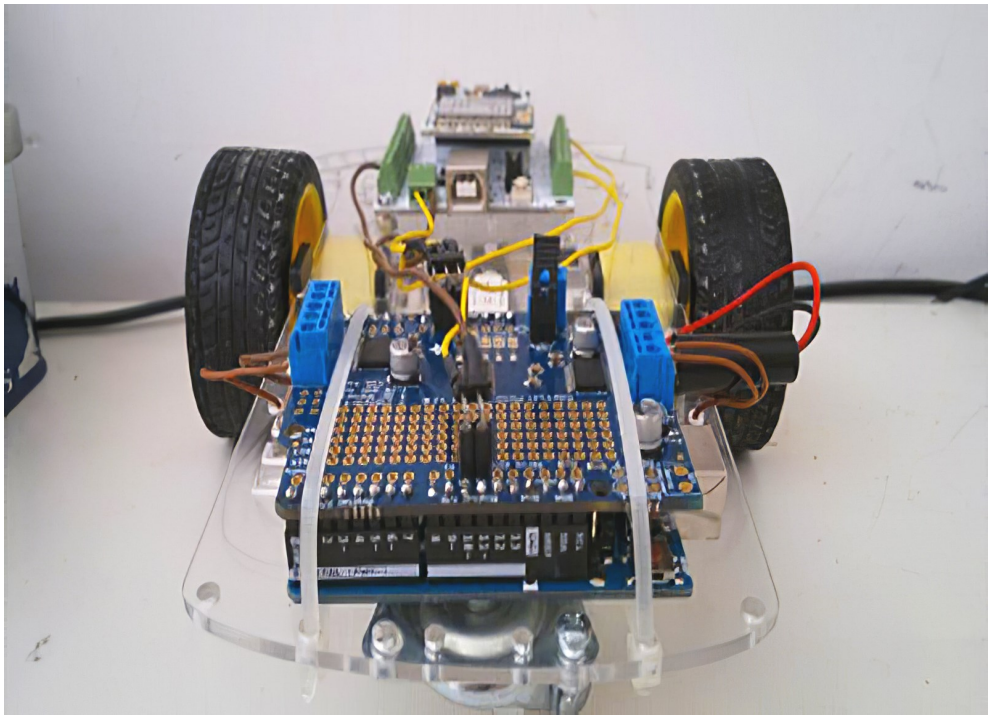


Figura 3.

A conclusione dei loro lavori hanno scritto le loro tesine, utilizzando un italiano estremamente corretto e scrivendone parte in inglese; e poi l'hanno esposta fluentemente sapendo quello di cui stavano parlando perché l'avevano veramente vissuto. Da quando abbiamo incominciato questo progetto, in 10 miseri minuti abbiamo visto in ognuno di loro gli occhi di chi aveva trovato un motivo per cui era valsa la pena di passare 5 (o più) anni con noi. Il lavoro dei docenti, soprattutto all'inizio, è stato quello di aiutarli a mantenere i tempi ed a fornire supporto logistico, indirizzandoli, spingendoli, anticipando possibili defaiance. Li abbiamo aiutati ricordando in continuazione di registrare l'evoluzione dei lavori, sia quelli con esiti positivi che quelli negativi, mantenendo sempre vivo il focus sull'obiettivo che stavano perseguendo, perché non si distraessero. Ne è risultato un lavoro di ricerca ottimo da cui ho tratto alcuni stralci per descriverne le fasi vissute dai "miei" ragazzi:

> Il progetto ha inizio al termine dello scorso anno scolastico quando il coordinatore di classe ci ha invitato a riflettere su un eventuale lavoro da presentare come tesina all'esame di stato. Durante l'estate abbiamo compiuto una ricerca sulla fattibilità dell'idea e sulle possibili tecnologie utilizzabili nella nostra soluzione. Il punto di partenza è stato la scelta di Arduino come microcontrollore poiché esso è facilmente reperibile online. Da questa prima decisione è scaturita la successiva ricerca di componenti da interfacciare con tale dispositivo che completassero la nostra soluzione. Informazioni utili sono state ricavate da un precedente progetto scolastico che abbiamo realizzato durante lo stage estivo in una azienda locale

Durante il loro lavoro hanno fatto ricerca per programmare, acquistare, ridurre i costi, valutare i materiali più idonei, testare i risultati di volta in volta ottenuti, presentare il lavoro nella modalità più conveniente ed accattivante; era il risultato di un loro "capolavoro". Hanno lavorato in modo veramente intenso e non si sono risparmiati, li abbiamo visti correre lungo i corridoi inseguendo il loro modello, che talvolta è ruzzolato lungo le scale riportando lesioni non gravi, ma superando egregiamente anche diversi crash test.

> IDEAZIONE. Una volta definita l'idea di progetto il primo step è stato la ricerca dei pezzi da acquistare. Per la parte meccanica si è inizialmente pensato di riutilizzare una vecchia macchinina telecomandata ma tale soluzione è stata scartata poiché è risultata subito evidente la difficoltà di interfacciarsi con i circuiti di controllo non essendo disponibile nessun datasheet ne codice sorgente. Abbiamo allora ricercato in internet un fornitore che ci offrisse dei motorini facilmente controllabili e un sistema di sterzo che non risultasse troppo complesso. Ricercando fra i siti di acquisti on-line, dalla Cina, abbiamo trovato quello che cercavamo: Un "Robot Car Kit" …
> PROGRAMMAZIONE CON ARDUINO. Per prima cosa abbiamo iniziato a fare dei semplici test con il microcontrollore cercando di creare un programma che gestisse un LED per acquisire dimestichezza con il nuovo linguaggio e con il componente … PROGRAMMAZIONE OPENPICUS …. PROGRAMMAZIONE SISTEMA DI CONTROLLO …. PROGRAMMAZIONE INTERFACCE

Si sono trovati di fronte a problemi di diversa natura come malfunzionamenti, guasti, costi; applicando tecniche di problem solving le hanno superate, chiedendo anche il nostro supporto che non è mai mancato. Il risultato tangibile è stato quello riportato in queste immagini, ma quello vero è stato di vedere aumentare in la consapevolezza nei propri mezzi migliorando la capacità organizzativa nel rispetto

dei tempi e degli obiettivi che si erano prefissati. Il documento che ne è risultato è degno di una tesi di laura triennale composto da 27 pagine in cui sono descritte le varie fasi di lavoro, le tecnologie utilizzate, le ricerche e le analisi effettuate corredate da immagini ed appendici esplicative. La loro presentazione, realizzata usando Prezi, in sede d'esame è stata molto apprezzata dalla commissione che si è sentita molto partecipe vedendo camminare il prototipo ed anche i componenti di materie non tecniche hanno chiesto spiegazioni apprezzando il lavoro svolto durante l'anno trascorso.

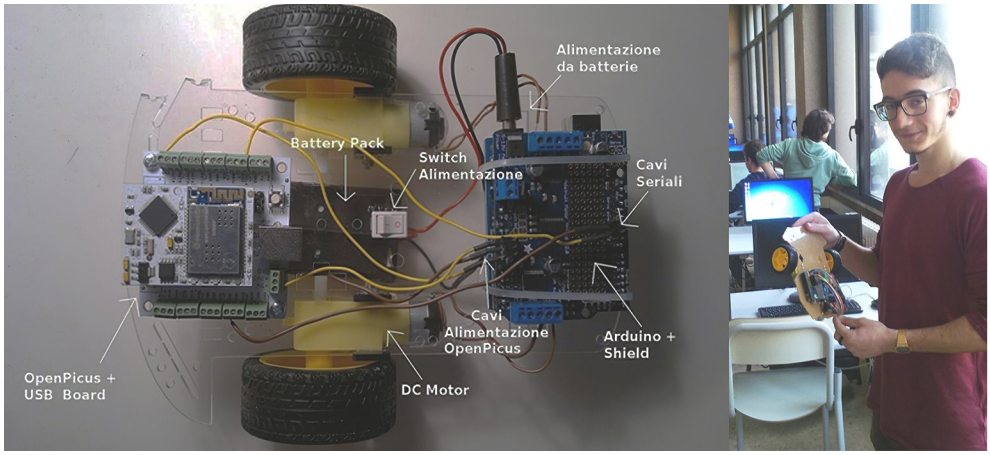


Figura 4.

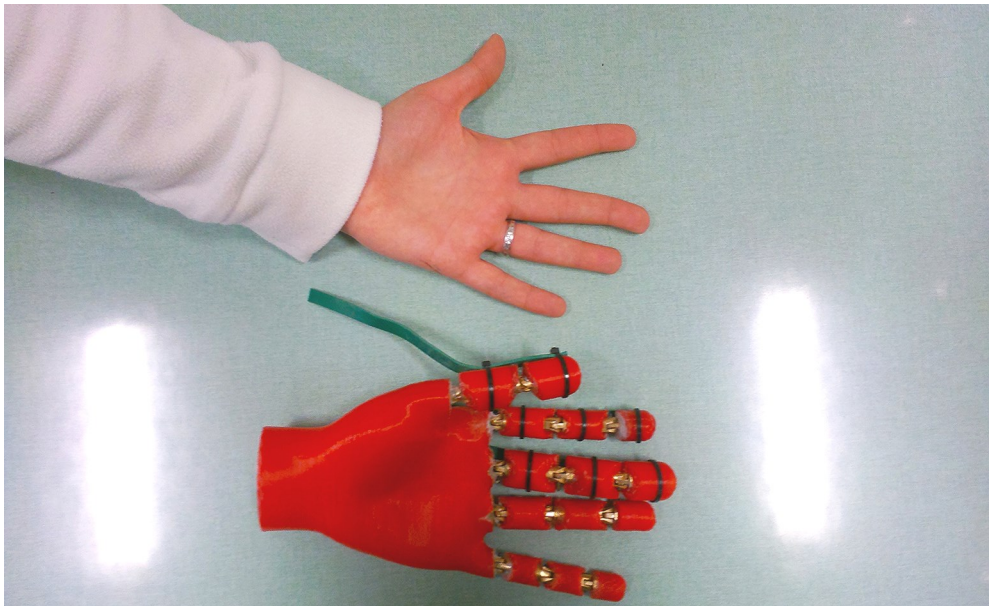


Figura 5. La mano robotica.

Questi lavori, l'entusiasmo con cui li hanno realizzati sta innescando un processo virale; in questo anno alcuni di loro stanno preparando una mano robotica controllata a distanza, un programma che effettui il riconoscimento facciale, un'applicazione per la gestione e l'ottimizzazione dei consumi energetici, un'applicazione per smartphone per la gestione dei prestiti della biblioteca, installando e personalizzando un CMS per la gestione e la pubblicazione dei curricula personali, un altro lavoro prevede una ricerca sui comandi vocali del sistema operativo Android confrontandone le prestazioni con quelli dei sistemi operativi IOS.

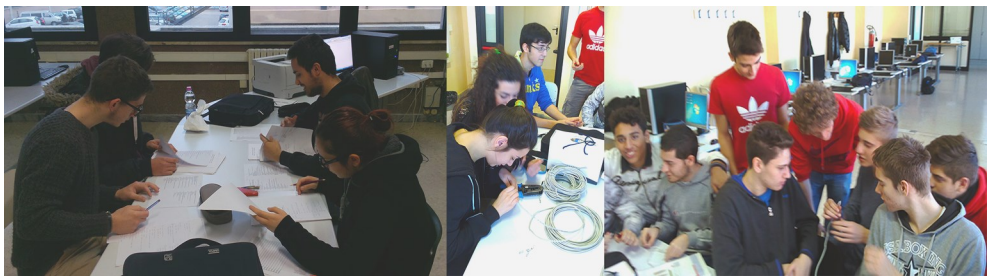


Figura 6. Gruppi di studenti che lavorano ad un progetto commune.

Il lavoro dell'insegnante

Se il mio compito all'inizio era quello di proporre alcune idee da realizzare, ora si è trasformato in un impegno rivolto al reperimento, collegamento e coordinamento delle risorse professionali; mettere in dialogo le diverse competenze fornite dai docenti e tecnici del nostro istituto informatica, meccanica, elettronica, automatica per la ricerca di studenti motivati per poterli far lavorare in gruppo.

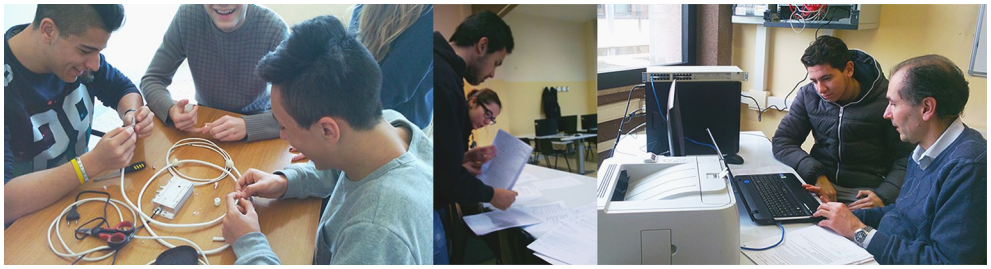


Figura 7. Altri studenti per altri progetti.

Ultimamente sto girando per i corridoi come un cavaliere errante, modello don Chisciotte, proponendo a diversi studenti idee per possibili lavori da realizzare in gruppo, ma la cosa più piacevole è che anche qualche studente ci viene a cercare per proporre idee talmente improponibili che non si possono neanche riportare, idee multidisciplinari, multiaziendali, pluriannuali …. ma questa è tutta un'altra storia. L'osservazione più bella e gratificante mi è stata fatta ieri, quando mi sono

sentito dire: “ogni volta che parli di loro ti brillano gli occhi!”

Bibliografia

1. Y. Anzai, H. A. Simon, The theory of learning by doing. *Psychological Review*, 86 (2), 124-140, 1979.
2. L. Cardellini, R. M. Felder, (1999). L’apprendimento cooperativo. Un metodo per migliorare la preparazione e l’acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, 21 (1), 18-25, 1999.
3. R. M. Felder, R. Brent, Learning by doing. *Chemical Engineering Education*, 37 (4), 282-283, 2003.

Capitolo 36

Studio sulle proprietà antiossidanti del tè verde utilizzando la reazione di Briggs-Rauscher*

Rocco Lombardo
Liceo Scientifico Statale "Galileo Galilei" Via Allende Gossens – Ancona
e-mail: lombardo.rocco@liceogalileiancona.it

Introduzione

In questa breve ricerca abbiamo voluto indagare sulle proprietà del tè verde. Questa bevanda è conosciuta dai cinesi da più di 5000 anni e si ottiene dall'infusione delle foglie di una pianta, la *Camellia sinensis*. Essa contiene, oltre a numerose altre sostanze farmacologicamente attive, anche dei polifenoli tra cui il gallato di epigallocatechina (EGCG) (Figura 1)

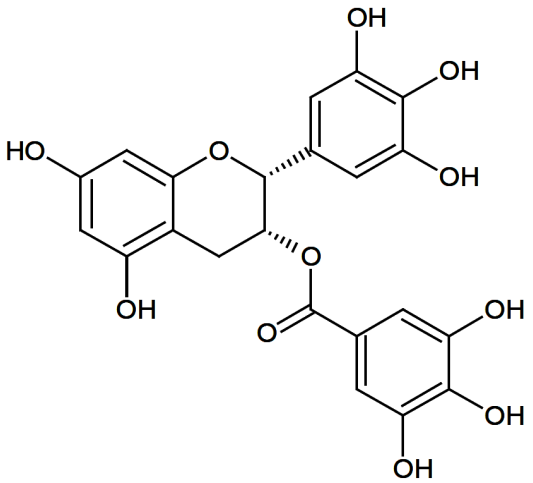


Figura 1. Formula chimica del gallato di epigallocatechina.

Di questa sostanza sono state riportate numerose evidenze sperimentali sulle proprietà antitumorali Du et al., 2012), antibatteriche (Nakayama et al., 2015) e antiossidanti (Zhao et al., 2014). Proprio queste ultime sono state l'oggetto della

nostra ricerca. Per studiare questo aspetto abbiamo utilizzato la reazione oscillante di Briggs-Rauscher: essa implica anche un meccanismo di tipo radicalico. L'introduzione in questo sistema chimico di una sostanza antiossidante, attiva contro i radicali, inibisce parzialmente la reazione. La semplice misurazione dei tempi di inibizione con un cronometro permette di metterli in relazione con le soluzioni a concentrazione crescente di infuso, senza dover utilizzare apparecchiature costose e complesse.

Aspetti teorici

La reazione utilizzata da noi è stata proposta nel 1973 da due insegnanti californiani, Thomas Briggs e Warren Rauscher. Essa implica all'inizio la formazione di una soluzione incolore, che successivamente vira ad un colore giallo ambra (Figura 2) per poi diventare blu scuro (Figura 3) e poi di nuovo incolore. Questo processo dura alcuni minuti, con oscillazioni che si fanno via via più ravvicinate.

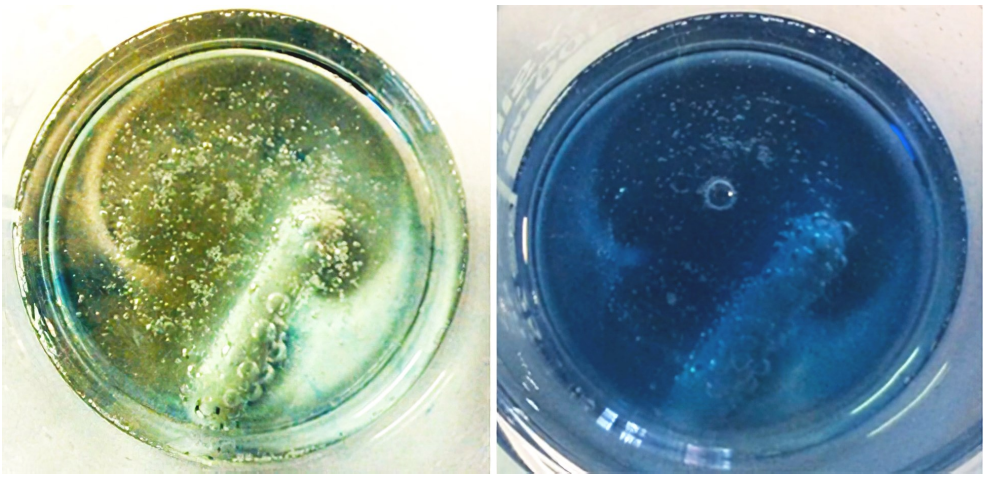


Figura 2. La soluzione incolore vira ad un colore giallo ambra … per poi diventare blu scuro.

Il meccanismo è molto complesso e per il livello del corso di studi in cui è stato proposto, ci è sufficiente sapere che esso prevede anche la formazione di radicali liberi. Qui di seguito viene indicata solo la reazione complessiva:

$$IO_3^- + 2H_2O_2 + CH_2(COOH)_2 + H^+ \longrightarrow ICH(COOH)_2 + 2O_2 + 3H_2O$$

Gli intermedi di reazione che ci interessano sono:

- Lo ione ioduro e lo iodio molecolare; insieme formano lo ione triioduro I_3^-, che

si lega con l'amilosio dell'amido per formare un composto dal colore blu intenso;

- il radicale idroperossile $HOO^{\cdot}$, che viene bloccato dagli antiossidanti naturali del tè.

La metodica impiegata è già stata utilizzata per testare le proprietà antiossidanti della farina di soia (5). Nel nostro caso prevede l'aggiunta dell'infuso diluito subito dopo la comparsa, per la seconda volta, del colore blu. Gli antiossidanti inibiscono la formazione di radicali per un tempo proporzionale alla loro concentrazione nell'infuso; una volta che gli antiossidanti sono stati consumati, i radicali in eccesso determinano la prosecuzione delle oscillazioni.

Preparazione dei reagenti

Amido solubile: 3 g in 0,1 L
La massa effettiva misurata è stata 3,012 g
Soluzione 0,077 M di H_2SO_4 (Acido solforico) in 0,25 L (PM = 98,086 g/mol; d = 1,840 g/mL; 97% m/m)
Poniamo il volume a un litro ⇒ 1,840x1000 = 1840 g
Il 97% è H_2SO_4 ⇒ (1840·97)/100 = 1784,8 g che sono 1784,8/98,086 = 18,19 mol
La molarità perciò è 18,19 M
Applichiamo la relazione: $C \cdot V = C_1 \cdot V_1$
$18,19 \cdot x = 0,077 \cdot 0,250 \Rightarrow x = 0,001$ L (volume dell'acido concentrato prelevato)

Soluzione acida 0,2 M di KIO_3 (Iodato di potassio; MM = 214 g/mol). Abbiamo preparato una soluzione con un volume finale di 0,25 L, utilizzando una soluzione di acido solforico 0,077 M come solvente. È stato necessario riscaldare per portare in soluzione il sale. La massa effettiva misurata è stata di 10,710 g.

Soluzione 0,3 M di $C_3H_4O_4$ (acido malonico; MM = 104,06 g/mol) in 0,1 L
$0,3 = x/0,1 \Rightarrow x = 0,03$ mol
m $C_3H_4O_4 = 0,03 \cdot 104,06 = 3,14$ g
La massa effettiva pesata è m = 3,140 g

Soluzione 0,04 M di Mn^{2+} (catalizzatore)
Si utilizzano 0,135 g di $MnSO_4 \cdot H_2O$ in 0,02 L, i matracci utilizzati sono però da 0,1 L quindi moltiplichiamo i grammi di $MnSO_4 \cdot H_2O$ per 5 ⇒ m = 0,135·5 = 0,675 g
La massa effettiva pesata è m = 0,675 g

L'infusione madre di tè è stata ottenuta da 4 g di tè in 300 mL di acqua bollente.

Tempo di infusione: 5 minuti. Di questa soluzione sono state ricavate 5 diluizioni, con concentrazioni rispettivamente di 1:100, 2:100, 3:100, 4:100 e 5:100. In un becher da 100 mL si mettono in sequenza le soluzioni di :

1	Amido	1 mL
2	Acqua distillata	2 mL
3	Perossido di idrogeno 30%	10 mL
4	Acido malonico	5 mL
5	Iodato di potassio	10 mL
6	Solfato di manganese	2 mL
7	Acqua distillata o infusione diluita (da aggiungere dopo che la soluzione si colora di blu per la seconda volta)	1 mL

Nella prova in bianco il tempo passato tra la seconda oscillazione blu e la terza è stato di 12,12 s. Per omogeneità di condizioni è stato utilizzato un agitatore magnetico con ancoretta.

Dati raccolti

Diluizione infuso madre (unità arbitrarie)	Tempo (in secondi)
0,01	134
0,02	184
0,03	304
0,04	431
0,05	557

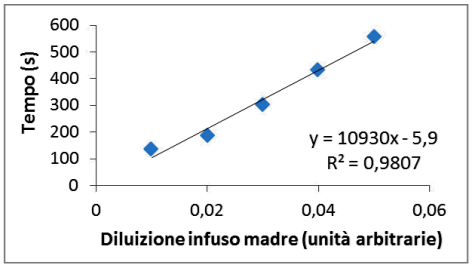


Figura 3. Elaborazione dei dati raccolti.

L'analisi dei dati mostra una dipendenza lineare tra l'aumento di concentrazione degli antiossidanti e il tempo di inibizione del meccanismo radicalico.

Note

* A questo esperimento hanno partecipato gli studenti Sebastian Cervelli, Nicolò Chiucconi, Filippo Micucci

Bibliografia

1. T. S. Briggs, W. C. Rauscher, An oscillating iodine clock. *Journal of Chemical Education*, 50 (7), 496, 1973.

2. G.-J. Du, Z. Zhang, X.-D. Wen, C. Yu, T. Calway, C.-S. Yuan, C.-Z. Wang, Epigallocatechin gallate (EGCG) is the most effective cancer chemopreventive polyphenol in green tea. *Nutrients*, 4 (11), 1679-1691, 2012.
3. M. Nakayama, K. Shimatani, T. Ozawa, N. Shigemune, D. Tomiyama, K. Yui, M. Katsuki, K. Ikeda, A. Nonaka, T. Miyamoto, Mechanism for the antibacterial action of epigallocatechin gallate (EGCg) on *Bacillus subtilis. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 79 (5), 845-854, 2015.
4. C. Zhao, C. Li, S. Liu, L. Yang, The galloyl catechins contributing to main antioxidant capacity of tea made from Camellia sinensis in China. *The Scientific World Journal*, Article ID 863984, 11 pages, 2014.
5. K. Höner, R. Cervellati, La visualizzazione dell'effetto di sostanze sottrattrici di radicali liberi sulla reazione di Briggs – Rauscher. *La Chimica nella Scuola*, 22 (2), 44-47, 2000.

Capitolo 37

Adottiamo una diga. Quando un progetto diventa realtà

Marina Venturi
Liceo Scientifico "G. Galilei", Perugia
e-mail: marina.venturi@gmail.com

Introduzione

Tutto è iniziato da una conferenza sull'energia legata al progetto dell'ENEL "Energia in gioco" svoltasi nel liceo scientifico in cui insegno. Ciò che colpì i miei alunni e me fu l'apprendere che un'energia pulita come quella idroelettrica avesse raggiunto, in Italia, il suo potenziale tecnico massimo. Lo sfruttamento della forza dell'acqua è un mezzo sicuro, pulito e consolidato di produrre energia: non si hanno effetti alteranti del clima o dell'atmosfera indotti dalle emissioni prodotte dalla combustione di carbone e petrolio e dalle radiazioni. Ci domandammo così: "Non si può fare altro?", "Non ci sono altre possibilità?".

Iniziò, quindi, un lavoro di ricerca e scoprimmo che per sfruttare anche i "più piccoli" salti del corso dei fiumi si stava sviluppando una nuova tecnologia legata alle micro dighe già utilizzata, per esempio, lungo il fiume Tevere presso la località di Ponte San Giovanni nelle vicinanze di Perugia. Ecco l'idea: trovare un posto lungo il Tevere dove progettare una micro diga per produrre energia elettrica. Studiando la storia del fiume Tevere scoprimmo che nei pressi di Pretola (Figura 1), frazione di Perugia, è presente una Torre che racchiude un antico mulino in disuso in prossimità di una vecchia chiusa. Trovato il posto, non rimaneva altro che iniziare a progettare. Prima di tutto ci documentammo sul funzionamento delle micro dighe che permettono l'impiego della risorsa idroelettrica, su scala minore interessando realtà più piccole utilizzando salti d'acqua sugli acquedotti o piccole turbine (da pochi kW a poche decine di kW) la cui energia prodotta serve, in genere, per realtà locali. Poi cercammo la serie storica delle portate del fiume Tevere e infine rielaborammo i dati per calcolare quanta energia elettrica avremmo avuto a disposizione.

Figura 1. La Torre nei pressi di Pretola (PG).

Funzionamento di un impianto idroelettrico

Le centrali idroelettriche trasformano la variazione di energia potenziale della massa d'acqua tra due dislivelli, ossia il salto tra il pelo libero a monte e quello a valle, in energia meccanica: l'acqua mette in moto rotatorio le turbine la cui energia meccanica può essere utilizzata per compiere lavoro, per esempio collegando l'asse della turbina ad un mulino, oppure per produrre energia elettrica, collegando l'asse della turbina con un alternatore. Un impianto idroelettrico è costituito da componenti civili ed idrauliche (opere di presa, di convogliamento e di restituzione, centralina) e da componenti elettromeccaniche (turbina, alternatore, quadri elettrici, sistemi di comando).

L'acqua viene opportunamente derivata tramite le opere di presa e convogliata, attraverso canali o condotte, alla vasca di carico dove determina il pelo libero superiore necessario al calcolo del salto utile alla centrale. Da questo punto, per mezzo di condotte forzate, l'acqua viene portata alle turbine e nel passaggio attraverso gli organi mobili (giranti) ne determina la rotazione. L'albero della girante in rotazione è collegato ad un generatore di elettricità (alternatore); l'acqua in uscita dalla turbina viene rilasciata, per mezzo delle opere di restituzione, nel suo alveo originario ad un livello che determina il pelo libero inferiore. Più nel dettaglio, partendo dall'alto, cioè dal livello superiore, un impianto idroelettrico è

costituito dalla seguenti componenti:

- un serbatoio d'acqua ad alta quota;
- una condotta per portare l'acqua fino al livello della turbina (condotta forzata);
- organi di intercettazione (paratoie, valvole, ecc.) sia superiormente che inferiormente alla condotta;
- organi di regolazione, per graduare la quantità d'acqua e, quindi, la potenza di funzionamento dell'impianto;
- edificio di centrale contenente le opere elettromeccaniche: gruppo turbina-alternatore, trasformatore,
- contatori, quadri elettrici e sistemi di controllo;
- opere di restituzione delle acque nel corso d'acqua principale.

Le micro-hydro

Gli impianti di piccola taglia (cosiddetti micro-hydro) possono trovare applicazione in tutte quelle situazioni in cui la disponibilità della portata d'acqua è limitata e/o il salto è di pochi metri. In simili circostanze l'introduzione di sistemi di utilizzo delle acque risulta di impatto limitato senza modificare l'uso prevalente del corso d'acqua. Il pregio principale di questa tipologia di impianto è l'utilizzo della risorsa idrica a livello locale. I vantaggi dei micro-impianti sono anche legati alla limitata risorsa necessaria per la produzione di energia elettrica, ed alla loro struttura compatta. Inoltre:

- La risorsa idrica è una fonte di energia sicura in quanto inesauribile e disponibile sul territorio italiano in modo capillare.
- La risorsa idrica è dotata di una elevata energia specifica. L'acqua ad esempio è 800 volte più densa dell'aria: la spinta che esercita sulle pale di una girante è notevolmente maggiore rispetto a quella esercitata dal vento.
- L'idroelettrico gode di una comprovata tecnologia. Lo sfruttamento delle acque, prima per produzione puramente di forza meccanica, e, a partire dal secolo scorso, anche a fini idroelettrici, è di antica data. Una simile conoscenza della risorsa ha permesso di raggiungere un buon grado di sviluppo tecnologico e costi di installazione contenuti.
- L'idroelettrico spesso facilita la regionalizzazione della produzione. Nelle applicazioni di piccola-media taglia rappresenta una forma di generazione distribuita che consente di produrre energia vicino alle utenze.

- Le applicazioni micro-hydro sono a bassissimo impatto ambientale. Gli impianti di piccola taglia sono poco ingombranti e visibili, spesso integrati a sistemi idrici preesistenti e conseguentemente di grande valenza in termini di sostenibilità della generazione elettrica.
- I benefici dal punto di vista ambientale sono notevoli: servizio a zone altrimenti isolate o raggiungibili mediante opere di maggiore impatto, contributo alla diversificazione delle fonti, riduzione della dipendenza energetica da fonti convenzionali della zona in cui si installa l'impianto ed, infine, zero emissioni di gas serra e sostanze inquinanti.

Il nostro progetto

Realizzazione di un impianto idroelettrico mini – idraulico, ossia di Potenza inferiore a 10 MW, presso la Torre di Pretola dove in passato sorgeva la chiusa (TV 0771 del fiume Tevere). Le caratteristiche del "nostro" impianto sono:

- a deflusso regolato, cioè è un impianto che prevede un bacino di invaso per la raccolta delle acque vista la portata, in questa zona, molto irregolare del fiume Tevere durante il corso dell'anno;
- direttamente sul corso d'acqua;
- utilizzo di micro-turbine.

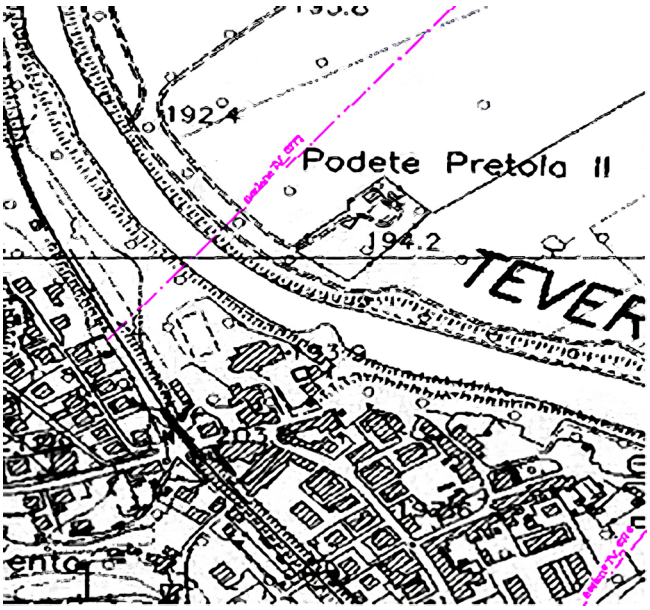


Figura 2. Tavola planimetrica del fiume Tevere nei pressi di Pretola (PG).

Il progetto ha partecipato al concorso “Energia in gioco-2006/07”.

Come abbiamo lavorato

Innanzitutto abbiamo analizzato i dati raccolti nel sito http://sia.umbria territorio.it/annali relativi ai valori mensili delle portate del fiume Tevere (anni di riferimento: dal 1990 al 2001). Da questi siamo risaliti alla media annua per ogni singolo anno. Successivamente abbiamo ordinato in maniera decrescente le medie mensili per costruire la curva delle portate annue. Così facendo abbiamo stabilito la portata da destinare alla turbina e quella da restituire al fiume affinché questo rimanga vivo e mantenga una continuità tale da sostenere flora e fauna oltre a garantire la quantità d’acqua necessaria a valle per usi civili, irrigui, industriali, … (v. come es. Figura 3, anno 1991) Organizzando poi tali dati in un grafico dove si confrontano la curva di andamento della portata media annua e quella di ogni singolo mese (per semplificare non abbiamo lavorato con la portata giornaliera), abbiamo individuato i periodi in cui vi è stata dell’acqua in eccesso e quelli in cui vi è stata una mancanza rispetto alla media, ossia i periodi in cui si può prelevare dell’acqua senza arrecare danni e quelli in cui bisogna restituirne al corso. (v. come es. il grafico relativo al 1991: Figura 3)

1991	
Mese	Media mensile (m^3/s)
Mag	87,4
Nov	85,5
Feb	60
Apr	29,6
Giu	21,6
Mar	18
Lug	12
Gen	10,7
Dic	5,9
Ott	1,7
Ago	1,6
Set	1,5
M. annua	28,0

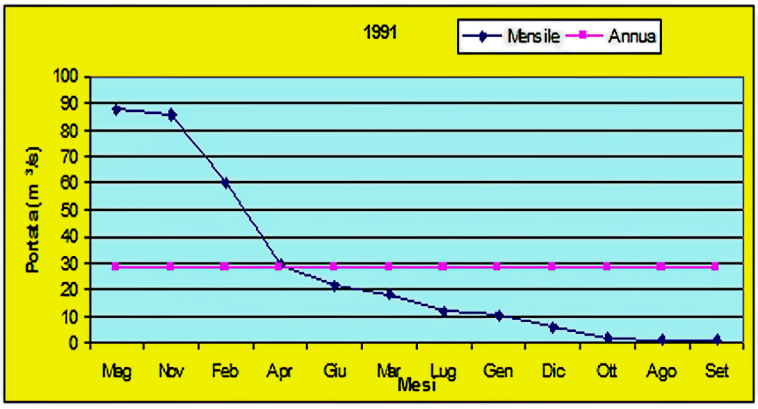


Figura 3. Media mensile con a lato la media mensile e annuale

In mancanza di rilievi planoaltimetrici di dettaglio inerenti la porzione di bacino in oggetto, si è ipotizzato (come dato assolutamente teorico in quanto nessuna considerazione sulla capacità di invaso poteva essere a priori formulata) di poter comunque invasare tutta l’acqua dei periodi di massima portata e di poter lavorare in condizioni ideali, ossia senza dispersioni dovute a evaporazione, assorbimento del terreno … Come alunni di un liceo scientifico non disponiamo di mezzi e competenze necessari per i calcoli geologici e topografici: i nostri risultati si sono basano quindi, oltre che su dati certi, su ipotesi di lavoro.

Dopo aver calcolato il volume dell’acqua disponibile nell’annuo, abbiamo

ipotizzato di poter inviare alla turbina diverse quantità di metri cubi di acqua con relative percentuali di rilascio, onde garantire al fiume la portata minima per la sua sopravvivenza. Per verificare l'applicabilità di tali valori abbiamo sottratto al volume totale sia la quantità di acqua data alla turbina sia quella rilasciata (valori opportunamente trasformati in m^3 in precedenza); una volta svolto tale calcolo, ne abbiamo analizzato il risultato: se il valore ottenuto è positivo il fiume ha acqua disponibile da poter riutilizzare, se il valore è negativo significa che il fiume è stato prosciugato e quindi la centrale, sotto quelle ipotesi, non può lavorare. Questa situazione si sarebbe verificata nel 1990, anno di grande siccità (vedi come es . la Tabella 1 relativa al 1991).

a=volume annuo (m^3)	Q turbina (m^3/s)	t=turbina (m^3)	Q rilascio (m^3/s)	r=rilascio (m^3)	t+r (m^3)	a-(t+r) (m^3)
869.616.000	22	684.288.000	5	155.520.000	839.808.000	29.808.000
869.616.000	20	622.080.000	7	217.728.000	839.808.000	29.808.000
869.616.000	19	590.976.000	8	248.832.000	839.808.000	29.808.000
869.616.000	19	590.976.000	10	311.040.000	902.016.000	-32.400.000

Tabella 1. Bilancio annuo dell'acqua disponibile, dell'acqua alla turbina e dell'acqua rilasciata.

Quindi per proseguire abbiamo mantenuto come ipotesi i valori che hanno dato un valore positivo (in verde nella Tabella 1). Per il calcolo pratico della potenza sarebbero stati necessari rilievi topografici, ma, per mancanza di mezzi, come già detto sopra, ci siamo limitati a stabilire un salto ipotetico di 5 m con una condotta di sviluppo pari a circa 1000 m (valutato approssimativamente dalle cartografie IGM e CTR nei pressi della rapida dopo il ponte di Pontevalleceppi) su cui basare i nostri calcoli. La potenza ottenibile da una turbina idraulica è espressa dalla seguente equazione:

$$\mathbf{P = \mu\, g\, Q\, h}$$

dove:

P = potenza espressa in kW

μ = rendimento globale dell'impianto, ossia la percentuale di potenza che può essere effettivamente ottenuta rispetto al potenziale tecnico, per tener conto delle inevitabili perdite di trasformazione ($0{,}5 \leq \mu \leq 0{,}7$)

g = accelerazione di gravità espressa in m/s^2 (pari a 9,8 m/s^2)

Q = portata d'acqua espressa in m^3/s

h = salto o dislivello espresso in metri

Il calcolo della potenza ipotetica è stato fatto adottando quei valori della portata dai quali, nella tabella precedente, si era ottenuto un valore positivo. Inoltre

abbiamo trovato sia la potenza minima sia quella massima, utilizzando rispettivamente il μ minimo (0,5) e il μ massimo (0,7), in modo da avere dei limiti entro cui essa potrà variare. Per avere poi l'energia prodotta in un certo tempo, è bastato moltiplicare la potenza per quell'intervallo di tempo (trasformando tutto in funzione delle ore); i valori più utili da conoscere sono senz'altro l'energia prodotta in un'ora e quella prodotta in un anno (vedi come es. la Tabella 1 per il 1991).

Infine, in base ai dati, abbiamo calcolato il numero di famiglie che potranno usufruire di questa energia facendo il rapporto fra la potenza utile e l'energia di cui ha bisogno una famiglia; tale calcolo è stato fatto ipotizzando che ogni famiglia utilizzi mediamente 3 kW, ma, visto che è del tutto improbabile che tutte le famiglie facciano ricorso contemporaneamente e costantemente a tutti i 3 kW disponibili, il numero di famiglie sia massimo che minimo sarà sicuramente maggiore ai valori ottenuti. Considerando un fattore di contemporaneità del 60% il numero di famiglie che può utilizzare l'energia prodotta dalla "nostra" diga, aumenta notevolmente. Per concludere, sintetizzando i risultati del periodo considerato, la "nostra" diga può fornire energia per la frazione di Pretola lavorando con una portata media di 15-16 m^3/s salvo anni di particolare siccità che nel periodo analizzato è risultato essere solo il 1990 (Tabella 3).

Salto=h=5m								
	P=Potenza utile		L=energia in 1 ora		L=energia annua			
Q=Port. Utiliz. (m^3/s)	$P_{min}=\mu_{min}Qgh$ (kw)	$P_{max}=\mu_{max}Qgh$ (kw)	$L_{min}=P_{min}t$ (kwh)	$L_{max}=P_{max}t$ (kwh)	$L_{max}=P_{max}t$ (kwh)	$L_{min}=P_{min}t$ (kwh)	Famiglie min	Famiglie max
19	466	652	466	651,7	4.077.780	5.708.892	155	217
20	490	686	490	686	4.292.400	6.009.360	163	229
21	515	720	515	720	4.507.020	6.309.828	172	240
22	539	755	539	755	4.721.640	6.610.296	180	252

Tabella 2. Calcolo della potenza ipotetica ipotizzando un salto di 5 m.

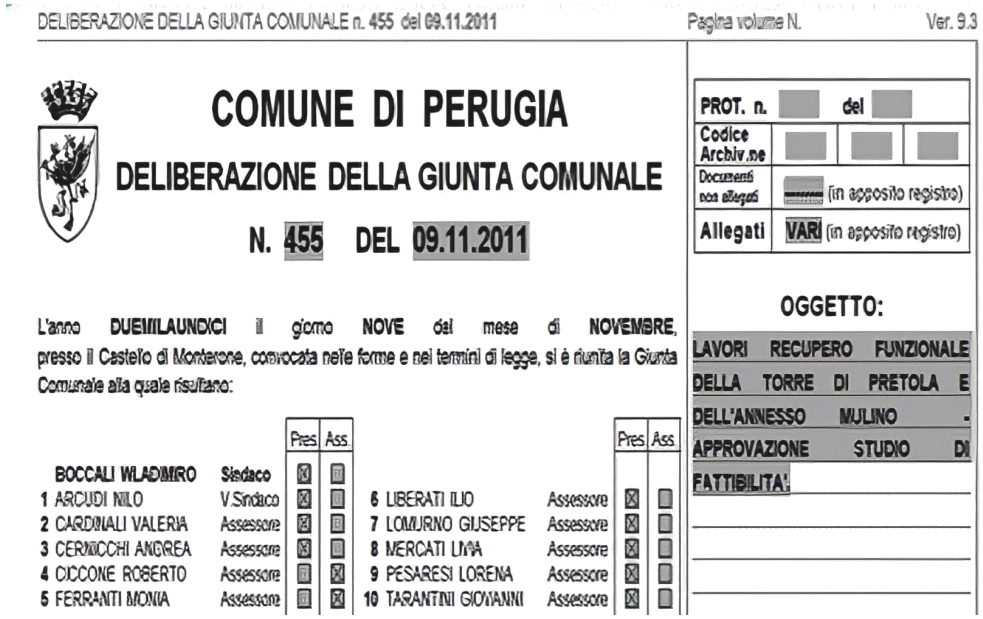
a=volume annuo (m^3)	Q turbina (m^3/s)	t=turbina (m^3)	Q rilascio (m^3/s)	r=rilascio (m^3)	t+r (m^3)	a-(t+r) (m^3)
203.990.400	4	124.416.000	2	62.208.000	186.624.000	17.366.400
199.584.000	4	124.416.000	3	93.312.000	217.728.000	-18.144.000
	Diga non utilizzabile					

Tabella 3. La centrale idroelettrica può fornire energia sufficiente, salvo in anni di particolare siccità.

L'evoluzione del progetto

Il lavoro svolto nel lontano 2006/07 dalla classe 4F del liceo "G. Galilei" di Perugia ha di fatto precorso i tempi. Infatti, seguendo l'idea di alcuni tecnici del Comune di Perugia, in data 9/11/2011 la Giunta Comunale ha deliberato i lavori di recupero della Torre di Pretola con la concessione di derivazione di acqua per uso idroelettrico. Certo il progetto sviluppato dagli Uffici Tecnici del Comune di

Perugia è ovviamente più complesso ed articolato basandosi su studi e rilievi di maggiore dettaglio contrariamente a noi che, per ovvii motivi, abbiamo impostato il lavoro su ipotesi e condizioni al contorno di larga massima. Comunque, confrontando il salto da noi ipotizzato in 5 m con quello degli ingegneri comunali pari a 4 m si percepisce maggiormente la fattibilità dell'opera che prevede una producibilità di 1,6 milioni di chilowattora all'anno.



DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA COMUNALE n. 455 del 09.11.2011 — Pagina volume N. — Ver. 9.3

COMUNE DI PERUGIA

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA COMUNALE

N. 455 DEL 09.11.2011

PROT. n.	del
Codice Archiv.ne	
Documenti non allegati	(in apposito registro)
Allegati	VARI (in apposito registro)

L'anno DUEMILAUNDICI il giorno NOVE del mese di NOVEMBRE, presso il Castello di Monterone, convocata nelle forme e nei termini di legge, si è riunita la Giunta Comunale alla quale risultano:

			Pres.	Ass.
	BOCCALI WLADIMIRO	Sindaco	X	
1	ARCUDI NILO	V.Sindaco	X	
2	CARDINALI VALERIA	Assessore	X	
3	CERMICCHI ANDREA	Assessore	X	
4	CICCONE ROBERTO	Assessore		X
5	FERRANTI MONIA	Assessore		X
6	LIBERATI ILIO	Assessore	X	
7	LOMURNO GIUSEPPE	Assessore	X	
8	MERCATI LIVIA	Assessore	X	
9	PESARESI LORENA	Assessore	X	
10	TARANTINI GIOVANNI	Assessore	X	

OGGETTO:

LAVORI RECUPERO FUNZIONALE DELLA TORRE DI PRETOLA E DELL'ANNESSO MULINO - APPROVAZIONE STUDIO DI FATTIBILITA'.

Figura 4. Delibera del Comune di Perugia per il recupero della Torre di Pretola.

Osservazioni conclusive

Portare avanti un progetto di questa fattispecie richiede molto tempo e molte energie da parte degli alunni e all'insegnante anche perché, nel contempo, deve comunque essere completato il programma curricolare. Un lavoro come quello presentato, però, approfondisce un tema importantissimo come quello dell'energia e permette agli alunni di mettere in pratica conoscenze che sarebbero altrimenti rimaste puramente teoriche: ragazzi di diciassette anni hanno "toccato con mano" ciò che per un lungo tempo hanno studiato dando contemporaneamente spazio anche la loro creatività.

Bibliografia

1. B. Sullo, *The motivated student. Unlocking the enthusiasm for learning*. ASCD: Alexandria, VA, 2009.

Capitolo 38

Un cantiere chiamato *PROFILES*

Lucia Caporali
Liceo Classico "F. Stelluti", Fabriano, AN
e-mail: stprnd@aliceposta.it

Introduzione

La partecipazione al "cantiere aperto" offerto dal progetto *PROFILES* è stata una esperienza unica, entusiasmante e ricca di stimoli, sicuramente da proseguire. Come in ogni cantiere ci sono tanti attrezzi da maneggiare, tante impalcature da scalare, tante idee da concretizzare, tanto lavoro da eseguire. Entrare in questo cantiere ha contribuito a modificare la prospettiva con cui affrontare la mia attività di insegnamento. Il blocco di granito, solido e stabile, che costituiva le mie convinzioni in merito all'attività didattica, ha cominciato a sgretolarsi un po'; il confronto, la riflessione, la progettazione, e giorno dopo giorno il blocco si è raffinato, si è strutturato, ha assunto connotati flessibili, arricchendosi di nuovi particolari. La prima riflessione che il *PROFILES* mi ha sollecitato a fare è stata in merito alla spinta motivazionale che spesso risulta carente, se non addirittura assente, nel lavoro degli studenti. L'insegnamento delle materie scientifiche, in modo particolare della matematica, infatti, si scontra spesso con una forte resistenza opposta dagli studenti. La matematica richiede fatica, sforzo, pazienza, tenacia, e per le generazioni "tutto presto-tutto subito" risulta troppo dispendiosa se non addirittura inutile. La prima fase, quindi, è stata quella di mostrare come la vita di tutti i giorni, le azioni quotidiane, anche le più banali, siano invece permeate di matematica! La mia ricerca si è dunque orientata verso la progettazione di semplici percorsi, volti a mostrare come situazioni reali di vita, anche di un adolescente, siano regolate, da ragionamenti di natura matematica. Una volta superata la resistenza, gli studenti poi partecipano al gioco con trasporto e creatività, fornendo spunti di arricchimento per tutti, insegnante compreso.

Dopo due anni di idee, tentativi e correttivi, in questo anno scolastico decido di utilizzare le esperienze fatte, in modo *sistematico*, adottandole come metodologia

didattica per l'insegnamento della matematica in una classe prima di liceo linguistico. Non più quindi attività sporadiche con cui proporre saltuariamente qualcosa di diverso, ma la strutturazione di un percorso che attraversi tutta la programmazione del biennio di un liceo di natura umanistica. Ogni argomento viene affrontato con poche lezioni frontali, il minimo indispensabile per "indossare la tuta ed imparare a maneggiare gli attrezzi"; poi attività di gruppo volte a risolvere questioni assegnate, in cui è necessario, ma non sufficiente, utilizzare le conoscenze studiate; serve anche inventiva, creatività e piena padronanza dei mezzi che la matematica mette a disposizione. Successivamente si richiede la produzione di un report scritto, e una volta corretto, l'esposizione del lavoro svolto da parte di ciascun gruppo. In tal modo gli studenti diventano attori protagonisti di un percorso di scoperta, ideazione, rafforzamento che in gran parte genera un'acquisizione solida di competenze, non solo in ambito disciplinare. In sintesi si innesca una virtuosa reazione a catena che, alimentata dal carburante *curiosità*, genera prodotti di primaria importanza quali *interesse, impegno, lavoro consapevole*: in una parola **apprendimento significativo**.

Moduli per introdurre argomenti curricolare

Di seguito viene riportato l'elenco degli argomenti curricolari e le relative schede di lavoro, i cui titoli sono volutamente sui generis, allo scopo di accendere il fuoco della curiosità:

Argomenti curricolari	*Schede di lavoro*
Numeri, operazioni e potenze	Occhiali 3D
Insiemistica	On the Road
Monomi e polinomi	La settimana enigmistica
Statistica descrittiva	Aranciata e patatine
Geometria	Traccia la rotta
Disequanzioni lineari	Sms e appuntamenti
Linguaggi matematici	Il pin di Giulio Cesare
Logica	Zoolandia
Sistemi lineari	Binari, scambi e coincidenze
Radicali	Happy hour

Il monitoraggio eseguito sugli esiti delle prove di verifica effettuate al termine di ogni modulo, risulta decisamente incoraggiante: oltre l'80% degli studenti

consegue risultati positivi (dalla sufficienza in su), con il 50% che si attesta su valori molto alti (8, 9, 10). Il lavoro in cantiere prosegue. L'auspicio è di sapersi districare sempre meglio nel forgiare menti flessibili, pronte ad imparare, magari con piacere, capaci di scelte consapevoli ed efficaci; l'avvertenza è di prestare attenzione a non farsi e a non fare male!!!

Esempi

A titolo esemplificativo si riporta la struttura di due moduli svolti in classe con attività laboratoriale, insieme alle relative fasi.

Modulo: calcolo algebrico, monomi e polinomi.
Scheda: la "settimana enigmistica" (in allegato).
Prerequisiti: conoscenze di base del calcolo algebrico, monomi e polinomi, prodotti notevoli.

La settimana enigmistica

Ideare giochi di natura enigmistica con contenuti relativi a monomi, polinomi, operazioni algebriche e prodotti notevoli. La scelta della tipologia dei giochi (cruciverba, rebus, indovinelli, reazioni a catena, parole nascoste, frasi crittografate, indizi per una parola, ecc.) è lasciata alla creatività dei componenti del gruppo. Tempo assegnato: 3 h

Risultati

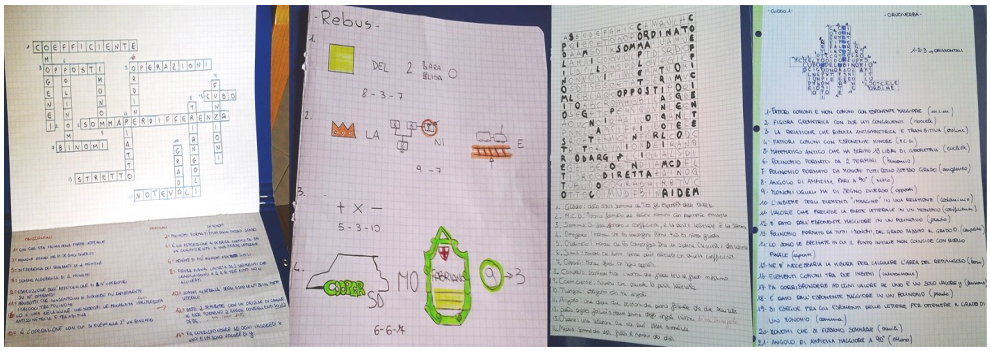


Figura 1. La creatività degli studenti all'opera.

Modulo: statistica descrittiva.
Scheda: la "aranciata e patatine" (in allegato).
Prerequisiti: conoscenze di base della statistica descrittiva, indici di variabilità.

Aranciata e patatine: la statistica a tavola

Ricavare dalle tabelle nutrizionali dei prodotti assegnati, dati confrontabili in relazione al valore energetico di ciascuno, in KJ o in Kcal. Confrontare i contenuti dei vari componenti: proteine, carboidrati, zuccheri, grassi, ecc., utilizzando gli indici studiati (media, moda, mediana, deviazione standard). Organizzare i dati raccolti in grafici che rendano al meglio il significato dei valori ricavati. Ricercare le funzioni che svolgono i vari componenti nell'organismo umano. Ricercare cos'è il GDA, in modo particolare quali valori assume per un adolescente.

Risultati

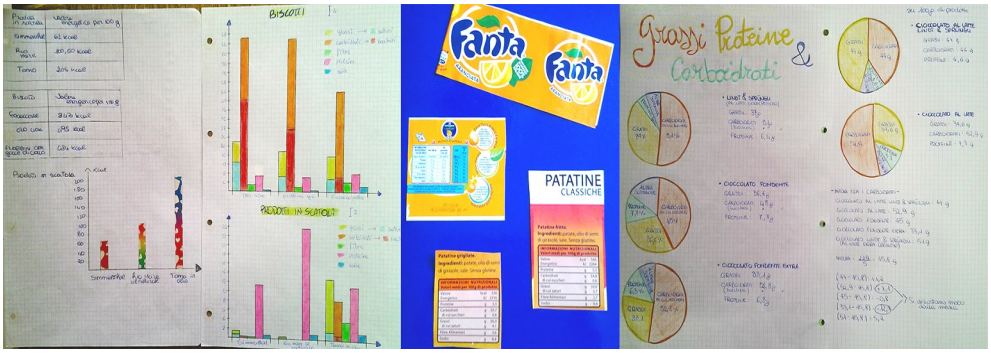


Figura 2. Lavoro degli studenti su cibi e bevande.

Per ciascun modulo:

Materiale: carta, penna, tablet e/o lim (internet).
Metodologia: attività svolta con lavoro di gruppo.
Composizione: gruppi costituiti dall'insegnante, formati da tre studenti.
Gruppi eterogenei per conoscenze, abilità, impegno.
Tempo: 3 ore, pari al monte orario settimanale della disciplina.
Produzione: report scritto di vario genere (vedere allegati).
Esposizione orale del lavoro svolto da ciascun gruppo a tutta la classe.

Obiettivi:

- Superare eventuali difficoltà ed incertezze.
- Rafforzare i contenuti disciplinari utilizzati.
- Migliorare le capacità di analisi, scelta e giudizio.
- Imparare ad usare le conoscenze disciplinari in contesti diversi.

- Favorire l'attitudine a lavorare in gruppo.
- Arricchire le conoscenze anche con cenni storici e di attualità.
- Cogliere l'aspetto ludico dell'apprendimento: imparare divertendosi.

Un mattoncino sopra l'altro e si costruisce la casa del proprio sapere!

Bibliografia

1. L. Cardellini, R. M. Felder, (1999). L'apprendimento cooperativo. Un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, 21 (1), 18-25, 1999.

Capitolo 39

Melting Colours. Una esperienza di didattica integrata della Chimica applicata, tra classi e corsi differenti

Sergio Palazzi
ISIS di Setificio "Paolo Carcano", Como
e-mail: sergio@kemia.it

Introduzione

La serie di esperienze cui si riferisce quest'intervento si è svolta principalmente durante l'anno scolastico 2011-2012. Talune attività sono state riprese e sviluppate negli anni successivi, e in particolare in quello attuale (2014-2015). Una indicazione di massima sui presupposti teorici era stata presentata ad ICCE-ECRICE, Roma 2012. Nate come una naturale integrazione delle attività curricolari, attraverso progressivi sviluppi ed accrescimenti ha comportato il coinvolgimento di gruppi-classe differenti in una didattica fortemente interconnessa tra teoria e pratica. L'opportunità iniziale del lavoro, ripreso poi in seguito, era che, nell'avvicendamento delle "cattedre" tipico della nostra scuola, insegnavo contemporaneamente sulle due classi quarte di perito chimico tintore, su quarta e quinta di perito tessile (entrambi corsi del vecchio ordinamento) e su una seconda chimica del nuovo ordinamento.

Alcune considerazioni generali sul substrato teorico-pratico del lavoro

Credo sia opportuna una premessa generale sulle caratteristiche del contesto, le cui specificità possono sfuggire a chi non ne abbia qualche esperienza diretta. Le discipline legate alla produzione e alla nobilitazione dei tessuti, nonché alla tecnologia del colore, in Italia vivono da sempre un quadro didattico abbastanza particolare. A fronte di un settore che per qualità, tradizione, innovazione e, in alcuni casi, anche volumi di produzione, costituisce ancora oggi uno dei perni di tutto il mondo manifatturiero italiano, la formazione scolastica è sempre stata limitata ad alcuni storici Istituti Tecnici, cresciuti per l'iniziativa dei singoli distretti produttivi, ed ha avuto scarsissima attenzione da parte del mondo

accademico, almeno per quanto riguarda gli aspetti scientifici e tecnologici. I corsi di insegnamento curricolari che riguardano le classi coinvolte in questo lavoro, nella varietà degli ordinamenti, toccano settori quali:

- la produzione delle fibre, naturali, artificiali e sintetiche;
- le tecniche di allestimento dei filati e dei tessuti (in questo caso, la nostra tradizione locale si distingue per i tessuti operati di tipo serico su macchine *jacquard*, che gli studenti imparano a gestire sino ai più avanzati metodi di progettazione CAD);
- tintura, stampa e altri processi di nobilitazione tessile, che comportano soprattutto trattamenti chimici ma anche trasformazioni di altro genere;
- la scienza del colore, con l'uso della spettrofotocolorimetria, sia per la progettazione automatica delle condizioni di tintura, sia per il controllo qualità nel senso più ampio.

Vale la pena di ricordare in breve anche le specifiche dei processi tintoriali. La tecnologia chimica della tintura impiega una sequenza di processi che, nei casi più comuni, prevedono la dissoluzione o dispersione di un colorante in un bagno acquoso, l'adsorbimento del colorante sulla fibra, la sua diffusione all'interno di questa (con o senza possibilità di migrazioni successive), ed una sua fissazione più o meno permanente, eventualmente con un post-trattamento stabilizzante. Metodi oggi meno diffusi prevedono la sintesi del materiale colorante direttamente nella fibra, a partire da precursori colorati o no, secondo una ampia serie di schemi di reazione. Tali metodi erano i più comuni fino ai primi del XX secolo e furono progressivamente abbandonati principalmente per il loro forte impatto ambientale e sanitario; sono talvolta riproposti a causa del rilancio sul mercato dei coloranti vegetali tradizionali.

Figura 1. Una chimica a colori tiene sveglia l'attenzione.

In tutti i casi, i processi vengono pilotati intervenendo sulle condizioni chimico-fisiche del bagno, per garantire che il colorante sia distribuito e fissato a livello

omogeneo, tanto dal punto di vista macroscopico quanto da quello microscopico. L'insieme di operazioni e di controlli che vengono affrontati è concettualmente tra i più complessi di tutte le tecnologie chimiche applicate. Si gioca sulla termodinamica e sulla cinetica del processo, sulle relazioni tra fasi omogenee ed eterogenee, intervenendo a seconda dei casi sul pH, sulla forza ionica, sulla tensione superficiale, sul potenziale redox del bagno; si variano i gradienti di temperatura ed a volte la pressione dei macchinari di trattamento.

Figura 2. Campioni di tintura per costruire un database, e apparecchi per la stampa.

Tuttavia tali processi, che presentano una elevata complessità se si vogliono descrivere analiticamente, devono poter essere realizzati nel modo più semplice ed economico possibile. Nell'evoluzione storica ma anche nella pratica attuale vi sono ampi spazi di semplice empirismo: termini come "ricetta di tintura" e "cucina colori" hanno un valore semantico ben preciso e tutt'altro che metaforico. Gli operatori hanno spesso una qualificazione relativamente limitata e, nelle apparecchiature, i dispositivi di controllo e regolazione automatica sono piuttosto semplificati, rispetto agli standard di altri settori tecnologici. Va tenuto presente che il prodotto finito, per quanto abbia spesso un elevato valore aggiunto, si distingue nettamente da altri settori della produzione chimica ad alta specializzazione (dai processi biotecnologici a quelli farmaceutici, tanto per dare un'idea): sia per i volumi di produzione, sia per i costi riversati sul consumatore finale. Del resto l'elevata varietà delle lavorazioni pone dei limiti alla standardizzazione. D'altro canto, la scelta di tutte le materie prime e dei cicli di lavoro deve confrontarsi:

- con importanti esigenze di smaltimento dei reflui e dei residui;
- con le condizioni di salute e sicurezza sul lavoro, che nel passato – ma ancora oggi in molte aree del mondo – possono essere assai gravose;

- con le esigenze della clientela finale (a loro volta, oggettivamente basate su dati di prestazione, e/o indotte dalla moda e dal mercato, le cui indicazioni spesso esulano da ogni razionalità tecnologica);
- nonché, ovviamente, con i costi: che, inserendosi nel mercato globale, hanno comportato ciclicamente periodi di severa crisi da cui è stato possibile uscire solo con radicali innovazioni.

Spostandoci infine alla conduzione impiantistica delle diverse fasi, le lavorazioni possono essere svolte sulle fibre non ancora filate, o sul filato, sul tessuto, sul capo finito. Le metodologie di lavoro impiegano spesso trattamenti ad *esaurimento*, in cui tutta la merce viene a contatto con tutto il bagno per l'intero ciclo di lavorazione. Il processo è completamente discontinuo e caratterizzato da un rilevantissimo consumo di acqua e di energia, il che lascia ampi spazi per la ricerca applicata. In alternativa, si possono usare trattamenti ad *impregnazione* o a *deposizione localizzata* (il che, tra l'altro, riguarda l'importante settore della stampa); in questi casi la logica della produzione si sposta, o si alterna, verso cicli di lavoro semicontinui. Esaminandoli dal punto di vista della tecnologia ed impiantistica chimica industriale, si tratta in ogni caso di processi fortemente diversificati nel tempo, il più delle volte relativi a produzioni che non saranno ripetute in futuro, se non con molte varianti; richiedono quindi attenti e delicati controlli umani e strumentali.

Figura 3. Controlli strumentali e le abilità dei tecnici per realizzare la colorazione migliore.

Ciò è vero in particolare per la realtà delle piccole produzioni di alto livello caratteristiche del settore comasco, ad elevata specializzazione e con forti componenti tecnologiche. In questo senso vi è ad esempio una radicale differenza rispetto ad un settore concettualmente affine come quello delle preparazioni alimentari, che ricerca generalmente una elevata standardizzazione. S'intende che molto di quanto sopra indicato si riferisce alle produzioni che associamo ai settori più familiari, come abbigliamento, arredamento ed affini: nell'universo parallelo

dei *tessuti tecnici* molti punti vanno considerati in modo differente.

Un corso scolastico che punta alla formazione integrata di un tecnico del settore non può trascurare i collegamenti culturali interdisciplinari: in effetti, la storia dei materiali colorati, delle fibre e dei coloranti coincide praticamente con la storia della civiltà. Si è evoluta nei millenni con dinamiche economiche e sociali tra le più importanti per la globalizzazione dei commerci e dei contatti tra i popoli. A questo mondo sono altresì legate diverse pietre miliari sia teoriche sia tecnologiche della cultura chimica, e non solo di quella. Limitandoci all'ultimo secolo e mezzo, la produzione dei coloranti sintetici, spinta dalle esigenze del consumatore finale, è stata una delle chiavi di volta per lo studio della sintesi organica, sia di laboratorio, sia industriale. Per spiegare le relazioni struttura colore, si è dovuta capire l'interazione luce-materia nella sua ripartizione quantistica. Gli schemi di reazione per la progettazione delle sostanze organiche, anche in retrosintesi, si sono sviluppati proprio per realizzare coloranti, già a partire dalla fine del diciannovesimo secolo. Le interazioni tra le diverse sostanze ed i diversi materiali coinvolti sono alla base di quella che attualmente chiamiamo chimica supramolecolare, e di fatto un approccio didattico di questo genere era già diffuso ben prima che il termine "supramolecolare" diventasse di uso comune. Una tale ricchezza e complessità di temi da far pensare che, come ho indicato in altre sedi, sarebbe virtualmente possibile costruire un intero curriculum scientifico, dalla prima superiore al primo o secondo anno di università, usando esclusivamente riferimenti a questo mondo.

Melting colours: una fusione di competenze

La logica di questo lavoro, ed in parte il suo punto di forza, non è quella di un "progetto": né nell'accezione burocratica scolastica, né in quella di uso comune. Anzi, si distingue per la peculiarità di non essere stato definito preventivamente, ma costruito ed adattato in corso d'opera (al punto che diverse azioni, interrotte ad un dato livello, possono essere riprese e sviluppate con altri soggetti, anche a distanza di anni). E, d'altro canto, non si distingue come qualcosa a sé, di separato o distaccato dal progetto curricolare, magari dedicandovi tempi esterni al normale orario ("ci tocca fare il programma, che noia: per fortuna poi possiamo dedicarci alle cose interessanti") ma esattamente come esempio didattico di tutti gli argomenti che caratterizzano l'ordinaria programmazione. Se è consentita una battuta: data la dinamica interna delle pur scarse remunerazioni per i lavori integrativi, una attività di questo genere ha richiesto al personale coinvolto parecchio lavoro che non ha comportato nessun onere aggiuntivo per il bilancio scolastico. Ovvero, in termini più chiari, esso non ha portato al benché minimo compenso integrativo per le persone che vi hanno lavorato.

Le esperienze proposte sono state percepite dagli studenti, ma anche da colleghi,

come qualcosa di originale. A volte e da parte di qualcuno anche come straniante rispetto alle attese (il che, in una logica euristica, è tutt'altro che un fatto negativo). Credo sia importante che il singolo insegnante, i consigli di classe, l'istituto nel suo insieme, abbiano la libertà e la responsabilità di correggere in corso d'opera le proprie attività didattiche in base alle richieste, al livello di preparazione, alle caratteristiche anche umane delle singole classi, delle singole persone che ci si trova di fronte. La scelta dei termini linguistici della burocrazia, spesso presi a prestito da realtà di cui non si ha sufficiente esperienza (come quella aziendale-gestionale) non ci aiuta molto. Noi non "progettiamo la nostra produzione" utilizzando materiali standard, acquistabili sul mercato a fronte di un capitolato tecnico, ma viceversa incontrandoci con la singola realtà, i singoli bisogni educativi di singoli studenti che costituiscono classi ogni volta diverse. Credo che la sfida sia in questo caso saper inserire, su una traccia comune, tutte le varianti che realisticamente ci si possono presentare di fronte. Rinunciando a "ciò che si deve fare perché sta scritto", almeno se preso alla lettera, e puntando invece ad una esperienza che sia percepita dallo studente come nuova, originale, propria, capace di stimolarlo verso il suo futuro (auto)apprendimento a lungo termine.

Il punto di partenza per questo lavoro era venuto dalla classe quinta "tessitura", che tra le proprie metodologie di lavoro prevedeva l'allestimento di possibili *collezioni*: nelle quali è importante tanto la scelta di fibre e intrecci tessili, quanto quella dei colori e dei tipi di finitura. Per individuare una possibile *cartella colori*, gli studenti – come sempre – avevano lavorato con campioni ad acquarello su carta. Misurando strumentalmente il colore di quei campioni, avevo fatto notare come le tonalità proposte fossero in diversi casi di difficile riproduzione su tessuto. I coloranti ed i pigmenti usati per materiali pittorici o decorativi, o anche per le stampanti su carta fotografica, non devono confrontarsi con le problematiche tecnologiche dei coloranti usati nella produzione tessile: prescindono dall'*affinità tintoriale* verso una data fibra e dalle *solidità* richieste al prodotto finito.

Alcuni studenti particolarmente validi di quella classe avevano proposto di approfondire l'argomento, organizzando, con un lavoro a gruppi, delle batterie di tinture realmente applicabili su filati di seta, sui quali è relativamente facile ottenere una tavolozza piuttosto ampia di colori anche molto intensi. Parallelamente, nelle due classi quarte dell'indirizzo chimico tintorio (oggi scomparso dopo la riforma) stavamo introducendo lo studio delle sostanze coloranti e della chimica-fisica tintoriale. Come esempi didattici, anziché seguire l'impostazione abituale avevo scelto di partire dalla tintura con coloranti dispersi su poliestere (PET). Avevo fatto ricostruire agli studenti ancora la stessa tavolozza dell'altra classe, ma usando le tecniche strumentali di riproduzione e controllo del colore. L'esame comparato dei materiali, svolto tra le tre classi, permetteva di osservare come, concretamente, lo spazio cromatico praticabile si riduce, partendo dal materiale pittorico per arrivare al poliestere. Per spiegarne le

motivazioni, si giungeva ad introdurre gli aspetti chimico-fisici e operativi elencati più sopra.

Poco tempo dopo, la classe seconda del nuovo ordinamento doveva completare un percorso di gemellaggio con una classe alsaziana, nell'ambito di un progetto Comenius. In previsione della visita dei nostri ospiti ai laboratori dell'istituto (notevoli sia per le dotazioni, sia per gli spazi in cui è possibile muoversi) come attività da svolgere insieme era nata l'idea di far tingere ad ognuno un campione di tessuto jacquard. L'ordito bianco di PET e la trama bianca di viscosa generano un motivo che, a seguito della tintura combinata, può dar luogo ad un contrasto cromatico fra le due fibre. Con gli studenti avevamo studiato una "cartolina da Como", scegliendo immagini idonee per l'elaborazione fotografica a contrasto e proponendole per lo sviluppo agli studenti di un'ulteriore classe del corso tessitura. Grazie alla collaborazione di docenti esperti, si era passati da alcuni bozzetti ad un tessuto, realizzato sui nostri telai a controllo numerico.

Figura 4. La tintura dei tessuti suggerisce un apporto creativo.

Nel giorno della visita, il laboratorio venne allestito come una specie di ristorante self service, nel quale ognuno degli ospiti aveva un campione di tessuto bianco e poteva scegliere la combinazione di coloranti da impiegare, facendosi servire i reagenti necessari dai nostri studenti-barman. Una volta avviate le apparecchiature di tintura automatiche, a fine giornata tutti avevano ricevuto il proprio souvenir nella variante da loro preparata. Per questa attività (l'unica esterna ai percorsi curricolari) la nostra DS dell'epoca, la preside Anna Cornaggia, aveva scelto il titolo "Melting Colours", che si riferiva agli scopi di integrazione del progetto Comenius. Di fatto, era diventato un titolo comune per tutte le attività di quel periodo. Ricostruendo il lavoro svolto con la seconda, le classi precedentemente citate si erano trovate a loro volta a riproporre e studiare le varianti cromatiche ottenute. Il notevole impatto visivo e la curiosità metodologica della tintura bicolore simultanea erano stati di stimolo per comprendere i meccanismi teorici della tintura. Con tale tecnica passarono alla produzione reale di piccole quantità di tessuti in seta e poliestere, creando le *campionature* della loro *collezione* presentata come lavoro di fine d'anno. Si era così svolto un percorso integrato, fortemente

improntato ad una didattica ricorsiva, che aveva posto in relazione attività abitualmente quasi scollegate fra loro.

Un aspetto non irrilevante è che queste lavorazioni hanno tempi piuttosto lunghi. Diventa importante la disponibilità degli studenti a completare alcune sessioni di lavoro trattenendosi, o tornando a scuola, al di fuori dell'orario didattico ordinario. In alternativa, la suddivisione tra diversi gruppi-classe valorizza la corresponsabilità nell'ottenere un risultato concreto e comune. Il frequente confronto tra il lavoro degli studenti delle diverse classi aveva permesso almeno embrionalmente una didattica peer-learning, in cui le rispettive aree di specializzazione venivano a scambiarsi i relativi approfondimenti. L'anno successivo, con la redistribuzione dei miei incarichi didattici a seguito del normale avvicendamento e della progressiva introduzione della riforma, questo lavoro si era sostanzialmente fermato, salvo alcuni momenti episodici, ed è stato possibile riavviarlo solo in un momento più recente. Riducendone alcuni aspetti sistematici, ma ad esempio allargandolo allo studio di una particolare tecnica serica di primo '900, che sfruttava coloranti vegetali, tipica di una storica azienda locale. Ne è recentemente nato un volumetto, tra storia, società e tecnica.

Riguardo gli aspetti metodologici si possono inserire molte varianti. L'allestimento di un set di campioni può essere fatto verticalmente (ognuno realizza il proprio) oppure orizzontalmente (ognuno svolge una singola operazione, come alla catena di montaggio). È importante capire che entrambi i metodi di lavoro serviranno poi nello svolgimento di una attività reale, sviluppando la corresponsabilità verso i risultati. Si interviene così sulla comprensione del senso di realtà. In ogni caso, alla fine si confrontano e discutono insieme gli esiti; il che è agevole e stimolante dato che si realizzano campioni materiali, colorati, tattili. L'analisi dei risultati ha significati differenti: se l'errore è correttamente tracciabile dal tuo quaderno di laboratorio, la punizione potrebbe essere nel dover rifare il tuo lavoro; se non lo è, si tradurrà formalmente in un voto negativo.

Da questa autovalutazione ci si accompagna insieme alle possibili cause delle criticità, e così si introducono e via via approfondiscono quei modelli teorici di cui si è trattato più sopra. Si può poi, ad esempio, lasciare totale autonomia nella riprogettazione del lavoro, il che comporta anche una autonoma redistribuzione di ruoli nei gruppi: gli esiti possono essere sorprendenti. Se il livello di interazione con le classi lo consente, uno schema di questo tipo si può in effetti riproporre con agilità e senza un eccessivo carico di preparazione. Va peraltro notato che, nelle linee guida della riforma, mentre il passaggio dal precedente corso a indirizzo tessile verso l'attuale "Sistema moda" ha sensibilmente rafforzato le componenti trasversali, incluse quelle di carattere chimico, portando ad un taglio di particolare vivacità interdisciplinare, non è così automatico ricostruire le competenze chimico-tintoriali delle diverse realtà territoriali nell'ambito dell'indirizzo "Chimica e materiali".

Conclusioni: punti di forza e criticità

Tra i punti di forza, c'è sicuramente la possibilità di integrare il lavoro con lo scambio tra pari. *Imparare insegnando* è una delle modalità più efficaci, anche per l'ulteriore effetto di straniamento che si può avere quando uno studente più giovane di un corso si trova a insegnare quanto ha già approfondito a uno studente più anziano e magari di un altro corso. Si realizza quindi una forma di quei processi di "doing real work, not homework" a cui per esempio Brian Coppola ha dedicato tanto spazio anche nelle sue pubblicazioni più recenti, indicandolo come impianto metodologico da sviluppare nell'istruzione universitaria. Tuttavia, va rivendicato che buona parte di queste procedure – inclusa la possibile produzione partecipata della documentazione su cui studiare, in sostituzione di libri di testo forzatamente inadeguati – costituisce da sempre la forza della proposta didattica degli Istituti Tecnici Industriali. Una realtà italiana che spesso viene troppo sottovalutata, e che potrebbe invece servire da esempio per svecchiare ed aprire a nuovi orizzonti anche altri percorsi educativi, tanto più che lo spostamento dalla didattica frontale alle forme di apprendimento attivo è ormai una costante delle esperienze internazionali.

D'altro canto, il tentativo di interazione costruttiva non solo fra le aree didattiche della stessa classe, ma addirittura con intersezioni tra le attività di classi diverse per annualità e per indirizzo, diventa un punto critico: sia per le possibilità di attuazione, sia per la riuscita del lavoro. La struttura scolastica italiana è fortemente improntata alla divisione per classi di età ed alla continua riproposizione di schemi consuetudinari; gli stessi studenti faticano spesso a capire il senso di una didattica non puramente frontale (persino nei laboratori chimici, quante volte si fa di fatto solo didattica frontale, come per un addestramento a lavori esecutivi!). Quadri orario molto rigidi possono rendere velleitaria l'idea di una sistematica interazione, nei momenti curricolari, tra studenti che non facciano parte della stessa classe. La scarsa elasticità che spesso si incontra a livello di sistema, cui si aggiunge lo spauracchio vero o presunto delle prove esterne di maturità, costituisce un oggettivo ostacolo; che si può in qualche modo superare solo con una sensibile disponibilità e buona volontà (perlomeno) da parte dei colleghi di un consiglio di classe. E questo nonostante quanto si indica e richiede, ormai da decenni, per spostare la didattica verso le *competenze* e l'*autonomia*, allontanandoci dai famosi "programmi" e dalla riproduzione dello statu quo.

Ciò però non significa che non siano possibili elementi di innovazione anche in un quadro che non le favorisce. Le esperienze più recenti, oggi in corso, permettono di notare che la didattica di tipo CLIL può fornire un'ulteriore possibilità di integrazione. Taluni argomenti tra quelli indicati esulano infatti dal quadro disciplinare normalmente affrontato nei corsi di base, dai quali lo studente ha già appreso un lessico specifico, e quindi anche le strutture mentali legate ad un

certo canone espressivo convenzionale. Sembrano essere così particolarmente efficaci per una didattica integrata, che preveda l'acquisizione di un lessico scientifico-tecnico (e dei corrispondenti contenuti semantici) direttamente nella lingua straniera, per riportarli poi a quella propria, e non viceversa.

Bibliografia

1. V. Balzani, Chimica supramolecolare. *La Chimica nella Scuola*, 15, 2-10, 1993.
2. C. L. Bird, W. S. Boston, *The theory of coloration of textiles*. Dyers Company Publication Trust: Bradford, 1975.
3. A. Boehm, M. Gatti, A. Rampoldi, S. Scarso, S. Palazzi, Setaioli, alla carica! XXV Congresso naz. SCI, Arcavacata di Rende, 2014. http://www.kemia.it/testipdf/SetaioliMiniPoster.pdf.
4. B. P. Coppola, Do real work, not homework. In J. Garcia-Martinez, E. Serrano-Torregrosa (Eds.), *Chemistry education: Best practices, opportunities and trends*. (pp 203-257). Wiley-VCH: Weinheim, 2015.
5. D. F. Donnelly, O. McGarr, J. O'Reilly, 'Just be quiet and listen to exactly what he's saying': Conceptualising power relations in inquiry-oriented classrooms. *International Journal of Science Education*, 36 (12), 2029-2054, 2014.
6. A. C. Gottfried, R. D. Sweeder, J. M. Bartolin, J. A. Hessler, B. P. Reynolds, I. C. Stewart, B. P. Coppola, M. M. Banaszak Holl, Design and implementation of a studio-based General Chemistry course at the University of Michigan. *Journal of Chemical Education*, 84 (2), 265-270, 2007 .
7. S. Palazzi, Origine e metrica del colore. Spunti didattici. X Congresso DD-SCI, Verbania, 1996). http://www.kemia.it/testipdf/ORIGINE%20E%20METRICA%20DEL%20COLORE%20web.pdf.
8. S. Palazzi, The colours of chemistry: There's a new scent in the air, or old perchance?, ICCE-ECRICE 2012, Roma; *La Chimica nella Scuola*, 34, 284-289, 2012.
9. Y. L. T. Ting, CLIL: a pragmatic guide for renovating Chemistry Education. XXV Congresso naz. SCI, Arcavacata di Rende, 2014.

Capitolo 40

Storia e didattica della matematica: quale rapporto?

Paolo Bussotti
Università di Udine, Italia
e-mail: paolobussotti66@gmail.com

Abstract

In this paper I deal with the problem of the possible use of the history of mathematics inside mathematics education. I try to show that an appropriate use of history of mathematics can favour a problem-solving approach to mathematics education. This is preferable to a merely formal approach as it can stimulate the interest, the fantasy and the creativity of the pupils. I have no claim to construct a general theory concerning the relation history of mathematics/mathematics education. Rather a concrete example – the problem of the tangent to a curve starting from Newton's method – will be offered as a paradigm for a possible utilization of history of mathematics in an educative context. Many other examples could be provided. My considerations concern basically the last three-four years of the high school.

1. Il quadro di fondo

Questo articolo presenterà alcune considerazioni sul rapporto tra storia e didattica della matematica soprattutto relative al triennio dei licei e degli istituti tecnici ma con qualche incursione anche in questioni riguardanti il biennio e il primo anno di università. Come storico della matematica, sono sempre stato negativamente impressionato dal modo in cui i manuali per le scuole superiori presentano, in genere, la geometria analitica e l'analisi matematica. La geometria analitica, di geometrico non ha quasi niente: per lo più al terzo anno dei licei e degli istituti tecnici viene affrontato lo studio della retta e delle sezioni coniche, ma le proprietà sintetiche delle coniche sono appena accennate e si passa subito a una trattazione meramente analitica che è molto noiosa, ripetitiva, per niente creativa e che

favorisce l'idea che la matematica sia costituita da una serie di argomentazioni applicabili in maniera meccanica piuttosto che da idee, ragionamenti e problemi la cui soluzione non è dato trovare in modo automatico, ma a cui bisogna applicarsi con lavoro, studio e creatività.

Riguardo alla geometria, già dal secondo anno delle superiori, si parla spesso di trasformazioni geometriche come isometrie, similitudini, affinità, associandole, in genere, a una trattazione algebrica condotta con l'ausilio dei primi elementi di calcolo della matrici. La prospettiva è ovviamente interessante: sul piano matematico, la teoria dei gruppi di trasformazione fu alla base delle ricerche tramite cui matematici del livello di Sophus Lie (1842-1899) e Felix Klein (1849-1925) offrirono un quadro unificante le diverse geometrie. A livello didattico, durante la seconda metà del ventesimo secolo, c'è stato un profondo movimento di ricerca che, anche basandosi su idee di Jean Piaget (1896-1980), propose di fondare – fin dalla scuola media – l'insegnamento della geometria sulle trasformazioni, collegandole in parte a una trattazione algebrica (1). Di questo ricco e fecondo dibattito, però, nei manuali non traspare quasi nulla: le nozioni sono impartite – di nuovo – in maniera piuttosto meccanica e ripetitiva. Mi verrebbe da dire: senza anima. Ma, cosa forse ancor più importante, queste nozioni sono riferite a un mondo che gli studenti non conoscono affatto: il mondo della geometria euclidea. Quale senso possono quindi avere? Qui si entra in quello che, a mio modo di vedere, è uno dei maggiori problemi dell'attuale insegnamento della matematica: la scomparsa della geometria sintetica. Questo è un fatto innegabile: alle medie sono insegnate le formule per le aree e i volumi; ai primi due anni delle superiori ci sono nozioni di geometria euclidea, ma impartite in modo così superficiale e limitandosi a problemi in genere molto banali che lo studente non ha idea di quale ricchezza, difficoltà e rigore si celi dietro un universo apparentemente intuitivo e semplice come quello di Euclide.

D'altra parte provare per credere: si scelga da un classico manuale di geometria sintetica, per esempio l'Enriques-Amaldi (2), un problema giudicato dagli autori di media-alta difficoltà e posto all'epoca a ragazzi di seconda-terza superiore. Lo si ponga a un campione di un certo numero di studenti che stanno per laurearsi in matematica – quindi degli specialisti – chiedendogli di risolverlo in modo sintetico. Sembrerà strano, ma quasi nessuno sarà in grado di trovare la soluzione. La risposta più ovvia che si può dare a questo stato di cose è che la geometria euclidea è una branca della matematica come un'altra e il fatto che abbia avuto un ruolo assolutamente privilegiato nell'educazione matematica fino a ventesimo secolo inoltrato, non implica che debba averlo anche adesso. D'altronde il dibattito sul modo migliore di insegnare geometria data almeno alla seconda metà del diciannovesimo secolo (3). Personalmente sono convinto che la geometria sintetica euclidea sia una palestra insostituibile per imparare la matematica, ma più in generale un tipo di ragionamento che sia rigoroso e, al contempo, necessitante di

fantasia e ingegno.

Rigoroso, perché gli strumenti a disposizione sono pochi: riga, compasso e le figure con essi costruibili. Il tutto condensato nei cinque assiomi euclidei e in una serie di proprietà e teoremi deducibili da essi. Lo studente deve imparare a fare con poco e ad essere preciso: non può dare per scontate proprietà intuitive o che sembrano ovvie da una prima analisi della figura senza una dimostrazione. È infatti noto quanti errori derivino da un simile modo di procedere.

Necessità di fantasia e ingegno: in geometria euclidea ci sono una serie di metodi, ma nessuno di essi garantisce la soluzione automatica di un problema. Dunque lo studente deve sempre metterci del proprio e applicarsi con impegno e intelligenza alla soluzione del problema. Inoltre la geometria euclidea ha il grande vantaggio di offrire una pluralità di problemi di crescente difficoltà, per cui il percorso didattico può essere proposto in una forma continua, senza salti concettuali troppo bruschi.

Credo quindi che nei primi tre anni delle superiori debbano essere rivisti i programmi di matematica, reinserendo come materia fondamentale la geometria sintetica euclidea – bisogna poi vedere i dettagli della cosa –: primi due anni geometria del piano focalizzandosi sulla teoria della similitudine e facendo capire che, in sostanza, tutti i più difficili problemi euclidei sono riconducibili a ragionamenti per similitudine. Questa sarebbe una vera e cosciente introduzione a quello che dovrebbe poi essere sviluppato solo in seguito, cioè la teoria delle trasformazioni: una volta capito, nella pratica matematica, che in effetti la similitudine è la base della geometria euclidea, sarà più facile e fecondo per gli studenti comprendere la natura delle trasformazioni geometriche, la loro trascrizione in termini algebrici e gli invarianti di ogni geometria.

Questo sarebbe un approccio, sviluppato con consapevolezza e coscienza da parte di insegnanti e studenti, alla teoria delle trasformazioni; non un'introduzione disincarnata dai problemi a causa dei quali storicamente e concettualmente è nata la teoria delle trasformazioni e basata su due o tre nozioni algebriche espresse sovente con malagrazia. Inoltre, potrebbe essere anche favorito un percorso storico e logico in cui si mette in evidenza come gli assiomi euclidei non abbiano tutti la stessa evidenza, ma come il quinto postulato, per il suo carattere infinitario, sia stato giudicato, fin dall'antichità, meno intuitivo degli altri, come si sia cercato, invano, di dimostrarlo quale teorema in base agli altri quattro e come, infine, dopo lunga e faticosa meditazione, si sia giunti all'idea di negarlo, aprendo così il campo alle geometrie non-euclidee. Di cui potrebbero essere dati i primi affascinanti elementi di base. Del resto gli assiomi di Euclide erano concepiti in un certo modo. Ma è chiaro che quando le geometrie diventano più di una, c'è anche necessità di ripensare al concetto di assioma. Da qui potrebbe essere introdotto qualche elemento concettuale della moderna assiomatica astratta che nasce tra diciannovesimo e ventesimo secolo.

Dunque un insegnamento basato sulla geometria euclidea nei primi tre anni delle superiori, può tranquillamente aprire le porte ai moderni problemi matematici e lo può fare con un discorso unitario e coerente. Si tratta di eliminare dai programmi una serie di elementi sparsi ed eterogenei e concentrarsi su un blocco didattico unitario. D'altronde non serve a niente impartire molte nozioni: è cosa ben nota che gli studenti dimenticano quelle nozioni dopo poco tempo. Meglio concentrarsi su un progetto coerente complessivo.

Al quarto anno delle superiori, si potrebbe ridurre la trattazione analitica delle coniche e concentrarsi su alcuni elementi sintetici della teoria di Apollonio, mostrando come, rimanendo all'interno della teoria delle proporzioni, si possano superare l'insieme dei problemi risolvibili con riga e compasso. Si potrebbero così introdurre elementi concettuali fondamentali quali la generazione delle coniche, il concetto di *latus rectum*, problemi connessi con le tangenti alle coniche, i concetti di assi e di diametri coniugati. Il tutto risolto in maniera sintetica. Non si tratterebbe, ovviamente, di ripetere il testo di Apollonio nella sua integrità, ma di selezionare argomenti e problemi che mostrino la continuità e, al tempo stesso, il superamento della tecnica e degli strumenti usati da Euclide. La trascrizione in termini analitici delle coniche risulterebbe così coerente con quanto fatto dal geometra greco. In compenso andrebbero evitati tutti quei problemi, molto meccanici e basati quasi esclusivamente su calcoli lunghi e tediosi, concernenti intersezioni di fasci di rette, circonferenze, ellissi e iperboli. L'insegnamento e l'apprendimento diverrebbero molto più interessanti seguendo questo approccio, che si potrebbe definite "un approccio storico all'insegnamento della matematica".

Tengo a specificare che non si tratterebbe di imporre la storia della matematica nella didattica della matematica: la storia della matematica è un settore specifico di ricerca con propri risultati, metodi e problemi che, di per sé, non sono certo i problemi di chi deve insegnare e apprendere la matematica alle scuole superiori. In concreto: non si tratta di inserire Euclide o Apollonio nel loro contesto o di affrontare i problemi storiografici connessi allo studio di questi due autori. Su questo c'è un'immensa letteratura specializzata che affronta temi specifici di grande rilievo, ma che, in genere, non sono legati all'ambito didattico, né sono rilevanti in un contesto educativo. Quello che è utile è il "sapore" storico generale dell'insegnamento: la possibilità di mostrare come, in vari momenti dello sviluppo del pensiero matematico, ci si sia trovati di fronte a problemi per risolvere i quali e dar loro un trattamento sistematico siano stati necessari gli sforzi di grandi pensatori e, in qualche modo di un'intera civiltà, se si pensa, per esempio, che gli *Elementi* euclidei, più che come l'opera di un autore, possono essere interpretati come il risultato finale di una serie di ricerche che duravano da secoli e che hanno trovato una elevata trattazione quasi-manualistica negli *Elementi*. In questo modo la matematica appare come il prodotto del lavoro umano, come una serie di

complesse acquisizioni per dar rigore e veste sistematica alle quali è stato necessario un lungo impegno.

Non si tratta certo, quindi, di invenzioni geniali, ma disancorate da un contesto, né di procedimenti meccanici, ma di vivo lavoro e ricerca. Lo studente messo davanti a un problema di geometria di una certa difficoltà avrà modo di capire perfettamente cosa significhi lavoro, ricerca e soddisfazione per il risultato raggiunto, molto più che se deve riempire un foglio con calcoli di cui, tra l'altro, spesso non capisce il senso. Quindi un insegnamento di sapore storico ha anche un valore morale ed umanistico che sarebbe difficile ottenere altrimenti.

Parlando del modo in cui viene presentata alle scuole superiori l'analisi matematica, alcune considerazioni appaiono necessarie: in genere l'analisi è la parte della matematica che, tra quelle insegnate alle superiori, riscuote forse il maggior successo tra gli studenti. L'argomento è abbastanza intuitivo, c'è una stretta connessione con il concetto di infinito, ci sono applicazioni al problema delle tangenti e alla fisica. Col calcolo integrale c'è comunque la soddisfazione di poter calcolare aree di figure curvilinee, spesso piuttosto complesse; si tratta quindi di un settore che gli studenti spesso avvertono come più vicino ai loro interessi e a cui si rapportano, in genere, in modo abbastanza positivo. Ciò non vuol dire che anche l'insegnamento dell'analisi non possa essere migliorato: in particolare, molte nozioni, a cominciare da quella di funzione, ma soprattutto di limite, sono introdotte in maniera formale con il metodo ε-δ, analogamente procede l'introduzione del concetto di derivata, con i teoremi fondamentali del calcolo differenziale, e il concetto di integrale, con il teorema fondamentale del calcolo e le applicazione al computo delle aree. Molti docenti forniscono il supporto intuitivo di queste definizioni formali e – come detto – vengono sottolineate le applicazioni geometriche, come il problema delle tangenti o fisiche con i concetti di velocità e accelerazione istantanee. Secondo, quindi, un modo di procedere classico e consolidato, le funzioni di una variabile reale sono trattate alla scuola superiore e gli stessi concetti e problemi sono ripresi – ovvio, con ampiamenti e approfondimenti, cose note su cui è inutile soffermarsi – ai corsi di analisi I all'università o ai corsi di matematica alle facoltà in cui non c'è uno specifico esame di analisi.

Chiaramente a Matematica, Fisica e Ingegneria la trattazione è assai più approfondita e, a Matematica, già corredata da concetti tratti dalla teoria degli insiemi e dall'algebra astratta. Nelle facoltà ove è previsto, l'esame di analisi II tratta le funzioni di due variabili secondo programmi ben conosciuti. Molti studenti – anzi tutti quelli che poi sosterranno un esame di matematica all'università – ascoltano quindi un certo tipo di programma agli ultimi anni delle superiori e poi, sia pur con accenti e toni diversi, se lo sentono ripetere qualche mese dopo all'università. Non sarebbe allora più interessante diversificare maggiormente i programmi e offrire all'ultimo anno delle superiori un programma di analisi

matematica che parta dai problemi su cui il calcolo è stato edificato, in modo che, come già nel caso della geometria, lo studente capisca che la matematica, in ogni branca, nasce da problemi specifici e non nella forma di una teoria già consolidata? Si potrebbe, per esempio porre lo studente di fronte a un certo problema – io analizzerò quello delle tangenti – e chiedere: come risolveresti questo problema? Quali idee ti possono venire in mente?

Bisogna poi sottolineare che, in un certo periodo storico, i matematici si trovarono di fronte proprio allo stesso problema e per risolverlo ragionarono in un certo modo, che non è quello che viene insegnato oggi con la teoria, perché all'epoca non esisteva alcuna teoria. Essa fu creata proprio per risolvere questioni a cui, con le idee tradizionali, non si trovava soluzione. Dunque una didattica basata su *problem-solving*, in cui l'aspetto storico riveste un ruolo centrale. Qui voglio fornire un esempio concreto: quello relativo al modo in cui Newton risolse il problema delle tangenti. Si noteranno tra l'altro, molti fenomeni interessanti, per esempio il fatto che in Newton i problemi di calcolo in due o più variabili sono molto più collegati al calcolo in una variabile rispetto a quanto venga insegnato oggi.

2. Un approccio didattico per problem-solving: Newton e le tangenti a una curva

2.1. Il procedimento di Newton

In un corso di analisi matematica in una quinta liceo scientifico, invece di presentare il percorso tradizionale, si potrebbe partire da un problema concreto: tracciare le tangenti a una curva. Si potrebbe ricordare agli studenti come abbiano imparato a tracciare le tangenti a una circonferenza da un qualsiasi punto del piano e, successivamente, quelle a una conica qualsiasi. Tuttavia, il problema di tracciare, in generale, una tangente a una curva è molto complesso. Si potrebbe ricordare, senza entrare nei dettagli, che nel XVII secolo, esso fu affrontato con metodi nuovi da matematici del livello di Cartesio (1596-1650) e Fermat (1601-1665) e che Newton (1642-1727) propose, nel suo lavoro *Methodus fluxionum et serierum infinitarum* (4) una soluzione generale.

Seguendo direttamente quello che fa Newton: introdurre il concetto di flussione. Il grande scienziato inglese parte da due problemi fisici opposti e poi generalizza il suo risultato a ambiti non limitati alla fisica: i) dato lo spazio trovare la velocità (oggi diremmo istantanea) per ogni tempo dato; ii) data la velocità, trovare lo spazio. Newton procede in maniera molto pragmatica: se lo spazio è rappresentato dall'equazione $y = x^2$, la velocità è data da $\dot{y} = 2x\,\dot{x}$, dove $\dot{x}$ è la *flussione* rispetto al tempo della quantità fluente x. Newton chiarisce che la flussione può essere calcolata rispetto a qualsiasi variabile, dunque le sue considerazioni non riguardano

solo la fisica. Il canone di Newton per calcolare l'equazione delle flussioni data quella delle fluenti è il seguente (in una fase iniziale Newton si limita a considerare esponenti interi):

a. considerare ogni variabile separatamente;
b. disporre l'equazione delle fluenti secondo gli esponenti decrescenti di ogni variabile, per esempio *x*;
c. considerare il massimo esponente *m* della variabile *x*:
    i. occorre associare un intero *n* all'esponente;
    ii. moltiplicare ogni occorrenza di x^i per $\frac{\dot{x}}{x}$ e per i termini di una progressione aritmetica decrescente come segue: se si associa il numero *n* a *m*, si moltiplichino le occorrenze della variabile con esponente *m* per *n*; le occorrenze con esponente *m*-1, per *n-h* (*h* è la differenza della progressione); in generale, le occorrenze *m-k* per *n-kh*. In una prima fase didattica è utile porre $m = n$, e $h = 1$, ma questa posizione non è affatto necessaria.
d. ripetere l'operazione per ogni variabile;
e. sommare i risultati parziali.

Il risultato complessivo fornirà l'equazione delle flussioni.

Se, per esempio, l'equazione delle fluenti è

$$2\,y^3 + x^2\,y - 2\,c\,y\,z + 3\,y\,z^2 - z^3 = 0$$

l'equazione delle flussioni sarà

$$2x\,\dot{x}\,y + 6y^2\,\dot{y} + x^2\,\dot{y} - 2c\,\dot{y}\,z + 3\,\dot{y}\,z^2 - 3z^2\,\dot{z} + 6yz\,\dot{z} - 2cy\,\dot{z} = 0$$

Newton insegna poi, basandosi, in sostanza sul canone già spiegato, come calcolare anche le flussioni quando gli esponenti nell'equazioni delle fluenti sono numeri razionali, cioè quando compaiono radicali. Ma cosa è esattamente una flussione? Per comprendere la sua natura, basta seguire quanto scrive Newton: egli considera una quantità infinitesima di tempo e la indica con *o* (Newton 1671, 1736, p. 24), definisce poi il momento della quantità fluente *x* come $o\dot{x}$. Il momento rappresenta perciò un incremento infinitesimo della quantità fluente *x*. La flussione è quindi il rapporto tra l'incremento della variabile *x* e della variabile *t* da cui *x* dipende. A questo punto, Newton dimostra la validità del suo canone per ottenere l'equazione delle flussioni, data l'equazione delle fluenti. Vediamo come Newton applica questi precetti al problema delle tangenti: supponiamo data l'equazione della curva:

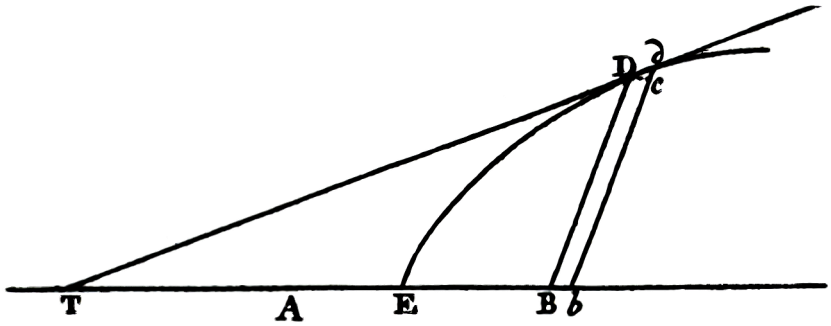


Figura 1. La figura usata da Newton per spiegare il proprio metodo delle tangenti. Da Newton 1736, p. 46.

Il problema è tracciare la tangente alla curva data in *D*. Newton considera un sistema di riferimento in cui *BD* è l'asse delle ordinate e *AB* delle ascisse, (l'angolo *ABD* è dato, ma non è necessariamente retto). Supponiamo che l'ordinata si muova di uno spazio infinitamente piccolo (*spatium indefinite parvum* è l'espressione latina, Newton 1746, p. 89) *Bb* lungo l'ascissa. Il momento dell'ordinata è cd, quello dell'ascissa è *Bb* (o *Dc*, parallela a *Bb*). Se si prolunga *Dd* – cioè la linea che seca la curva in *D* e in *d* – finché essa tocchi la retta *AB* in *T*, i triangoli *Dcd* e *DBT* sono simili, perciò:

$$TB : BD = Dc : cd$$

Ma l'equazione della curva è data dunque è data anche la relazione tra i momenti e, quindi tra le flussioni, *Dc* : *cd*. È allora sufficiente prendere il segmento *TB* che stia a *BD* nello stesso rapporto in cui *Dc* sta a *cd* e la tangente può essere tracciata.

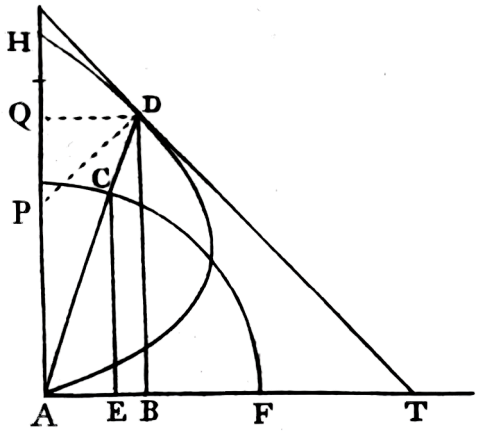


Figura 2. La figura usata da Newton per applicare il proprio metodo al fine di tracciare la tangente alla spirale di Archimede. Da Newton 1736, p. 51.

Vediamo come Newton applica il suo metodo per tracciare le tangenti alla spirale di Archimede. Ricordo che la spirale di Archimede si ottiene così: si faccia muovere un punto di moto uniforme su una semiretta e si faccia ruotare la semiretta a velocità costante intorno alla sua origine. Il punto descriverà una curva detta spirale di Archimede (si veda Archimede, 1974, p. 345). Il raggio vettore è, quindi proporzionale all'angolo.

Newton analizza il caso in cui si abbia uguaglianza tra raggio vettore e arco percorso, ma le sue considerazioni sono valide per ogni spirale archimedea. Il suo ragionamento è il seguente (riferimento alla figura 2): si consideri un sistema di riferimento (ortogonale), $x = AT$, $y = AQ$, origine in A. Sia Fc un arco di cerchio e, per ogni posizione della retta AD, sia $\overline{AD} = \overset{\frown}{FC}$. Ne consegue che la curva ADH è una spirale di Archimede. Da D e da c si abbassino le perpendicolari DB e cE all'asse x. Si ponga $AD = t$. Risulta allora, essendo $AB = x$, $DB = y$

$$t^2 = x^2 + y^2$$

Passando all'equazione delle flussioni si ottiene:

$$t\,\dot{t} = x\,\dot{x} + y\,\dot{y} \qquad 1)$$

Per la similitudine dei triangoli ADB e AcE, si ha

$$AD : Ac = DB : cE$$

Posto $AF = Ac = 1$ e $CE = v$, Newton ottiene $y=tv$, la cui equazione delle flussioni è

$$\dot{y} = \dot{t}\,v + \dot{v}\,t \qquad 2)$$

Ma la flussione dell'arco circolare Fc sta alla flussione della retta AE come il segmento Ac al segmento AE, inoltre $Ac : AE = AD : AB$. Data l'uguaglianza tra l'arco Fc e la retta AD per ogni posizione, sono uguali anche le loro flussioni, così che

$$\dot{t} : \dot{v} = t : x$$

Dunque:

$$\dot{t}\,x = \dot{v}\,t \qquad 3)$$

Da 2) e 3) segue

$$\dot{y} = \dot{t}\, v + \dot{t}\, x \longrightarrow \dot{t} = \frac{\dot{y}}{v + x}$$

Perciò da 1):

$$x\,\dot{x} + y\,\dot{y} = t\,\dot{t} = \frac{\dot{y}\,t}{v + x} \qquad 4)$$

Tracciamo ora la perpendicolare *QD* all'asse *y*. Se *PD* è la normale alla spirale e *DT* la tangente, i due triangoli *PQD* e *BDT* sono simili e si ha:

$$QD : QP = BD : BT$$

In base a quanto esposto nella teoria delle tangenti, il rapporto tra *BD* e *BT* è uguale, in valore assoluto, a quello tra la flussione di *y* e la flussione di *x*. Nel caso specifico:

$$BD : BT = \dot{y} : (-\dot{x})$$

Dalla 4) consegue poi che

$$\dot{y} : (-\dot{x}) = x : \left[y - \frac{t}{v + x} \right]$$

Dunque nella proporzione

$$QD : QP = x : \left[y - \frac{t}{v + x} \right]$$

sono noti tutti gli elementi, escluso il segmento *QP*, che può così essere costruito. Si ha dunque la perpendicolare *PD* alla curva e, con ciò stesso, può essere tracciata la tangente.

2.2. Considerazioni didattiche

Partendo dunque dalla definizione di flussione, da alcune considerazioni di Newton sul calcolo delle flussioni e dal modo in cui egli traccia la tangente a una curva qualsiasi, nascono una serie di interessanti interrogativi didattici. Newton tratta i problemi senza avere sviluppato né il concetto di funzione, né quello di limite in senso proprio. È chiaro che quando si riferisce al calcolo della flussione rispetto al tempo, egli immagina un nesso funzionale dipendente dal tempo, ma né una teoria delle funzioni, né il concetto stesso di funzione sono sviluppati. Analogamente, la nozione di limite resta implicita nelle considerazioni newtoniane,

ma non è esplicitata. Oggi invece, anzitutto si definisce cosa sia una funzione e poi si passa al concetto di limite, con una impalcatura teorica piuttosto complessa. Si potrebbe invece procedere al contrario: introdotto il concetto di flussione, sarebbe possibile insegnare anzitutto cosa si può fare lavorando con esso. Emergerebbero aspetti molto interessanti: anzitutto il fatto che Newton operi sempre con equazioni (l'unico concetto che, in questo senso, aveva a disposizione) e non con funzioni, gli consente una grande generalità.

Per lui non ha importanza quante variabili entrino in gioco: data l'equazione delle fluenti, è in grado, con metodo uniforme, di trovare l'equazione delle flussioni. Quindi quella differenza che c'è oggi tra calcolo differenziale per funzioni di una variabile reale e due o più variabili non sussiste nella trattazione newtoniana. Newton opera e lavora con più variabili. Questo gli permette, per esempio, di tracciare, fin dall'inizio, tangenti a curve che non sono funzioni, come, appunto, la spirale di Archimede o la concoide di Nicomede, curve le cui proprietà non sono usualmente affrontate in un corso di analisi all'ultimo anno delle superiori. Se volessimo attualizzare, *in maniera indubbiamente impropria* (5), l'opera newtoniana, potremmo dire che Newton parla già di derivate parziali. Vale inoltre la pena accennare al fatto che egli fornisce anche le regole per il calcolo delle flussioni, equivalenti alle regole di derivazione e che, ricorrendo alle serie infinite, è in grado di trattare anche quelle che oggi chiamiamo funzioni trascendenti. Sarebbe estremamente istruttivo fornire ai ragazzi una serie di curve a cui dovrebbero essere tracciate le tangenti col metodo di Newton.

Questo potrebbe essere un importante contributo allo sviluppo del loro ingegno matematico perché la procedura dello scienziato inglese è, certo, metodica, ma occorre sempre aggiungere un tocco personale. In particolare il contributo personale deve essere dato quando si tratta di costruire il triangolo i cui lati saranno poi proporzionali alle flussioni di x e y. Nel caso della spirale di Archimede (Figura 2) il triangolo QDP e il triangolo simile DBT. Qui occorre che il ragazzo organizzi anche un semplice ragionamento geometrico, il che sarebbe coerente con la preparazione di geometria sintetica sviluppata nei precedenti anni di studio. Quindi il metodo delle flussioni di Newton è abbastanza sistematico da offrire procedure sufficientemente codificate, ma abbastanza elastico, da richiedere la creatività dello studente.

Una volta sottolineate le qualità del metodo newtoniano, occorrerà anche evidenziarne certi limiti: senza una precisa definizione del concetto di funzione, limite e derivata, si farà vedere che è difficile affrontare una serie di problemi che sono divenuti classici nel calcolo infinitesimale, come, solo per dare un esempio, quelli legati alla continuità di una funzione. Allora, osservando la grandezza e gli inevitabili limiti del procedimento newtoniano, lo studente apprezzerà la necessità di definire meglio i concetti, di formalizzare e generalizzare le procedure e di introdurre in modo formale nozioni come funzione, limite e derivata. In qualche

modo, sarà una sua esigenza quella di giungere a una trattazione più generale e perspicua, non un qualcosa di imposto. Bisogna, insomma, far capire che la formalizzazione e la teoria sorgono da problemi e non devono esser presentate come concettualizzazioni nate prima dei problemi. Si rischierebbe di non far apprezzare ai giovani il nucleo vitale della matematica.

Inoltre, introdotta la procedura newtoniana, gli studenti potranno trarne vantaggio per risolvere in maniera uniforme problemi in una o più variabili e per non considerare in modo troppo separato la trattazione per un diverso numero di variabili. Newton, per esempio, risolve anche il problema di trovare il centro di curvatura di una qualunque linea, problema che invece viene affrontato solo nei corsi di analisi II all'università. (6) Altro argomento specifico e didatticamente stimolante di cui parlare è l'affermazione newtoniana secondo cui, data l'equazione delle fluenti, per ottenere quella delle flussioni si può moltiplicare ogni variabile x che compare nell'equazione con un certo esponente per $\frac{\dot{x}}{x}$ e per i termini di una qualunque progressione aritmetica, mentre oggi la derivata di una funzione si ottiene moltiplicando per una progressione che comincia con l'esponente più alto della variabile e che ha ragione 1 (7). Questa discussione in classe sarebbe assai appropriata per far comprendere agli studenti la profonda differenza tra equazioni e funzioni, differenza la cui conoscenza non è sempre da dare per scontata.

In sostanza: affrontare il calcolo differenziale partendo da uno specifico – ma significativo – problema trattato da un grande matematico può offrire una prospettiva diversa e stimolante per l'apprendimento di questo settore della matematica. Sottolineo che sono poi del tutto favorevole a una impostazione formale e rigorosa dei temi trattati, ma essa deve essere preceduta da una fase in cui si fanno vedere i problemi da cui poi nasce la formalizzazione, spiegando i perché si è avvertita l'esigenza di formalizzare certi concetti e procedure. Questo sarebbe un insegnamento veramente fecondo. Si può pensare anche ad un "approccio misto": per esempio introdurre il concetto di funzione, mostrare poi come Newton risolse il problema delle tangenti e chiedere ai ragazzi questioni tipo: "pensate che il concetto di funzione sia in qualche modo utilizzabile per affrontare il problema delle tangenti?"; "Quale rapporto vedete tra le equazioni di Newton e le nostre funzioni?" L'importante è rendere attivo e, al tempo stesso logicamente concatenato e rigoroso, il processo di insegnamento/apprendimento.

Ovvio che questo metodo può essere applicato a tutti i settori della matematica: certo alcuni, come la trigonometria, la geometria euclidea, la geometria analitica e il calcolo infinitesimale, si prestano meglio di altri poiché, in effetti, è abbastanza ovvia la ragione per cui gli studenti debbano sapere risolvere equazioni e disequazioni e operare con esponenziali e logaritmi, senza che questo necessiti di particolari giustificazioni o premesse, anche se, riguardo ai logaritmi, la storia delle ragioni per cui sono stati introdotti è molto interessante. Comunque qui siamo in ambito didattico e la storia della matematica deve essere un supporto e non fine a

se stessa. Concludo sottolineando che ho preso il problema delle tangenti e il calcolo differenziale come un esempio, molti altri ne potrebbero essere forniti in cui un'impostazione per problemi e che tragga ispirazione della storia, potrebbe essere stimolante e creativa per gli studenti.

Note

1. Per un approfondimento su questo tema, soprattutto in riferimento alle idee di Vittorio Checcucci, rimando a Bussotti 2013a. In quell'articolo fornisco anche una cospicua bibliografia sull'argomento.
2. Enriques-Amaldi 1903. Il manuale ha avuto numerose edizioni, anche postume. Come testo in sé, il migliore è quello della prima edizione, in alcune edizioni successive però sono aggiunti una pluralità di interessanti problemi, si veda, per esempio, l'edizione del 1989 con esercizi aggiornati e curati dal Professor Germano Martellotti.
3. Questo dibattito fu veramente di ampio respiro e profondo. Vi è moltissima letteratura primaria e secondaria sul tema. È impossibile riferirla anche per sommi capi. Mi permetto quindi di rimandare ad alcuni miei lavori dove affronto anche questo problema e fornisco indicazioni bibliografiche: Bussotti 2012a; Bussotti 2012b; Bussotti 2013b; Bussotti 2014.
4. Non entro minimamente negli altri contributi dati da Newton al calcolo infinitesimale, né nelle dispute concernenti l'origine del calcolo. Riguardo alla *Methodus fluxionum et serierum infinitarum*, il testo fu scritto in latino approssimativamente nel 1671, ma la prima pubblicazione è una traduzione inglese postuma (Newton 1671, 1736). L'originale latino fu pubblicato nel 1746 (Newton 1746).
5. Propriamente parlando: poiché Newton non possedeva in termini rigorosi il concetto di funzione e di limite, tantomeno poteva possedere quello di derivata.
6. Per la possibilità di sfruttare in ambito didattico il modo in cui Newton determina il cerchio di curvatura rimando a Bussotti 2015.
7. Si veda Bussotti 2015.

Bibliografia

1. Archimede, Spirali. In A. Frajese (a cura di), *Opere di Archimede* (pp 311-386). UTET: Torino, 1974.
2. P. Bussotti, Federigo Enriques e la didattica della matematica, in *Euclide. Giornale di matematica per i giovani*. Prima parte febbraio 2012a, seconda parte aprile 2012a. Sito web: http://www.euclide-scuola.org/.
3. P. Bussotti, History and didactics of mathematics: a problematic relation. Some considerations based on Federigo Enriques's ideas, in *Problems of Education in*

the 21th Century, 48, 2012, pp. 5-9, 2012b.
4. P. Bussotti, Vittorio Checcucci and his contributions to mathematics education: a historical overview. *Problems of Education in the 21th Century*, 53, pp. 22-39, 2013a.
5. P. Bussotti, L'insegnamento della matematica nella scuola secondaria superiore dall'unificazione alla riforma Gentile. *Annali di storia dell'educazione*, 20, 241-264, 2013b.
6. P. Bussotti, The possible relations between history of mathematics and mathematics education. In *Science and Technology Education for the 21st Century. Research and Research Oriented Studies. Proceedings of the 9th IOSTE Symposium for Central and Eastern Europe* (pp. 29-41). Gaudeamus: Hradek Králové, 2014.
7. P. Bussotti, Differential calculus: the use of Newton's *Methodus fluxionum et serierum infinitarum* in an educative context. *Problems of Education in the 21th Century*, 65, 39-65, 2015.
8. F. Enriques, U. Amaldi, *Elementi di Geometria ad uso delle scuole secondarie superiori*, Zanichelli: Bologna, 1903.
9. F. Enriques, U. Amaldi, *Elementi di geometria*. Esercizi aggiornati a cura del Prof. Germano Martellotti, in due volume. Zanichelli: Bologna, 1989.
10. I. Newton, *The method of fluxions and infinite series*. Edited by J. Colson, H. Woodfall, London, 1671, 1736. Versione PDF liberamente scaricabile al sito: https://archive.org/details/methodoffluxions00newt.
11. I. Newton, *Methodus fluxionum et serierum infinitarum*, in *Opuscula mathematica*, I, 29-200, 1746. Lausanne et Genevae, Marcum Michaelem Bousquet. Versione PDF liberamente scaricabile al sito: https://archive.org/details/OpusculaMathematica.

Capitolo 41

Motivating students for science studies in school

Jack Holbrook and Miia Rannikmae
University of Tartu, Estonia
e-mail: jack@ut.ee

Motivating students for learning school science is seen as a problem. This is not so much with undertaking experimental work or with other student-centred activities, but more in coping with the conceptual demand of the subject and its seemingly irrelevance to everyday life. This article reflects on the need for 'student motivation' and especially relates to this by addressing ways of making science teaching more relevant for students. The article assumes that the teacher's main role is to implement the curriculum for maximum benefit for students. Although 'students' is written in the plural, the actual teacher role is taken to be to support the education of each individual student as perceived to be most appropriate. Whether it is collectively in a class of students, or marking an individual's piece of work, the assumption is that it is each student that is being educated. Or to put this more succinctly – *teachers actually teach students, not the curriculum*!

A further assumption is based on the European trend (EACEA/Eurydice, 2012), aided by next generation considerations from the US (NRC, 2012). This is seen as a competence-driven approach in which cross-curricular skills and dispositions (attitudes and values) are also important. So while the curriculum can build on a conceptual science frame, teachers need to understand that the intention behind the curriculum is to promote the nature of the subject, personal development, (including intellectual development), and also social skills (Holbrook & Rannikmae, 2007). This need is very much related to society and how science teaching can play its role in developing responsible citizens, able to reflect on sustainable development needs and also to play an important role in ensuring employability.

361 L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 361-375)

Motivation

It is suggested that a key ingredient in teaching is student motivation. Teachers need to carefully consider ways to making science education more motivational to students even when the curriculum is fixed. One obvious way for this, irrespective of the curriculum, is to consider the students first and provide learning that promotes their self-esteem, self-confidence and of course, self-competence. While this can be strongly aided by the classroom atmosphere created by the teacher (all too often the sole motivator in science classroom), a motivational curriculum provision is also recognised as essential. This article claims motivation is very important in science education, because:

MOTIVATATION —aids→ LEARNING —towards→ BECOMING A MORE SCIENTIFICALLY AND TECHNOLOGICALLY LITERATE MEMBER OF SOCIETY

Nevertheless, the term motivation, unfortunately, is quite complex. And 'student motivation' (students wanting to), triggered by the students themselves, can stem from a number of different perspectives. One is from taking an interest (liking) by students, which, in turn, may be triggered by the relevance (seen as useful, meaningful or important) of the situation (figure 2).

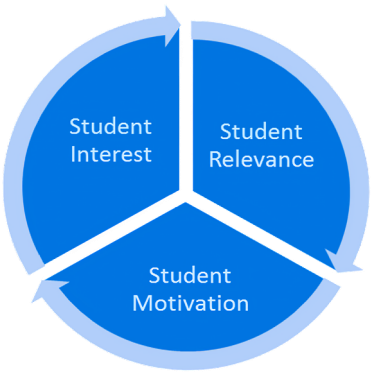


Figure 2. The interrelated interest, relevance, motivation Cycle.

The interest, relevance, motivation cycle can be triggered in students in two key ways.

1. Students can be motivated by external factors, most noticeably the teachers (but this could also be external pressures such as from parents, the school examinations, etc.). Such external motivation can be attained from making a situation interesting for students (an interesting or stimulating classroom atmosphere), or perhaps by stressing the relevance of the situation to the

students' personal lives. A well liked teacher is one who is able to externally motivate students and feel that they want to be involved i.e. the teacher making a situation interest and/or relevant which can lead to student motivation. The motivational teacher is thus a powerful person in enabling students to learn.

2. But, 'student motivation' can also be driven by the learning itself, if this is seen as interesting and relevant in the eyes of students.

But, whichever focus is considered, it is important for the teacher to recognise that 'student motivation' is internal to the student. It comes from the student. While it can be stimulated by the teacher (as in 1 above), it can also be stimulated by the learning being offered (the science education). Thus the teacher can:

a. stimulate 'student interest' by incorporating situations in the teaching which lead to 'student motivation.' This is coming from 'situational interest' (an interesting learning situation created the teacher) which however, coming from the teacher, tends to be limited in scope. Student interest wanes with time and with it, if not reawakened by the teacher, so does student motivation.
b. utilise a more student dependent approach to stimulating 'student motivation' – most notably the by learning itself. Now, the relevance of the learning tends to drive motivation, or drives student interest in the learning approach which then triggers student motivation. As figure 2 tries to imply, the motivation can drive, or be driven by, relevance and/or interest. This leads to important considerations in teaching, especially in science education lessons.

The question is – how can the curriculum provision be seen by students are relevant and hence motivational and how can teachers make appropriate use of relevant opportunities to motivate, not only by their own use of a stimulus (situational interest), but more powerfully, through incorporation of meaningful curriculum provisions? In this respect, the following student motivation elements are considered important.

1. The socio-scientific relevance/context-based element

Much has been indicated in the literature that sees a more society-related learning approach gaining favour with many students. Often the approach is by involving students in constructivist learning, initiated from a familiar socio-cultural base so as to allow students to bridge the gap between learning within society and learning at school (van Aalsvorst, 2004). The belief is that:

- Teaching of science in school is actual 'science education' and care is need when referring to the teacher's task as 'teaching science', when education through science (Holbrook & Rannikmae, 2007) is intended.

- Science education is much broader than science and within most curricula tries to meet the needs of students as members of society (as citizen and for careers).

If science education is to relate to the needs of students for their future lives, it seem obvious that it needs to have relevance to the society. While applications of science have traditionally been part of science teaching, the relevance of the science is indicated as an after-thought and is thus not helpful in appreciate the relevance of the science at the initial stage – a stage when students are looking for relevance. As pointed out in 'Science Education Now; A Renewed Pedagogy for the Future of Europe' (EC, 2007), a major concern expressed, in relation to science teaching, is that 'science in school' is both "irrelevant" and "abstract" (p. 9). Relevance comes from its value within the socio-cultural setting and hence a socio-scientific induction to science learning in school is seen as a valuable addition to the promotion of relevance.

On reflecting where relevance science impinges on society, the learning can be expected to relate to a familiar context. In this way, the learning is initiated from an everyday life context, perhaps largely based on local issues or concerns (heavily associated with raising the quality of life), but also recognising global issues (e.g. global warming, energy needs, water resources). Thus socio-scientific issues, which are seen as relevant by students because of their familiarity, lend themselves to providing a more meaningful introduction to science teaching than chapter topics introducing unfamiliar, conceptual science in the textbook.

2. The teaching approach/the challenge element

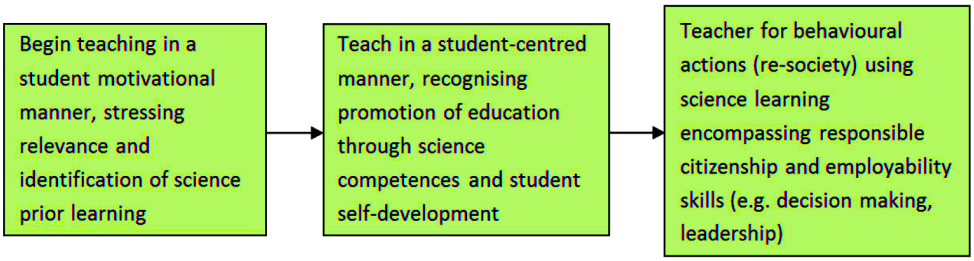
The question arises – what approach is appropriate within the field of science education to promote context-based learning? One approach of merit is to begin with a socio-scientific context, while also incorporating inquiry-based learning and a mechanism to consolidate the conceptual science learning. Here one can advocate a 3 stage, philosophical teaching approach, controlled by the teacher, linked to a relevance start, a student-involved science learning consolidation of the science, especially in its relevance setting and consideration of the role played by the science (Holbrook & Rannikmae, 2010). Such an approach relies heavily on student involvement. And as such, there is a need to base the learning on students' prior constructs, often coming from society. A common practice, therefore, is to solicit students' prior learning by means of brainstorming and from there, involve students in group work to develop plans for future scientific conceptual learning (investigating projects, a jigsaw approach to the development of areas of learning, etc.).

OPERATIONALISING SCIENCE EDUCATION USING THE ELEMENTS OF MOTIVATION

Let us consider this from two perspectives: (a) a proposed theoretical model, and (b) the teaching approach.

a) THE THEORETICAL MODEL - considering motivational teaching in 3 stages

The diagram below illustrates how socio-scientific relevance is taken as the key to trigger student's self-motivation (or student internal motivation) and to promote student involvement in the learning. Such motivation is sustained by student involvement and also aided by any external motivational aspects supplied by the teacher.



The 1st stage – A Motivational and Relevant Setting (Scenario)

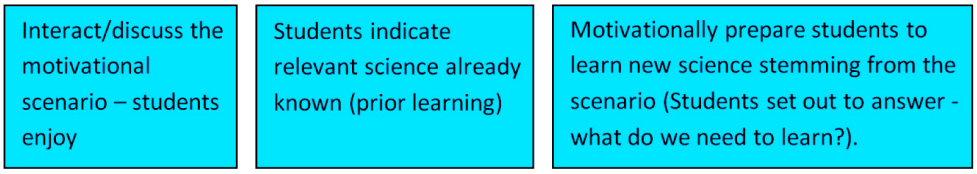
The use of an 'appropriate' scenario at the beginning is important. It is intended to stimulate interest as well as being seen as relevant by students. But clearly not any situation is appropriate. Research shows that students identify with specific expressions or presentations and these play an important function in determining whether the scenario chosen is relevant. The title given to the scenario is also important. If this fails to motivation students, the scenario is unlikely to be useful. Relevance is thus a very useful precursor for developing students' personal interest and a powerful stimulus for science learning. It provides students with a desire to pursue the learning further, going beyond the scenario and into the accompanying new science learning. Relevance here drives motivation.

The learning approach is thus 'motivation first', leading to science learning second. This contrast with the usual suggested approach – make the science itself interesting so that it will then motivate the students (but, alas, in so many cases, it doesn't!!). Unfortunately, standard approaches, which assume science is inherently interesting for students, if taught well, have been shown not to appeal to many

students at the secondary level (Osborne et al., 2003). Thus it is suggested that the motivation is established by means of a scenario. However, for this to be appropriate it needs to meets four criteria:

i. It is seen as relevant by students.
ii. It is within an everyday situation (although a global issue may relate to this).
iii. It has an associated science connection (it relates to the school curriculum).
iv. It is presented in an motivational manner.

Extensive use of the internet and you-tube is encouraged to give a visual start to such learning. Other scenarios can be stories, cartoons and pictures. It is important to ensure a science curriculum link, because the scenario is intended to trigger student motivation that can be related to the follow-up science learning. In using the scenario, teachers are wanting students to actively engage by commenting, asking questions, and/or discussing. In this way it is expected students become interested. However, for the teacher, the real focus of the students' interactions is to make explicit students' prior science learning and, if possible, the related science (actually as per the curriculum) the students would like to learn. Thus, although students may enjoy the interaction with the scenario, is not enough to simply discuss social aspects. The diagram below highlights key components.



Potential assessment, or feedback, aspects important for the teacher to take into account are seen as:

1. Student participation in a socially accepted manner.
2. Student aware of the science in the socio-scientific scenario.
3. Student able to indicate prior science knowledge, if any, with respect to the scenario (both good conceptualisation and, if appropriate, misconceptions).
4. Student able to put forward good ideas for further science learning (a science question to try to answer and perhaps a plan for doing so).

Once student motivation is established through the scenario, the teacher focus is towards further science learning, which is, in fact, the curriculum-based,

competence indicators related to conceptual science. The intention is that, in this next stage, the student acquire these by steps. The steps can actually be presented as a series of challenges, although the degree to which this is possible this depends on students' prior learning of scientific process skills.

Preparing for stage 2

While stage 1 is initially about raising student motivation and developing an interest in science, the 2nd stage is the important stage for the learning of new conceptual science through inquiry-based learning. However, experience has shown that teachers need to be guided to appreciate how to move from stage 1 and into stage 2 so as to maintain 'student motivation'. The expected process is:

(a) enabling students to recognise that they can discuss little about the science in the scenario without learning more science ideas, and then -
(b) developing scientific question(s) which need to be answered (by the students if possible, otherwise by the teacher guiding the students – *trying hard not to tell*). Obtaining the answer to the question(s) is the 2nd stage presented as a motivational challenge for the students.

Moving from the scenario to developing the scientific question is *very heavily dependent on the skill of the teacher*. Here it is very important the teacher realises that introducing the textbook can destroy the challenge and, with it, the student motivation to seek the solution to the problem in an investigatory manner.

Undertaking the 2nd stage

This is likely to be the stage where **most teaching/learning time is spent** and where students gain conceptually as well as at a personal and social educational level (the elements of *education through science*). It is crucial that the motivation established in stage 1 now carries across to this important stage. The approach here is one of maximising student-constructed learning (inquiry-learning or IBSE). The pace of teaching depends heavily on students' skills, developed on prior occasions, backed up by extrinsic motivation coming from the teacher.

If students have much prior experience in carrying out science process skills (such as putting forward the scientific question for investigation, planning the inquiry learning, conducting the investigation, etc.), then undertaking evidence-gathering learning (*a key element within a scientific approach*) will be much facilitated. Inquiry-based science learning can be expected to take far less time with prior experience than in cases where students have not had earlier opportunities for *student-centred learning*. (The building up of prior experiences are expected to be key features of grades 7-9 science teaching).

Explaining inquiry learning

Teachers must have a clear notion of the intentions behind inquiry learning. This understanding must go beyond simple student attainment of manipulative skills. The inquiry learning is intended to be student-constructed cognitive learning, with the teacher as facilitator. **It is definitely NOT simply following a worksheet and recording a given answer**. *In fact, it is suggested that the teacher's goal is to try to do away with the worksheet as much as possible. The more the teacher facilitates and guides, the more the students undertake self-development and build self-esteem*.

The bad news is, of course, student-led learning is time-consuming. The good news is, the more practice, the more proficient the students become and the less time is subsequently taken. The following are all very much part of inquiry learning (although not actually seen as process skills):

- *putting forward* scientific questions (questions that can be investigated scientifically);
- (if necessary, breaking down questions into sub-questions that can be investigated separately);
- developing an experimental plan;
- indicating equipment or apparatus to use (often based on prior experimental experiences) and the needed safety precautions;
- recording observations meaningfully and undertaking relevant interpretation of findings.

Also, at a personal level, students can be expected to learn to use communication skills to present their conclusions in suitable ways (written, oral, ICT) and discuss the limitations associated with the solutions they reach in attempting to solve the problem (answer to the scientific question). Furthermore, inquiry learning is also very much interrelated with the development of social skills, especially interpersonal (student-student and student-teacher) developments and further promote personal skills, associated with aptitudes supporting inquiry learning, such as initiative, ingenuity, safe-working and perseverance.

Different degrees of student-constructed learning (within IBSE)

Although elements of IBSE are given above, teachers can, of course, undertake inquiry learning with their students in different ways. But whatever the approach, the ultimate goal is to enable students to undertake inquiry learning with no, or minimum, teacher interference (i.e. students undertake project work or 'open'

inquiry). For this level of student independence, teachers need to teach students to construct their thinking for the different steps within inquiry learning. And teachers must realise that *the more practice students have in IBSE*, the more easily and the more capable they will be in undertaking high levels of student-constructed IBSE.

By way of an example of the various stages (and sub-stages) that teachers can consider in planning specific IBSE experiences for students the following illustration by Smith (2011), who in turn modified that by Herron (1971) can be considered, where 'given' means 'supplied by the teacher' and 'open' means 'supplied by the students.'

Level of Inquiry	Scientific Problem	Material/Equipment	Planning/Procedure	Answer/ Solution
0*	Given	Given	Given	Given
1 Structured	Given	Given	Given	Open
2 Guided ***(option A)***	Given	Given *(totally or maybe partly)*	Given *(totally or maybe partly)*	Open
2 Guided ***(option B)***	Given	Open	Open	Open
2 Guided ***(option C)***	Given	Partially given *(by providing a range of material that includes (as a subset) what is required)*	Open *from* pupils' perspective *(but given by teachers as the need to use materials as provided)*	Open
2 Guided ***(option D)***	Partially open *(given as broad parameters)*	Open	Partially given *(e.g. through previous experience of controlling variables, analogy with other experiments or forms of investigation, but open in the sense of not being told what to do).*	Open
2 Guided ***(option E)***	Open	Partially open *(this is what we have in the school)*	Open *(but teacher needs to be careful to check on safety aspects)*	Open
3 Open	Open	Open	Open	Open

*Cannot really be considered IBSE

Teachers need to recognise that progression through the approaches indicated in the table is NOT expected to be LINEAR. Thus the types within 2 and type 3 (open inquiry) will all depend on prior learning and the severity of the challenge being promoted within science lessons.

Preparing for 3rd stage

The solution to the scientific question, carefully detailed, recorded and interrelated to other science concepts, is expected to be the gateway to a third stage. Nevertheless, in moving toward the 3rd stage, it is important students have the opportunity to consolidate their learning through meaningful feedback/ assessment strategies introduced by the teacher e.g. concept maps (see next paragraph), simple tests, oral or written presentations. These not only emphasise connections between science concepts but can be extended to relate to connections in a more inter-subject manner (learning from other subject areas and hence

science as a component within society). Then, in the 3rd stage, the science gained from the inquiry learning can be used to further consider the socio-scientific issue that was initiated in the scenario in the 1st stage.

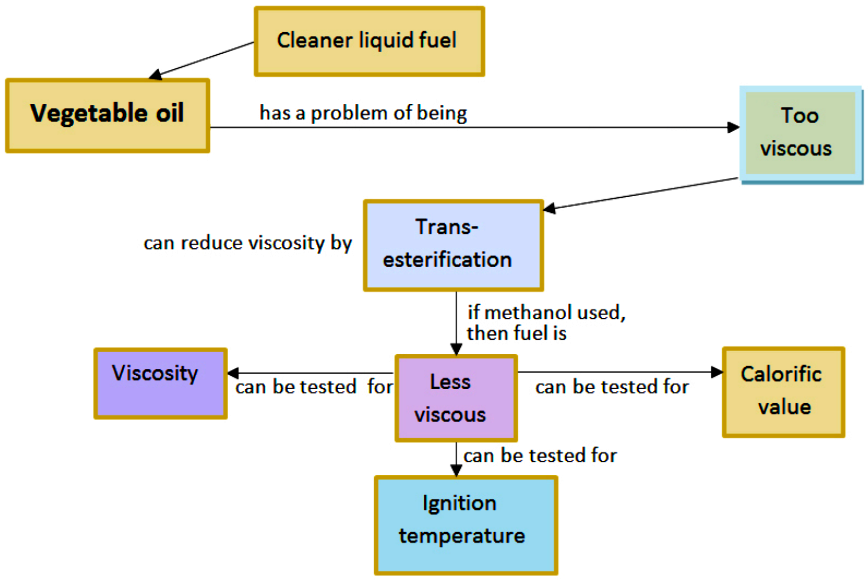
Creating concept maps

Stage 2 incorporates conceptual science learning. It brings in new scientific ideas. To be useful, this science needs to be put into a wider scientific context and, in particular, interrelated with other curriculum science knowledge. Novak and Gowin (1984) have shown that scientific concepts can be interlinked by means of concept maps, based on a theoretical construct (Novak & Cañas, 2006). Thus student compilation of concept maps can be a useful assessment exercise in which students illustrate their learning of scientific patterns – a valuable aspect in interrelating science ideas.

The width of the science teaching identified and promoted by the teacher (the range of scientific concepts) will depend on factors such as:

- → the teacher's interest;
- → the ability of the students;
- → the level of interest which can be sustained by students, and, of course,
- → external factors such as teaching time available.

By way of an illustration, the following is an example of a possible concept map related to Biodiesel.



Undertaking the third stage

The 3rd stage is about preparing for potential behavioural actions – the ultimate competence capability. Here students are expected to utilise the science ideas gained, transferred to the original scenario situation, so as to discuss the scenario situation in more detail, using the newly acquired science. This is an important, relevant and expected to be motivational, component of the learning and can achieve two major learning targets:

i. students being able to **transfer** scientific ideas to a **new**, **contextual situation**, and
ii. students being able to participate meaningfully in a **decision-making exercise** to arrive at a justified decision related to the initial socio-scientific situation outlined in the title of the module (the suggested behavioural action).

The 3rd stage involves student groups, or whole class interactions, in activities such as debates, role playing, or discussions. Students are expected to put forward their points of view, the teacher ensuring they incorporate the new science in a meaningful and *appropriately correct manner*. Students are involved in aspects of *argumentation (defending their point or view or refuting the point of view of others)*, as well as communicating the new science ideas in a *conceptually correct* manner. The end result is a set of small group decisions, or an overall consensus decision made by the class as a whole. The actual decision is not, in itself, as important as the justifications put forward, but naturally the decision is expected to comply with social values, accepted by the local society as a whole.

b) THE TEACHING

While the 3 stage model is a theoretical consideration, the teaching needs to relate to a meaningful approach guiding student learning. Here teaching modules, based on the 3 stage philosophy (seen as examining the familiar; moving from social to scientific; relating back from scientific conceptualisation to social appreciation) are put forward as a useful addition. As student attitudes are of much importance, ensuring that motivation is being promoted and prolonged throughout the module is a major concern. However, the module does not need to explicitly indicate the various stages, largely so as not to convey to teachers and students that the learning is intended to be compartmentalised. In fact, students are not expected to be aware of the 3 stages.

The Structure of modules

While the structure of modules is not to be taken as an absolute, the following 5 components are seen as valuable: a front-page; student activities or tasks; a teacher's guide; assessment strategies and background teacher notes (in science and pedagogy). These are further elaborated below to appreciate their value and guide teachers in how best to make appropriate use of modules. The sub-sections explain further the structure of the modules as they actually appear. It is crucial that teachers recognise the modules are guides and NOT absolutes. Teachers can, and are actively encouraged to, modify modules to suit the situation.

The Front-page

This is a double-sided cover, attractively laid out to draw attention to (a) the module title, (b) a summary of the science content, as well as (c) elaboration of the very important 'education through science' learning portrayed in the form of *competences to be developed* through the teaching using the module. The competences are important as they indicate the *intended learning* and hence the learning components that are to be assessed during the learning. As they are related to 'education through science', the competences go beyond knowledge and encompass skills, attitudes and values, relevant to the situation and the intended learning.

Student activities

In setting out the student activities, it is important to realise that this sub-section is designed for the students. *It is the only part of the module which is designed to be given to the students*. It needs to be designed in such a way so as to directly involve the students in constructing their learning. Yet at the same time, it is not intended to take over from the teacher and dictate to the teacher how this aspect should be undertaken. With this in mind, the student activities are put forward as a single set (they are not divided between the 3 stages). However, the scenario needs to be given (on the student activity sheet if this is in a print format). Also, although the student activities are listed, they are usually not explicitly supported by *worksheets* (*worksheets, if provided in the module, are purposely included in the teacher notes* so that the teacher has the option of deciding whether the worksheets are appropriate for use, or that they need modification, or are not useful at all).

Teacher's guide

Teachers need to recognise this as an important section in the module. It

sets out to guide the teacher in appreciating the situation put forward by the designers of the module and the manner in which they intend the learning to develop. Nevertheless, the guidance given is advisory and can be overridden by the teacher, as and when the teacher feels appropriate. Clearly the indicated freedom for the teacher is important, as the intention is to utilise 'relevance to the students' as a motivational factor and also to develop the learning in a constructivist fashion, based on the students' actual prior knowledge.

Within the module, the teacher guidance can be given in a lesson-by-lesson format and can give both a flowchart of the learning sequence across the 3 stages, and a concept map which may be a potential end-point for the 2nd stage.

Assessment

In an 'education through science' setting, not all competences can be determined by using a pencil and paper assessment strategy. Furthermore, in new situations, it is valuable to determine and support student progress. This lends itself to formative assessment strategies and hence the assessment sub-section is intended to guide the teacher to develop assessment strategies which they feel appropriate. Thus, the suggestions are for guidance only (to suit the circumstances) and not for the teacher to follow without meaningful selection of components and adaptation. The formative assessment ideas are given

a. based on knowledge/skills/attitudes/values to be acquired by students, and/or
b. lesson by lesson assessment, and/or
c. based on teachers preferred strategy in carrying out the assessment.

It is obviously not intended that teachers utilise all 3 methods at the same time, although a mix and match is always an option for the teacher. Summative tests are not included, but of course their use is entirely up to the teacher.

Teacher notes

This section, which may or may not be present, is for additional supporting material that can be offered to the teacher to assist the teaching. Noting the potential inter-disciplinarity of modules (based on its society links), this section can provide notes on the wider science content which may be unfamiliar to the teacher, suggested worksheets for use with students, provision of answers to questions raised in the student activities, or detail experimental and safety aspects. The teacher notes can be direct explanation or notes, or can simply refer to suitable references, especially the internet.

Conclusion

Motivation is put forward as the key to science learning. This is based on the philosophy that self- motivation is a better learning approach than cramming facts with no relevance. And the target is none other than the promotion of scientific and technological literacy enabling students to cope with further learning in the subject, acquire attributes towards becoming a responsible citizen and to gain employability skills. The impact of modules, promoting innovative teaching and the incorporation of the underlying theoretical ideas, is illustrated in the following articles, as well in other publications (Bolte, Holbrook, Mamlok-Naaman and Rauch; 2014; Bolte, Holbrook & Rauch, 2012). Special issue of Science Education International – accessed on www.icaseonline.net/seiweb). Access to modules can be via the web-site www.profiles-project.eu.

References

1. C. Bolte, J. Holbrook, R. Mamlok-Naaman, F. Rauch (Eds,), *Science teachers' continuous professional development in Europe. Case studies from the PROFILES project*. University of Klagenfurt: Klagenfurt, 2014.
2. C. Bolte, J. Holbrook, F. Rauch (Eds.), *Inquiry-based science education in Europe: First examples and reflections from the PROFILES project*. University of Klagenfurt: Klagenfurt, 2012.
3. European Commission (EC). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Author: Brussels: 2007.
4. EACEA/Eurydice, *Key competencies: A developing concept in general compulsory education* (Vol. 5). Ministry of Education, 2002.
5. EACEA/Eurydice, *Key Data on Education in Europe 2012*. Eurydice: Brussels, 2012.
6. C. Fernandez, J. Holbrook, R. Mamlok-Naaman, R. K. Coll, How to teach science in emerging and developing environments. In: I. Eilks, A. Hofstein (Eds.), *Teaching Chemistry – A studybook*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers: Rotterdam, The Netherlands, 2013.
7. M. D. Herron, The nature of scientific enquiry. *School Review*, 79 (2), 171- 212, 1971.
8. A. Hofstein, I. Eilks, R. Bybee, Societal issues and their importance for contemporary science education: a pedagogical justification and the state of the art in Israel, Germany and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9 (6), 1459-1483, 2011.
9. J. Holbrook, M. Rannikmäe, Contextualisation, de-contextualisation, re-contextualisation. A science teaching approach to enhance meaningful learning or scientific literacy. In I. Eilks, B. Ralle (Eds.), *Contemporary science*

education (pp. 69-82). Shaker Aachen, Germany, 2010.
10. J. Holbrook, M. Rannikmäe, The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4 (3) 275-288, 2009.
11. J. Holbrook, M. Rannikmäe, The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29 (11), 1347-1362, 2007.
12. J. D. Novak, A. J. Cañas, *The theory underlying concept maps and how to construct them* (Technical Report No. IHMC CmapTools 2006-01). Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition, 2006 .
13. J. D. Novak, D. B. Gowin, (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press: New York, 1984.
14. National Research Council, *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. The National Academies Press: Washington, DC, 2012.
15. J. Osborne, J. Dillon, *Science education in Europe: Critical reflections. A report to the Nuffield foundation*. Nuffield Foundation: London, 2008.
16. J. Osborne, S. Simon, S. Collins, Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25 (9), 1049-1079, 2003.
17. PROFILES project, Professional Reflection Orient Focus on Inquiry Learning and Education through Science, 2014. Access from www.profiles-project.eu.
18. J. Sjöström, Towards *Bildung*-oriented chemistry education. *Science & Education*, 22, 1873-1890, 2013.
19. C. Smith, Scientific thinking. ICASE newsletter April 2011. Accessed online: www.icaseonline.net/news.html
20. Science Education International (SEI) (2014). Special Issue – PROFILES. Access from: www.icaseonline.net/seiweb
21. R. Tytler, *Australian education review: Re-imagining science education engaging students in science for Australia's future*. ACER Press: Victoria, 2007.
22. J. Van Aalsvoort, Logical positivism as a tool to analyse the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education. *International Journal of Science Education*, 26 (9), 1151-1168, 2004.

Capitolo 42

La Grande Guerra un secolo dopo: una proposta operativa

Diletta Maria Servili
ITIS "E. Divini", S. Severino Marche (MC)
e-mail: dilettamaria.servili@divini.org

Introduzione e motivazione

Foto 1. Il corteo del 10 aprile 2015 in Piazza del Popolo a San Severino Marche.

In occasione delle celebrazioni per i cento anni trascorsi dall'entrata in guerra dell'Italia, il Dirigente Scolastico, Dott.ssa Rita Traversi, ha sollecitato i docenti a prevedere attività di approfondimento, riflessione e produzione su tale

drammatico evento. L'*équipe* di docenti incaricata ha predisposto un percorso trimestrale che ha coinvolto tutti gli studenti della scuola secondo diverse attività operative.

Tale modalità di lavoro, che ha visto il supporto del Comune di San Severino Marche e di altre associazioni cittadine, ha favorito la collaborazione tra numerosi insegnanti, alunni, e scuole diverse del territorio, per un totale di oltre mille persone presenti all'evento conclusivo, il corteo del 10 aprile 2015, in memoria della Prima guerra mondiale, completato con lo spettacolo *La Grande Guerra dalla voce degli studenti* (cfr. Foto 1 e 2).

Foto 2. Letture e musica nello spettacolo *La Grande Guerra dalla voce degli studenti*.

Metodi didattici usati

Il progetto, articolato in varie sessioni, ha permesso l'impiego di metodi didattici diversi a seconda della fase di lavoro coinvolta. Il *brainstorming* (1) è sembrata la modalità di lavoro più adatta per richiamare alla mente le conoscenze proprie dell'enciclopedia personale, soprattutto per quegli alunni delle classi seconde, terze e quarte che non affrontano la tematica della Prima guerra mondiale nei rispettivi programmi annuali. Tale esperienza è stata integrata con attività di lettura e visualizzazione di opere d'arte, utili come situazione-stimolo: queste hanno incuriosito gli alunni e hanno consentito l'abbassamento del filtro affettivo (2),

favorendo la predisposizione all'apprendimento.

Per l'ampliamento delle conoscenze specifiche sull'argomento si è ricorsi alla tecnica della *webquest* (3), metodologia didattica che consente la costruzione del sapere dello studente in modo parzialmente autonomo, sempre con la guida del docente-regista, dal momento che prevede momenti di riflessione ed argomentazione promossi dall'educatore per la condivisione degli esiti della ricerca. La fase della produzione ha impegnato gli alunni in attività individuali (realizzazione di testi o opere d'arte) e coordinate/condivise (stesura di *screenplay* per lo spettacolo conclusivo); il coinvolgimento attivo ha consentito pertanto un'adesione partecipata, in vista della realizzazione di una *Gesamtkustwerk*, sintesi del percorso svolto.

In sintesi le fasi di *brainstorming* e *webquest* sono riconducibili all'indicatore *knowledge and understanding* dei "Descrittori di Dublino", la discussione argomentativa e la riflessione a *making judgements*, mentre l'organizzazione del corteo e dello spettacolo conclusivi afferiscono alle *communication skills*. Per quanto riguarda infine gli strumenti utilizzati, *Google drive* si è rivelato utile per condividere i materiali e monitorare l'avanzamento delle varie fasi del lavoro.

L'esperienza e discussione

Dati gli importanti lasciti dell'esperienza della Prima guerra mondiale nell'arte, è sembrato opportuno dare voce ai grandi autori della letteratura italiana, per esprimere lo smarrimento e le paure dell'uomo di fronte alla violenza di ogni conflitto. Si è scelto pertanto di leggere in classe la novella *Berecche e la guerra* di Luigi Pirandello (4) e il racconto *La paura* di Federico De Roberto (5), nonché di osservare le opere grafiche di grandi pittori italiani ed europei, quali Mario Sironi e Otto Dix (6). Ogni tappa del percorso è stata affiancata da momenti di discussione, riflessione ed argomentazione, utili per fare il punto sull'incidenza delle diverse attività operative sul vissuto degli studenti.

La tappa seguente ha riguardato l'approfondimento sulla vita quotidiana dei soldati, rispetto ai "grandi eventi" del conflitto; si è quindi ricorsi alla modalità della *webquest*, attingendo in particolare al sito http://www.itinerarigrandeguerra.it, ricco di carte geografiche, linee del tempo, video e proposte di percorsi tematici sul territorio, effettivamente esplorati nel viaggio di istruzione di marzo 2015 in Trentino. Alle classi quinte è stato riservato, inoltre, un incontro curato dal Dirigente Scolastico, che ha approfondito il ruolo di alcuni grandi uomini nel primo conflitto mondiale, mostrando fotografie d'epoca, soffermandosi sulla partecipazione di Lodovico Censi (7) al "Volo su Vienna" e curando una selezione di letture dal *Notturno*, dedicate da Gabriele D'Annunzio al compagno d'armi Alfredo Barbieri.

Un altro momento molto significativo è stata la visita alla Collezione privata di Gianni Caciorgna a San Severino Marche, comprendente abiti, utensili, armi ed attrezzature di soldati nelle trincee del Nord (cfr. Foto 3); infine il contributo delle comunità locali al conflitto mondiale è stato ricostruito ricercando steli, lapidi ed elenchi di caduti, feriti e premiati, documenti questi presenti al Cimitero monumentale di S. Michele a San Severino Marche, come nelle molte frazioni del vasto territorio settempedano.

Foto 3. Oggetti militari risalenti alla Prima guerra mondiale della Collezione privata di Gianni Caciorgna, San Severino Marche.

Una volta accertata la padronanza dei discenti su vari aspetti del tema, il lavoro si è concentrato sullo sviluppo di esiti originali. In questa fase del lavoro orientato sul prodotto, gli studenti, per gruppi di lavoro (8), hanno provveduto ad esprimere la loro idea del conflitto, attraverso opere artistiche realizzate con tecniche differenti: illustrazioni grafiche, opere pittoriche, fumetti, sculture, cartoline illustrate, elaborazioni al computer, videoclip. L'ampia messe di elaborati è stata quindi ordinata in una mostra espositiva dal titolo "*1915-1918, la guerra disegnata da noi*" (cfr. Foto 4).

Foto 4. Inaugurazione della mostra "*1915-1918, la guerra disegnata da noi*".

La pratica delle scritture soggettive, quali la lettera ed il diario, insieme a quella delle scritture funzionali, quali la stesura di editoriali e di cronache dal fronte, ha trovato spazio nella realizzazione di un fascicolo, stampato in edizione limitata per il centenario, e di un quotidiano d'epoca, dove sono state pubblicate anche le interviste e le opere grafiche della scuola primaria "Luzio" (cfr. Foto 5) (9).

Altri alunni hanno invece progettato e dato vita ad un *reading* che proponesse la voce degli intellettuali dell'epoca e che ricostruisse prima la fiducia nel progresso della *Belle époque*, quindi lo slancio o i dubbi sull'entrata in guerra dell'Italia e ancora il funesto contributo della popolazione al sacrificio di un'intera generazione di giovani nell'inferno delle trincee.

Il 9 aprile 2015 è stata inaugurata la mostra degli elaborati degli studenti, mentre il 10 aprile oltre mille allievi delle varie istituzioni scolastiche cittadine (ITIS "Divini", IP "Pocognoni", Istituto "Bambin Gesù", I.C. "Tacchi Venturi") hanno partecipato al corteo celebrativo per il centenario della Grande guerra, che ha percorso le vie del centro, sostando al Monumento ai Caduti e confluendo in Piazza del Popolo, dove le autorità civili e militari hanno introdotto la *performance* degli studenti: *reading*, canti e musiche d'epoca. La commozione ha coinvolto tutti i presenti, a dimostrazione che la riflessione sugli eventi del passato non lascia le

giovani generazioni indifferenti, soprattutto quando dallo studio della vita degli "uomini illustri" si passa a ricostruire la vita quotidiana delle persone comuni.

Anno I - San Severino Marche

Istituto Tecnico Tecnologico Statale "Leonardo Divini"

La Gazzetta Settempedana

CRONACHE DALLA GRANDE GUERRA 1915-1918

VERSO UN CONFLITTO DALLE CONSEGUENZE CATASTROFICHE

12 Marzo 1914

ANCONA BOMBARDATA

"NELLA GRANDE GUERRA LE BOMBE SULLE MARCHE"

UNDICI EROINE MARCHIGIANE SALVANO IL DA' DI BRUNO

"LE MINE NELL'ADRIATICO"

Foto 5. Prima pagina del quotidiano progettato dagli studenti del "Divini" e dedicato alla Prima guerra mondiale.

Il 29 maggio, infine, il Prefetto di Macerata ha invitato una delegazione dell'ITIS "Divini" alla mostra *Il maggio radioso*, a cura dell'Archivio di Stato, allestita nel

piano nobile della Prefettura, come apprezzamento dell'imponente opera di organizzazione e produzione, di cui aveva ricevuto notizia e documentazione dal Dirigente Scolastico.

Conclusioni

Il progetto dedicato nell'anno scolastico 2014-2015 ad importanti eventi della storia italiana ed europea ha tralasciato la prassi della lezione frontale, piuttosto consueta nelle scuole della penisola, a favore di un apprendimento attivo e più partecipato dei discenti, attingendo in modo creativo e non vincolante alle modalità del lavoro di gruppo, dell'apprendimento collaborativo e all'azione didattica orientata alla produzione di esiti tangibili.

Se da un lato l'entusiasmo degli allievi si è mostrato evidente durante il percorso e le realizzazioni conclusive, dall'altro è stato necessario favorire anche la collaborazione dell'*équipe* dei docenti impegnati nella varie fasi di un progetto che ha coinvolto un numero molto alto di attori: l'obiettivo di interagire e condividere all'interno di un gruppo non è stato quindi soltanto appannaggio dei giovani studenti, ma prima di tutto un risultato conseguito dal corpo docente (10). Un aspetto su cui è necessario tuttavia continuare ad affinare gli strumenti di lavoro concerne il monitoraggio, la misurazione e la valutazione del contributo del singolo alunno, più agevole da riscontrare in una didattica tradizionale.

Bibliografia e Note

1. D. M. Servili, A. Maggi, Il *brainstorming* come strumento per risolvere problemi didattici. *Scuola e didattica*, 15, 45-47, 2006.
2. S. D. Krashen, *Second learning acquisition and second language learning*. Pergamon Press: Oxford, 1981.
3. Può essere utile consultare http://www.webquest.it
4. L. Pirandello, *Novelle per un anno: Il viaggio-Candelora-Berecche e la guerra-Una giornata*. Garzanti: Milano, 2011. Disponibile anche su http://www.classicitaliani.it/pirandel/novelle/novelle_14_Berecche_e_la_guerra.htm
5. F. De Roberto, *La paura e altri racconti della grande guerra*. E/O: Roma, 2014. Disponibile anche su http://www.storiastoriepn.it/wp-content/uploads//Federico-De-Roberto-LA-PAURA.pdf.
6. È interessante consultare raccolte di immagini, come http://www.stilearte.it/larte-e-la-prima-guerra-mondiale-dai-futuristi-a-grosz-e-dix-nella-mostra-di-palazzo-de-mayo-chieti e http://www.arte.it/multimedia/sironi-e-la-grande-guerra-115.

Utili anche il sito http://www.14-18.it, contenente un'ampia selezione di documenti ed immagini sulla Grande guerra e http://www.artegrandeguerra.it, relativo alle opere d'arte e agli scritti dei soldati della Prima guerra mondiale.
7. Lodovico Censi (1895-1964), comandante e pilota militare. Le sue spoglie riposano nel Cimitero monumentale di San Severino Marche.
8. G. P. Quaglino, C. G. Cortese, (2003). *Gioco di squadra*. Raffaello Cortina Editore: Milano, 2003.
9. Il pdf del fascicolo e del giornale sono visibili all'indirizzo http://divini.gov.it/manifestazioni-per-il-centenario-della-grande-guerra.
10. M. Tiriticco, Le competenze chiave di cittadinanza. *Rivista dell'istruzione*, 1, 43-49, 2009.

Altri utili riferimenti:

Metodologia

1. B. A. Cleary, S. J. Duncan, *Tools and techniques to inspire classroom learning*. ASQ Quality Press: Milwaukee, 1997.
2. M. Decaro (A cura di), *Dalla strategia di Lisbona a Europa 2020*. Fondazione Adriano Olivetti: Roma-Ivrea, 2011.
3. R. M. Gagné, *Le condizioni dell'apprendimento*. Armando editore: Roma, 1973.
4. A. Gentile, La centralità della motivazione nei processi di apprendimento. *QTimes Webmagazine*, 6 (1), 1-14, 2014.

Storia

1. AA. VV., *Donne nella grande guerra*. Il Mulino: Bologna, 2014.
2. A. Cazzullo, *La guerra dei nostri nonni*. Mondadori: Milano, 2014.
3. S. Guarracino, 1915. L'intervento italiano nella storiografia. *Per la storia mail*, 71, 4-8, 2015.
4. E. Papadia, I giovani e la guerra. *Per la storia mail*, 71, 9-12, 2015.

Capitolo 43

Singolari proprietà del diossido di titanio (TiO_2)

Silvano Fuso
I.I.S.S. "Primo Levi" Ronco Scrivia (GE)
e-mail: silvanofuso@tin.it

Introduzione, motivazione e metodi didattici usati

Il percorso didattico descritto nel presente articolo è stato realizzato durante l'anno scolastico 2013-2014 con una classe IV del Liceo Scientifico (opzione Scienze Applicate) dell'I.I.S.S. "Primo Levi" di Ronco Scrivia (GE). L'iniziativa si colloca nell'ambito della partecipazione dell'Istituto al Piano Lauree Scientifiche, per il corso di laurea di scienza dei materiali.

Il percorso ha lo scopo di mostrare agli allievi, attraverso un approccio prettamente sperimentale, le singolari proprietà chimico-fisiche del diossido di titanio. In particolare, attraverso le due esperienze proposte, sono state messe in evidenza 1) le proprietà semiconduttrici del TiO_2 che consentono di utilizzarlo come elemento attivo di una cella fotovoltaica (cella di Grätzel) e 2) le sue proprietà fotocatalitiche, che consentono l'utilizzo di tale materiale come agente disinquinante nei confronti di alcune sostanze organiche nocive.

Dopo una breve presentazione frontale, agli allievi è stato fornito del materiale didattico di base relativo alle tematiche che si volevano sviluppare. Soprattutto però gli allievi sono stati invitati a ricercare da soli materiale online che potesse essere utile ai fini della realizzazione dell'esperienza. Il materiale reperito dagli allievi è stato poi accuratamente selezionato con l'aiuto dell'insegnante. Quando si è ritenuto di aver raccolto informazioni sufficienti, si è deciso di passare alla realizzazione della parte sperimentale, dividendo la classe in due gruppi che avrebbero lavorato in parallelo. Il primo gruppo classe si sarebbe impegnato nella realizzazione della cella di Grätzel, mentre il secondo avrebbe studiato le proprietà fotocatalitiche del diossido di titanio. Il materiale necessario, non presente nel laboratorio della scuola, è stato fornito dal Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Genova.

Presentazione dell'esperienza e discussione

1) Realizzazione della cella di Grätzel

La cella di Grätzel (o DSSC o DSC, dall'inglese *dye-sensitized solar cell*) è un dispositivo in grado di produrre energia elettrica convertendo energia luminosa (1). Al suo interno un pigmento organico, eccitato dalla luce solare, consente di generare un flusso di elettroni. La super-idrofilia che caratterizza il diossido di titanio rende questo materiale un ottimo substrato per la deposizione del colorante. La luce viene trasformata in corrente elettrica grazie alla reazione redox che coinvolge il colorante organico. Le antocianine, responsabili del colore rosso-violaceo dei frutti di bosco e di diversi ortaggi, riescono a produrre elettroni in seguito all'assorbimento di fotoni. Il TiO_2 consente agli elettroni di entrare nel circuito della cella generando in tal modo una corrente elettrica (2, 3).

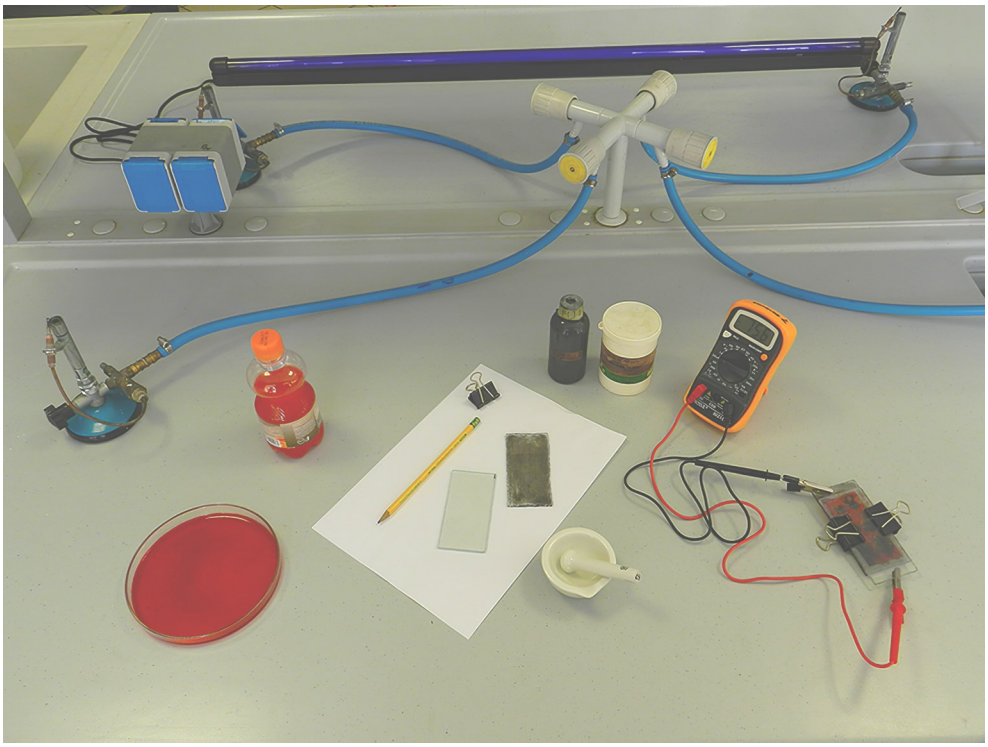


Figura 1. Cella di Grätzel e materiali utilizzati per realizzarla.

Il dispositivo è costituito da un vetro conduttore (elettrodo), da uno strato di TiO_2 impregnato del colorante, da un elettrolita e da un secondo vetro conduttore grafitizzato (contro-elettrodo). Dopo avere deposto un sottilissimo strato di una sospensione di TiO_2 sul vetro conduttore, si procede alla sinterizzazione in stufa a 250-300°C. A questo punto si impregna lo strato di TiO_2 con la soluzione di

colorante (nell'esperienza è stato utilizzato un succo di arancia rossa). Si assembla quindi la cella fissando i vetrini con due clips da cancelleria, dopo aver aggiunto sulle due superfici a contatto alcune gocce di soluzione di iodio iodurato, usato come elettrolita.

Una volta realizzato il dispositivo (Figura 1), si è proceduto alla verifica del suo funzionamento utilizzando due diverse sorgenti luminose: la luce del Sole diretta e la luce emessa da una lampada UV. Da una serie di misure di intensità di corrente e di differenza di potenziale, sono emersi i risultati medi indicati in Tabella 1.

Tipo di sorgente luminosa	**Tensione media rilevata (mV)**	**Intensità di corrente media rilevata (a circuito chiuso) (µA)**
Luce del Sole	da 2 a 200	da 5 a 60
Lampada UV	da 2 a 50	da 2 a 20

Tabella 1. Risultati medi di tensione e intensità di corrente prodotti dalla cella di Grätzel utilizzando due diverse sorgenti luminose.

2) Studio delle proprietà fotocatalitiche del TiO_2

Il diossido di titanio, in presenza di luce visibile o ultravioletta, è in grado di catalizzare alcune reazione ossidoriduttive che possono condurre alla degradazione di sostanze organiche inquinanti con formazione di prodotti meno nocivi per l'ambiente (4). L'utilizzo del diossido di titanio per questi scopi trova già applicazioni commerciali. Esse sono iniziate verso la metà degli anni novanta in Giappone e stanno lentamente diffondendosi anche nel mercato europeo. Nell'esperienza didattica, come simulazione di sostanza organica da degradare per via fotocatalitica sono stati utilizzati due coloranti alimentari blu e verde commerciali, aventi la seguente composizione:

COLORANTE BLU
Acqua
E131 (colorante) Blu patentato
E211 (conservante) Benzoato di sodio
E260 (correttore di acidità) acido acetico

COLORANTE VERDE
Acqua
E104 (colorante) Giallo di chinolina
E131 (colorante) Blu patentato
E211 (conservante) Benzoato di sodio
E260 (correttore di acidità) acido acetico

L'uso di sostanze coloranti è motivato dalla necessità di poterne facilmente monitorare la concentrazione in funzione del tempo attraverso misure

spettrofotometriche. Con i due coloranti sopra citati sono state preparate due soluzioni con fattore di diluizione 1:40. Mediante spettrofotometro monoraggio Jenway 6300 sono stati registrati innanzi tutto gli spettri di assorbimento di entrambi i coloranti (Figura 2).

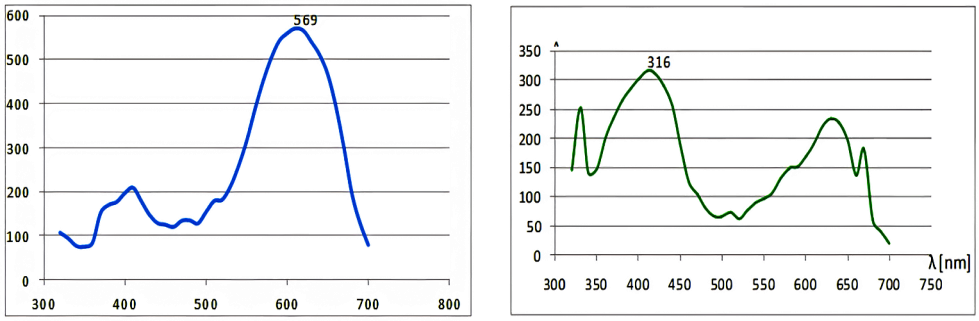


Figura 2. Spettro di assorbimento del colorante blu e lo spettro di assorbimento del colorante verde.

Dagli spettri sono state individuate le lunghezze d'onda di massimo assorbimento rispettivamente a 410 nm e 610 nm. Il colorante verde risulta essere una miscela di quello blu (avente picco di assorbimento a 610 nm) e di un colorante giallo (avente un picco di assorbimento a 410 nm).

N°	COLORANTI	Ass. dopo 30'	Ass. dopo 60'	Ass. dopo 120'	Ass. buio	Eff% (dopo 30')	Eff% (dopo 60')	Eff% (dopo 120')	NOTE:
1)	blu *	0,178	0,058	**0,036**	**0,273**	34,80%	78,76%	**86,82%**	
2)	blu *	0,258	0,158	**0,069**	**0,394**	34,52%	59,90%	**82,49%**	
3)	blu U.V.	0,231	0,265	**0,186**	**0,276**	16,30%	3,99%	**32,61%**	dati anomali
4)	blu °	0,412	0,216	**0,247**	**0,425**	3,06%	38,59%	**41,88%**	
5)	verde *	0,138	0,126	**0,060**	**0,174**	20,60%	27,60%	**65,50%**	
6)	verde *	0,126	0,048	**0,004**	**0,265**	52,45%	81,89%	**98,50%**	
7)	verde *	0,221	0,164	**0,005**	**0,353**	37,40%	53,54%	**85,84%**	
8)	verde °	0,241	0,236	**0,153**	**0,247**	2,43%	4,45%	**38,06%**	

LEGENDA	
*	questo simbolo sta a significare che la soluzione è stata sottoposta a luce diretta
°	questo simbolo sta a significare che la soluzione è stata sottoposta a luce indiretta
Ass.	Assorbanza
Eff%	è l'efficienza percentuale, ovvero quanto il TiO_2 è riuscito a "scolorire" la soluzione

Tabella 2. Assorbanze e relative riduzioni percentuali a diversi tempi di esposizione e con diverse sorgenti luminose.

Sono stati preparati diversi campioni di circa 25 mL, posti in becher da 50 mL. In alcuni di essi è stata introdotta una punta di spatola di TiO_2. In altri il TiO_2 non è

stato introdotto per avere un riferimento. Alcuni campioni sono stati esposti alla luce diretta del Sole, altri alla luce naturale indiretta (in prossimità di una finestra), altri ancora sono stati esposti a una sorgente di luce UV (sterilizzatore da laboratorio). Alcuni campioni, infine, sono stati mantenuti al buio. Si è inoltre cercato di valutare l'eventuale effetto del pH e della temperatura sull'efficacia della fotodegradazione. Prima di effettuare le misure spettrofotometriche, ogni campione è stato centrifugato per eliminare il TiO_2 sospeso. Le misure sono state effettuale con λ=410 nm per il colorante verde e λ = 610 nm per il colorante blu.

La tabella 2 riporta i risultati delle assorbanze e le relative riduzioni percentuali a diversi tempi di esposizione e con diverse sorgenti luminose per i due coloranti. La tabella 3 riporta i dati relativi a diverse temperature e a diversi valori del pH per il colorante verde. La tabella 4 riporta i dati relativi a diverse temperature e a diversi valori del pH per il colorante blu. La tabella 5 riporta i dati relativi a diversi valori del pH per il colorante verde esposto alla luce UV. La tabella 6 riporta infine i dati relativi a diversi valori del pH per il colorante blu esposto alla luce UV.

N°	pH	T (°C)	TiO_2	LUCE	ASSORBANZA	Eff%
1)	7	20	SI	SI	0,225	44,17%
2)	7	20	NO	SI	0,403	0%
3)	7	20	SI	NO	0,356	11,66%
4)	7	37	SI	SI	0,377	17,69%
5)	7	37	SI	NO	0,321	29,91%
6)	7	37	NO	SI	0,458	0%

Tabella 3. Assorbanze e relative riduzioni percentuali del colorante verde a diversi valori di temperatura e pH.

N°	pH	T (°C)	TiO_2	LUCE	ASSORBANZA	Eff%
1)	7	20	NO	SI	0,577	0%
2)	7	20	SI	NO	0,440	23,74%
3)	7	20	SI	SI	0,204	64,64%
4)	7	37	NO	SI	0,510	0%
5)	7	37	SI	SI	0,672	-31,76% (*)
6)	7	37	SI	NO	0,395	22,55%

Tabella 4. Assorbanze e relative riduzioni percentuali del colorante blu a diversi valori di temperatura e pH.

(*) il dato negativo è probabilmente dovuto a un'evaporazione del solvente, come conseguenza di un elevato tempo di conservazione del campione

N°	pH	T (°C)	TiO_2	LUCE	ASSORBANZA	Eff%
1)	12	20	SI	SI	DECOLORATO	/
2)	12	20	NO	SI	0,400	0%
3)	12	20	SI	NO	TORBIDA	/
4)	7	20	SI	SI (U.V.)	0,247	24,70%
5)	7	20	SI	NO	0,322	1,83%
6)	7	20	NO	SI (U.V.)	0,328	0%
7)	7	20	SI	SI	0,243	54,92%
8)	7	20	NO	SI	0,539	0%
9)	7	20	SI	NO	0,388	28,01%

Tabella 5. Assorbanze e relative riduzioni percentuali del colorante verde a diversi valori di temperatura e pH ed esposto alla luce UV.

N°	pH	T (°C)	TiO_2	LUCE	ASSORBANZA	Eff%
1)	7	20	SI	SI	0,109	80,78%
2)	7	20	SI	NO	0,430	24,16%
3)	7	20	NO	SI	0,567	0%
4)	7	20	SI	NO	0,458	-3,62% (*)
5)	7	20	SI	SI	0,020	95,48%
6)	7	20	NO	SI	0,442	0%
7)	2	20	NO	SI	opaca/colore	0%
8)	2	20	SI	NO	0,210	/
9)	2	20	SI	SI	DECOLORATA	/

Tabella 6. Assorbanze e relative riduzioni percentuali del colorante blu a diversi valori di temperatura e pH ed esposto alla luce UV.

(*) Il dato negativo è probabilmente dovuto a un'evaporazione del solvente, dovuto a un tempo elevato di conservazione del campione.

Conclusioni

1) Per le celle fotovoltaiche si può definire l'efficienza di conversione solare, pari al rapporto tra la potenza elettrica prodotta e la potenza luminosa incidente sulla cella. L'efficienza delle celle solari convenzionali varia dal 6% per quelle a base di silicio amorfo fino al 30% o più per alcuni prototipi a giunzioni multiple con silicio cristallino. Viene pure definita l'efficienza quantica (*quantum efficiency*) che

rappresenta la probabilità che un fotone dotato di una certa energia provochi il rilascio di un elettrone.

L'efficienza quantica delle celle di Grätzel è elevata. Esiste infatti una probabilità molto alta che un fotone venga assorbito. Il colorante è quindi piuttosto efficiente nel convertire un fotone in elettrone. L'efficienza quantica totale è intorno al 90%. Ciò nonostante solamente quegli elettroni che posseggono abbastanza energia per superare l'*energy gap* del TiO_2 contribuiranno alla generazione di corrente. Questo gap energetico è leggermente maggiore di quello delle celle al silicio. Di conseguenza un minor numero di fotoni sono utilizzabili per la generazione di corrente. La presenza dell'elettrolita limita inoltre la velocità con la quale le molecole del colorante possono riacquistare elettroni, diventando nuovamente attive per la fotoeccitazione. Tutti questi fattori limitano fortemente la corrente generata da una cella di Grätzel (5).

La presenza dell'elettrolita crea inoltre problemi di stabilità termica. A basse temperature infatti l'elettrolita può congelare, impedendo il funzionamento della cella. Al contrario, temperature molto elevate provocano l'espansione del liquido, che può fuoriuscire dal pannello. Per questo motivo si stanno facendo tentativi per cercare di utilizzare elettroliti solidi. Con tutti i suoi limiti, tuttavia, la cella di Grätzel rappresenta concettualmente un importante passo in avanti nel tentativo di simulare processi simili a quelli fotosintetici e quindi si presta molto bene, dal punto di vista didattico, a un approccio multidisciplinare che coinvolga fisica, chimica, biologia e problematiche energetico-ambientali. Una discussione con gli studenti su questi aspetti non può che essere didatticamente proficua.

2) Dai risultati ottenuti appare evidente che l'esposizione diretta ai raggi solari determina la maggiore efficacia nella fotodegradazione dei coloranti utilizzati. Non appaiono invece significativi gli effetti dovuti a variazioni della temperatura e del pH. La fotodegradazione indotta dall'esposizione a luce indiretta appare decisamente meno marcata. Questo mostra che a parità di lunghezza d'onda la fotodegradazione dipende fortemente dall'intensità della luce utilizzata. Anche l'esposizione alla luce UV appare molto meno efficace. Tuttavia con i dati raccolti risulta impossibile stabilire se questo è dovuto alla diversa lunghezza d'onda utilizzata o alla sicuramente inferiore intensità della sorgente UV rispetto alla luce solare. Sarebbero necessari ulteriori studi che utilizzino sorgenti con uguale intensità e diverse lunghezze d'onda e uguale lunghezza d'onda e diverse intensità.

Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Genova, e in particolare il dott. Riccardo Carlini, per la collaborazione offerta nella realizzazione dell'esperienza didattica descritta nel presente articolo.

Bibliografia

1. H. Wan, *Dye sensitized solar cells*, University of Alabama, Department of Chemistry, 2004. http://web.archive.org/web/20060911115045/http://bama.ua.edu/~chem/seminars/student_seminars/fall04/papers-f04/wan-sem.pdf.
2. M. Grätzel, Photoelectrochemical cells. *Nature*, 414 (6861), 338-344, 2001.
3. *Solar energy - Dye-sensitized solar cells*. Conversazione di Michael Grätzel (video): https://www.youtube.com/watch?v=LYVwJyQBXcM.
4. I. Izumi, W. W. Dunn, K.O. Wilbourn, F. R. F. Fan, A. J. Bard, Heterogeneous photocatalytic oxidation of hydrocarbons on platinized titanium dioxide powders. *Journal of Physical Chemistry*, 84 (24), 3207-3210, 1980.
5. R. Huber, et al., The role of surface states in the ultrafast photoinduced electron transfer from sensitizing dye molecules to semiconductor colloids. *Journal of Physical Chemistry* B, 104 (38), 8995-9003, 2000.

Capitolo 44

Pitagora: le corde della lira, i numeri 1, 2, 3 e 4, il Greco, la sinfonia cosmica delle galassie e ... gli alunni in cattedra!!!

Rossana Brozzesi
Liceo Classico "F. Stelluti", Fabriano, AN
e-mail: rossana.brozzesi@libero.it

Mi presento: sono Rossana Brozzesi e insegno matematica e fisica al Liceo "Francesco Stelluti" di Fabriano. Nel corso dell'anno scolastico 2012-2013 con la classe che allora frequentava il 2° A Nuovo Liceo Classico ho iniziato a lavorare a un modulo pluridisciplinare su Pitagora citando ciò che scrive la poetessa W. Szymborska (2006): "Non ho difficoltà a immaginare un'antologia dei più bei frammenti della poesia mondiale in cui trovasse posto anche il teorema di Pitagora. Lì c'è quella folgorazione che è connaturata alla grande poesia, e una forma sapientemente ridotta ai termini più indispensabili, e una grazia che non a tutti i poeti è concessa". Materie coinvolte: matematica, greco, latino, musica, filosofia, storia dell'arte, fisica, inglese (al biennio filosofia e storia dell'arte non sono previste nel piano di studio).

Perché un modulo pluridisciplinare su Pitagora?

I motivi sono molteplici.

- Evitare a me e agli alunni la tradizionale lezione frontale proponendo qualcosa di originale e stimolante perché Pitagora non è solo la 'famosa figura'.
- Comunicare il piacere della scoperta matematica e l'aspetto creativo di questa disciplina che estende le sue applicazioni e sottende le sue leggi a una sorprendente varietà di campi, anche dove meno te lo aspetti.
- Stimolare la curiosità, l'interesse e lo spirito critico degli alunni, motivarli a migliorare l'apprendimento, rendendolo più significativo e duraturo nel tempo, attraverso una metodologia didattica attiva, dinamica e collaborativa grazie anche al coinvolgimento di altre discipline.

- Potenziare l'apprendimento socializzato attraverso l'attività laboratoriale caratterizzandola da una forte componente di ricerca (dalle congetture alla risoluzione dei problemi) e dalla possibilità di esplorazione con le nuove tecnologie e con 'materiale povero' (carta e penna).
- Favorire lo sviluppo generale della personalità e migliorare "l'arte del bene argomentare" attraverso lo studio e la traduzione dal greco dagli "Elementi di Euclide" di alcuni teoremi e proposizioni e attraverso le tecniche del cooperative learning, del problem solving e della "classe rovesciata".
- E, soprattutto, rendere gli alunni protagonisti consapevoli del loro percorso formativo facendoli 'salire' in cattedra a ricoprire il ruolo di '**docenti che insegnano ai loro compagni**'.

Come è iniziata l'avventura?

Con la musica, precisamente con il brano di Boezio "De Institutione Musicae 1-11" fatto tradurre in classe dall'insegnante di latino, Prof.ssa Carla Mancini, con particolare riferimento alla parte relativa alla scoperta dei rapporti matematici alla base dell'armonia musicale. A questa lezione è seguita un'attività laboratoriale proposta in classe dal docente di musica prof. Marco Agostinelli.

I numeri 1, 2, 3 e 4…e la "Melodia di Pitagora"

Il prof. Marco Agostinelli ha proposto un'indagine matematica attraverso il suono, cercando di focalizzare il fondamento della scienza armonica attraverso l'esperienza pratica dell'ascolto e della sperimentazione manipolativa in un'ottica tipicamente ellenica. L'indagine storicistica concentrata dapprima sulla figura di Pitagora è stata poi ampliata a secoli e situazioni successive per una comprensione più completa del rapporto che intercorre tra la musica e la matematica. Gli alunni hanno partecipato con vivo interesse alle attività proposte dal docente.

- Il laboratorio è iniziato con una analisi storica ed organologica attraverso la visione e la manipolazione di alcuni strumenti a corda ellenici.
- Sono stati enunciati i principali concetti della teoria musicale greca: intervallo, tetracordo e modo e gli alunni utilizzando gli strumenti d'epoca (monocorde e lira) hanno ricercato i rapporti melodico-intervallari necessari alla formazione della scala musicale mediante opportune divisioni della corda prendendo così coscienza dei mezzi attraverso i quali gli armonisti misuravano e sperimentavano il fenomeno sonoro.

- Allo stesso modo gli alunni hanno lavorato con il pianoforte e la chitarra esercitandosi sui modelli scalari proposti per illustrare il concetto di temperamento ed evidenziando le differenze tra il sistema pitagorico e moderno.
- È stato considerato il concetto relativo all'Armonia delle Sfere Celesti e la sua implicazione nelle successive dottrine neoplatoniche e rinascimentali.

"Guarda come il pavimento del cielo è fittamente intarsiato di patène d'oro splendente. Non c'è la più piccola stella che tu contempli la quale non canti nel suo moto come un angelo … Tale armonia è nelle anime immortali! Ma finché le nostre sono rinchiuse in questo corruttibile involucro di argilla noi non la possiamo udire." Lorenzo a Gessica nel "Mercante di Venezia" di Shakespeare.

E la 'molla' della curiosità è scattata!

Gli alunni, a seconda dei loro interessi, hanno approfondito le varie tematiche da me proposte spaziando dalla matematica alla filosofia, dall'arte all'architettura, dalla pittura alla letteratura latina, greca e inglese, dalla teoria numerica a Oliver Byrne cha ha riscritto 'Euclide' a colori e attingendo anche dalla realtà contemporanea (hanno trovato, infatti, tracce di Pitagora perfino alla NASA, al SETI, alla borsa di Milano, al CERN e negli studi di psicologia sperimentale).

Ma, fatto sorprendente, il lavoro sulla figura di Pitagora non è ancora terminato. Gli alunni sono cresciuti; quest'anno frequentano il 4° A e studiando la teoria ondulatoria e l'universo hanno scoperto di nuovo idee e tracce dell'eredità lasciata da Pitagora … e presto inizieranno a lavorare ad un modulo pluridisciplinare in cui indagheranno le teorie cosmogoniche dell'astronomia pitagorica alla luce delle scoperte scientifiche moderne passando attraverso la Rivoluzione scientifica fino allo studio della "Sinfonia cosmica delle Galassie".

Il lavoro è stato strutturato in moduli.

- **Pitagora prima di Pitagora**. Storia e leggenda: dalla prima metà del II° millennio a. C. ... alle triplette pitagoriche da inviare nello spazio.
- **L'universo e una sorpresa crudele: l'incommensurabilità**. Dall'incubo del triangolo rettangolo isoscele ... alla tartaruga che rincorre Achille senza mai raggiungerlo.
- **Pitagora e la bellezza**. "La geometria ha due grandi tesori: uno è il teorema di Pitagora, l'altro è la sezione aurea. Il primo lo possiamo paragonare a un oggetto d'oro, il secondo lo possiamo definire un prezioso gioiello" – Keplero

Come è stato organizzato il lavoro?

L'aspetto peculiare di tutto il lavoro è che gli argomenti trattati e approfonditi in ogni modulo non sono stati spiegati da me in classe. Essi sono stati introdotti attraverso la traduzione di testi dal latino e dal greco e secondo la metodologia della 'classe rovesciata'. Gli alunni coinvolti nella progettazione dei vari moduli hanno studiato e rielaborato fonti e informazioni utilizzando conoscenze, competenze e abilità già acquisite per applicarle in contesti nuovi. Successivamente hanno organizzato il lavoro sotto forma di lezione salendo in cattedra ad insegnare ai loro compagni tramite il cooperative learning, le tecniche del problem solving, l'utilizzo di mappe concettuali e dei mezzi informatici. Poi hanno diviso i compagni in gruppi, hanno assegnato loro diverse attività laboratoriali da essi stessi progettate e strutturate indicandone gli obiettivi e hanno stabilito i ruoli di ognuno all'interno dei gruppi. Infine hanno seguito e aiutato i loro compagni nelle diverse fasi del lavoro di gruppo.

Durante tutta l'attività sono intervenuti anche i docenti delle altre discipline (al biennio del liceo classico non sono previste storia dell'arte e filosofia). Hanno dimostrato il teorema di Pitagora direttamente dal greco, dagli '*Elementi di Euclide*' tradotti in classe con la prof.ssa Lombardi Luigia, riflettendo in particolare sulla terminologia numerica, sul lessico tecnico-matematico e, in modo particolare, ragionando su "come dovevasi dimostrare" e "come dovevasi fare".

Allo stesso con la *Prop. XI libro II*, e *Prop. XXX libro VI* per la sezione aurea. La traduzione dal greco del paradosso di Zenone, dalla '*Fisica*'' di Aristotele, ha permesso anche una riflessione sulla metafisica di Pitagora e sui collegamenti tra matematica e filosofia. Gli alunni hanno infine realizzato la presentazione del lavoro in forma multimediale utilizzando 'Prezi' e accompagnandola dalle 'Variazioni Golberg' di Bach che si basano sulla sezione aurea.

Qual è stato il mio ruolo come docente?

Agli alunni che si accingevano a diventare "docenti" ho introdotto l'argomento, per loro nuovo, nei suoi aspetti generali, illustrando il contesto e dichiarando gli obiettivi e le fasi di ricerca lasciandoli però liberi di organizzare il lavoro secondo i loro interessi e la loro sensibilità. Nello studio degli argomenti proposti e nella stesura dei moduli, quando c'è stato bisogno, li ho aiutati ad analizzare e sintetizzare in modo critico le varie fonti. Nella dimostrazione dei teoremi li ho supportati e incoraggiati a formulare le proprie ipotesi, a controllarne le conseguenze, a progettare, discutere e argomentare le proprie scelte.

Non ho mai risposto alle loro domande ma ho fatto in modo che trovassero sempre da soli le risposte. Quando gli alunni sono saliti in cattedra come "docenti" il mio ruolo è stato VOLUTAMENTE quello di auditrice. Ho molto apprezzato come hanno organizzato e presentato le loro lezioni,come hanno rielaborato in maniera organica e completa argomenti per loro nuovi, la sicurezza e l'autonomia con cui hanno seguito i compagni coinvolgendoli, anche quelli che a volte sono meno attenti, nelle attività da loro stessi proposte, favorendo la discussione, il confronto e la riflessione e controllando soprattutto che tutti lavorassero con serietà e fossero propositivi e sperimentassero il piacere della matematica come scoperta.

E adesso il giudizio degli alunni

Figura 1. La classe: Alessandro Bisegna, Chiara Caselli, Nicola Dell'Osso, Alice Di Piero, Riccardo Evangelisti, Andrea Fabbri, Natasha Fornaioli, Alice Genovese, Lucrezia Maracchini, Natalia Maurizi, Tommaso Melacotte, Sabah Oliviero, Elisa Ruspini, Fiorenza Sella, Francesca Stronati, Claudio Tartarelli, Sara Tognoloni. (A.s.2012-2013; A.s.2013-2014; A.s.2014-2015 e …).

⇒ Questa esperienza ha suscitato il nostro interesse e la nostra curiosità per la sua interdisciplinarietà, per scoprire che la matematica è ovunque anche 'fuori dalla matematica' rendendo questa disciplina più vicina alla nostra sensibilità.

⇒ Esperienza utile anche perché abbiamo potuto trascorrere più tempo insieme e migliorare così i nostri rapporti interpersonali attraverso il confronto e la discussione, a volte anche accesa ma sempre costruttiva.

⇒ È stato stimolante organizzare le lezioni e diventare docenti per insegnare ai nostri compagni. Questo ci ha consentito di migliorare il metodo di studio e le capacità di ragionamento e comunicative. È stato altrettanto stimolante imparare dai nostri compagni.

⇒ Esperienza originale ma difficoltosa: è più semplice quando è l'insegnante che spiega dalla cattedra.

⇒ Esperienza straordinaria per coniugare le competenze disciplinari con quelle informatiche, noi siamo una classe 2.0.

⇒ È stato interessante e stimolante studiare matematica anche attraverso i testi classici di latino e greco per scoprire che "la scienza antica ha ancora tanto di attuale da insegnare" (L. Russo).

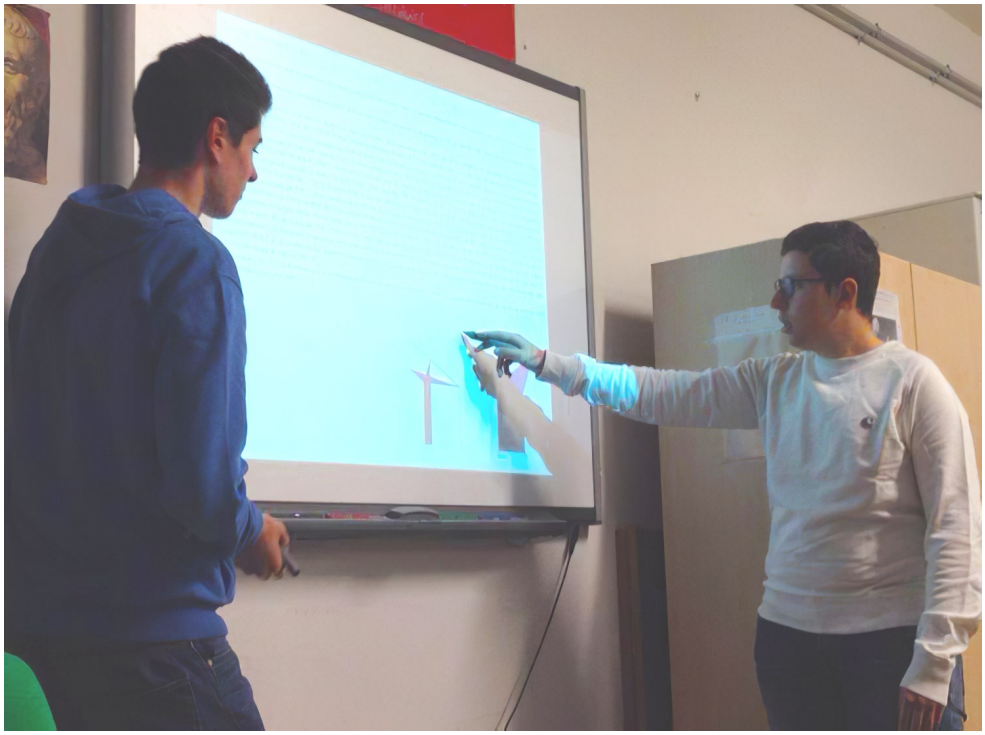


Figura 2. Gli studenti in cattedra spiegano Pitagora.

Ringraziamenti

Ringrazio i colleghi del Consiglio di classe che hanno collaborato e collaboreranno ancora con me, il Prof. Liberato Cardellini docente all'Università Politecnica delle Marche e coordinatore italiano del progetto *PROFILES* che mi ha sempre incoraggiato a trovare stimoli nuovi per migliorare il mio modo di essere insegnante, il Dirigente scolastico Prof. Francesco Maria Orsolini che ha sempre creduto in questo lavoro. Ma soprattutto ringrazio gli alunni che attraverso il loro serio impegno e l'entusiasmo dimostrato hanno, a loro volta,

trasmesso a me l'entusiasmo e la voglia di trovare sempre spunti nuovi per rendere viva la loro curiosità.

Bibliografia

1. L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo. Un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, 21 (1), 18-25, 1999.
2. N. Bibby, Tuning and temperament: closing the spiral. In J. Fauvel, R. Flood, R. Wilson (Eds.), *Music and mathematics. From Pythagoras to fractals* (pp. 13-27). Oxford University Press: New York, 2006.
3. W. Szymborska, *Letture facoltative*. Adelphi Edizioni: Milano, 2006.

Capitolo 45

Approccio al linguaggio chimico attraverso lo studio di casi. Prima parte

Alfredo Tifi
ITT "E. Divini" San Severino Marche (MC)
e-mail: alfredo.tifi@gmail.com

Riassunto

Invito alla discussione su una metodologia inclusiva per costruire una comunità di apprendimento della chimica organica con elementi di chimica generale e chimica-fisica al 3° anno e della chimica organica del 4° anno del nuovo ITT, sulla base della sperimentazione condotta dall'autore nel precedente a.s. L'approccio alla padronanza dei concetti è sia "bottom-up" sia "top-down" e si avvale dello studio di casi collaborativo integrato con forme generalizzate di concept mapping.

Contesto della proposta

Durante gli scorsi anni scolastici, in diverse maniere ho tentato di ridurre il dislivello tra due tipologie di studenti. Quelli dotati di maggiori capacità di astrazione e discriminazione dei vari aspetti concettuali e quelli che privilegiano procedimenti ciechi, scarsamente significativi. Per chi può essere classificato nella seconda tipologia, tutto ciò che serve a dare significato alle operazioni, sia in laboratorio che nello studio, quali le motivazioni per effettuare una certa operazione, il significato concettuale del risultato ottenuto, la comparazione con altre procedure e, più in generale, la distinzione tra le operazioni concretamente effettuate e la consapevolezza dei gesti mentali che accompagnano le stesse operazioni (1), non è, per così dire, evocabile ed assoggettabile al controllo volontario. I compiti che richiederebbero queste e altre analoghe funzioni non possono che risultare poco "graditi". Con il termine "embedded" Donaldson (1992; 2009) descrive bene l'incapacità di questi studenti di controllare e "distanziare" i diversi aspetti concettuali del compito di apprendimento da ciò che essi fanno o

dicono effettivamente, mentre la capacità di "disembedding" descrive gli studenti del primo tipo.

Classi difficili, formate prevalentemente da soggetti "embedded", del secondo tipo, e pochi allievi intellettivamente più maturi, ma ugualmente poco motivati, sono state da me trattate in passato con i "presìdi" tradizionali: problemi facilitati (ma *non* esercizi), per incentivare la riflessione e la consapevolezza, verifiche formative o "di prova" che dovevano evidentemente precedere (o rimediare) a quelle "con voto", e anche meno tradizionali, come la collaborazione alla costruzione di diari delle lezioni, la progettazione e realizzazione di video, i problemi sperimentali, le mappe concettuali, esercitazioni di elaborazione di testi, collaborazione ai documenti condivisi online, ecc. Tutti queste pratiche però non sono riuscite a modificare un dato costante: gli allievi "embedded" non giungevano a costruire la propria conoscenza attraverso processi consapevoli.

Per esempio, essi dichiaravano di aver "capito" un problema dopo che la sua soluzione era spiegata a valle di una verifica formativa. Ciononostante, per quanto la spiegazione e la discussione generale sulle scelte fatte mettessero in luce le ragioni di successo o quelle dell'insuccesso, per i ragazzi "embedded" l'aver "capito" equivaleva unicamente a conoscere e saper ripetere l'intera procedura come un tutt'uno invariabile. È comprensibile come ciò non riuscisse neppure a scalfire il loro approccio alla conoscenza, e come, pertanto, le verifiche successive portassero solo ulteriori delusioni e sentimento di impotenza. Stimoli o situazioni analoghe, per un qualsiasi aspetto, alle procedure che essi "sapevano ripetere", erano confuse tra loro, senza che le incoerenze prodotte fossero rilevate o destassero qualche dubbio. Per gli allievi più in difficoltà il deficit di comprensione veniva alla luce solo a posteriori, come elemento globale.

Come deve essere ridisegnato l'ambiente di apprendimento per facilitare cambiamenti del ruolo e dell'atteggiamento generale degli studenti verso la conoscenza? In questa prima parte descriverò quanto già realizzato nel trascorso anno scolastico per rispondere a questa domanda, e come ciò abbia già portato ai primi cambiamenti significativi. Nella seconda parte discuterò della riprogettazione in fase sperimentale nel corrente anno scolastico.

Un ambiente potenzialmente modificante: lo studio dei casi

Se è vero che cercare di ottenere che dei ragazzi risolvano problemi attraverso una riflessione basata sui significati concettuali, attivando delle funzioni che ancora non sanno sottoporre al controllo volontario, è pretendere troppo, è invece troppo poco eliminare i problemi e le problematizzazioni. Le due prospettive sono ugualmente *non modificanti*. D'altra parte, puntare solo sulla motivazione e pensare che da sola essa inneschi un percorso di modificazione è illusorio. Il semplice incremento della motivazione e dell'autostima, se non accompagnato da

effettivi processi cognitivi, può fornire un aiuto per sbloccare situazioni nell'immediato, ma non è efficace sul lungo periodo, proprio perché non è di per sé modificante.

L'idea di introdurre sistematicamente lo studio di casi è nata durante un gemellaggio tra due terze classi nell'insegnamento della chimica organica (quella dell'insegnante Silvia Recchia, dell'ITIS G. Ferraris di Verona e quella dell'Autore), insegnamenti che condividevano anche lo sviluppo di elementi di chimica fisica e generale, nonché l'impostazione costruttivista (che purtroppo non ha incontrato uguale popolarità tra tutti gli studenti della classe veronese). Inizialmente si richiedeva agli allievi di fornire contributi volontari o semplici risposte agli stimoli posti dagli insegnanti nei diari delle lezioni (costruiti e condivisi online). Le riposte degli studenti costituivano ulteriori occasioni per affrontare problematiche più articolate. Man mano che procedevamo nella costruzione dei diari, cercavamo di ridurre le spiegazioni dirette e preliminari dei contenuti e di aumentare i quesiti stimolo e l'introduzione di concetti attraverso lo studio di tali quesiti, che a poco a poco si sono trasformati in veri "casi" (vedi esempi sotto). Nella classe veronese la metodologia è rimasta "mista" perché solo pochi ragazzi seguivano la proposta costruttivista.

In generale, se degli studenti non si ingaggiano sufficientemente in un processo innovativo e potenzialmente migliorativo, l'insegnante si sente costretto a 'tornare' alle verifiche tradizionali come "incentivo" allo studio. Ma le verifiche tradizionali sono giustificabili solo a fronte di spiegazioni tradizionali: la verifica sarà accettata solo dopo che il suo contenuto sarà stato "spiegato", dimostrato ed opportunamente esercitato fino a creare automatismi per non doversi interrogare sul significato concettuale delle operazioni. In questo modo si tende a eliminare le problematicità, a "depenalizzare" la mancanza di comprensione, creando così un circolo vizioso.

Nel tentativo di creare invece un circolo virtuoso, per la valutazione nella sezione di San Severino ho attribuito un peso maggiore all'impegno o dedizione nell'affrontare i casi di studio proposti, e usato solo in rari casi verifiche tradizionali, con quesiti e tempi a disposizione uguali per tutti. Il cambiamento è stato ancor più radicale in una quarta classe dove vi erano parecchi studenti della tipologia "embedded", scarsamente capaci di affidarsi a ragionamenti autonomi e con un atteggiamento di pura ricezione passiva nell'apprendere conoscenze di chimica. In tale classe, per gli ultimi 5 mesi dell'anno scolastico è stato possibile sviluppare un programma accettabile di chimica organica dei gruppi funzionali, basato sullo studio di una quarantina di casi e uscendo, almeno per questa materia, da una situazione di stallo che durava fin dal terzo. Gli studenti di tale classe, differentemente da quelli di terza, hanno lavorato divisi in gruppi di lavoro. La valutazione della dedizione individuale era effettuata mensilmente, unicamente sulla base dei contributi significativi e del numero di casi chiusi dal gruppo, con

una formula che incentivava sia la collaborazione nel gruppo sia la responsabilità individuale.

Per entrambe le classi i casi assegnati non erano mai banali riproduzioni di esercizi svolti, ma riguardavano applicazioni, situazioni particolari, controverse o estreme, che rendevano necessaria un'azione di "ritorno" sui significati dei concetti fondamentali, ed una di collegamento con differenti campi di conoscenza. È bene ricordare, o ammettere fin da subito che, evidentemente, questo esercizio della riflessione non è oggettivamente attivabile in ugual misura da studenti "diversamente" dotati. La metodologia per gruppi utilizzata nella classe quarta si è comunque dimostrata più inclusiva, coinvolgendo cioè un maggior numero di alunni "deboli".

Nella terza classe la valutazione periodica, indipendente dall'operato altrui, si ricavava dalla pura percentuale di casi in cui l'allievo aveva fornito contributi significativi, senza distinguere la chiusura del caso dai contributi di altro tipo, comunque sostanziali. Diversi allievi preferivano studiare i casi, già elaborati e chiusi da altri, per poi presentarli alla classe, ottenendo così una valutazione equivalente all'aver contribuito allo sviluppo di un caso ancora aperto. Ciò era permesso solo agli allievi che non avevano contribuito allo studio del caso, per favorire in qualche modo il coinvolgimento di tutti. Un eccessivo numero di ricorsi a questa modalità, se da una parte ha contribuito a rendere più vivaci ed efficaci le lezioni in classe, dall'altra ha portato però a snaturare parzialmente la proposta, che aveva l'intento fondamentale di incentivare la disposizione ad affrontare *creativamente* e *collaborativamente situazioni di incertezza* e *indeterminazione*, mentre gli studenti si trovano più a loro agio nello studio e ripetizione di conoscenze elaborate da altri avendo scarsa consapevolezza del processo usato per costruirle.

I casi erano trattati nel lavoro a casa su documenti condivisi di Google, uno unico in tutta la classe terza, e uno per ciascun gruppo, con gli stessi casi, in quarta. I documenti condivisi di Google sono quanto di più immediato e funzionale possa esistere per la scrittura collaborativa, permettendo di inserire fili di discussione, chat e attivare video-chat multiple (hangout), oltre al contenuto principale dell'ipertesto. Tutte queste funzioni sono state ampiamente e proficuamente utilizzate.

Esempi di studio di casi

Il presente caso è il primo con cui sto introducendo la metodologia e i protocolli nella nuova terza di questo a.s., contando di discuterlo per il congresso; alcuni concetti sono qui già evidenziati per l'attuazione del protocollo ALCA base (vedi parte II, step 3-4). I concetti di *sostanza* e di *trasformazione chimica* si troveranno con ogni probabilità anche nel protocollo avanzato.

> Il lievito per "biscotti all'ammoniaca", è una polvere bianca con un forte odore di ammoniaca. Sebbene i sacchetti rechino l'indicazione "**ammoniaca**", essi contengono una diversa **sostanza** chiamata **bicarbonato di ammonio** (come precisato a piccoli caratteri nella confezione). Se tale sostanza è riscaldata a temperature intorno ai 40°C o maggiori, essa si vaporizza completamente senza lasciare alcun residuo solido. Il compito del gruppo è di trovare delle prove sperimentali per convincere uno studente del primo anno che la trasformazione descritta non è la sublimazione del bicarbonato di ammonio (un passaggio di stato, cioè una trasformazione fisica), ma è una **trasformazione chimica**.

Il seguente invece è uno dei tanti casi studiati nella terza classe dello scorso anno.

> Se è vero che nella roccia dolomitica calcio e magnesio sono equimolari, perché allora nell'acqua San Benedetto, che attraversa *solo* roccia dolomitica, si hanno 46 mg/L di Ca e 28 g/L di Mg?

La formula della dolomite era volutamente omessa, in quanto la sua ricerca faceva parte dei compiti impliciti di definizione del problema. Il caso ha richiesto una gran quantità di mediazione e feedback per arrivare al chiarimento, a causa del fatto che il concetto (o meglio lo pseudoconcetto) di "equimolare" (acquisito nella materia Analisi) non era minimamente formalizzato né associato a rappresentazioni concrete, particellari. Come affermato da Vygotskij (1992), lo studente e l'insegnante usano entrambi la stessa parola ("forma esterna") per focalizzarsi su un oggetto, e nel loro contatto condiviso essi sono in grado di comunicare, ma usano diverse forme di pensiero – associativo in modo preponderante per lo studente – per arrivare ad usare quella stessa parola:

> "il pensiero del bambino non coincide con quello degli adulti per modo di pensare, per il tipo di operazioni intellettive, mediante le quali arriva allo pseudoconcetto" (Vygotskij, 1992, p. 165).

Un'altra considerazione importante è che durante l'indagine, nel rispondere con feedback e nuovi stimoli sono stati sostenuti tutti gli argomenti portati dagli "investigatori", che si basavano su differenze di solubilità, di elettronegatività, e quant'altro. L'insegnante non deve essere visto dagli allievi come il comandante della torre di controllo che, sapendo tutto ciò che occorre sapere, può anche assumere su di sé le responsabilità finale delle manovre in condizioni di nebbia.

Conclusione della prima parte

L'impostazione basata sullo studio di casi, insieme alla valutazione della dedizione a tale attività, agiscono da apripista alla creazione di un potenziale

interesse proattivo verso la disciplina, la chimica e in generale verso la conoscenza, laddove spinte contrarie di varia natura inducono la maggioranza degli alunni a considerarsi estranei a tali compiti di conoscenza in prima persona, contribuendo così al rallentamento dello sviluppo oggettivo delle funzioni cognitive. La costruzione di tale interesse e attitudini positive verso la conoscenza è un processo lento e difficile. La seconda parte riguarderà pertanto la riprogettazione necessaria a ridurre i punti deboli finora emersi.

Note

1. Senza tale separazione è impossibile dire: “faccio questo perché …”, oppure: “ciò che sto facendo significa che …”, dove lo spazio nei puntini non contenga gli oggetti stessi delle trasformazioni, ma concetti diversi e più generali.

Bibliografia

1. M. Donaldson, *Human minds: An exploration*. Penguin: New York, 1993.
2. M. Donaldson, *Come Ragionano i Bambini*. Springer: Milano, 2012.
3. L. S. Vygotskij, *Pensiero e linguaggio*, a cura di L. Mecacci. Laterza: Bari, 1992.

Capitolo 46

Approccio al linguaggio chimico attraverso lo studio di casi. Parte II: i protocolli ALCA

Alfredo Tifi
ITT "E. Divini" San Severino Marche (MC)
e-mail: alfredo.tifi@gmail.com

Riassunto

In relazione alla metodologia basata sullo studio dei casi per l'insegnamento dell'organica con elementi di chimica-fisica nel nuovo triennio ITT, si discutono qui gli aggiustamenti necessari ad incrementare l'accesso al pensiero per concetti. La sperimentazione per l' a.s. corrente si basa su due protocolli (ALCA) che integrano lo studio dei casi con forme generalizzate di concept mapping, basate sulla teoria della zona di sviluppo prossimale di Vygotskij.

Come supportare la metodologia basata sullo studio dei casi

La metodologia dello studio dei casi ha portato ovviamente molteplici cambiamenti della dinamica e tipologia delle attività svolte in classe, di cui sarebbe però troppo complesso discutere qui i dettagli in termini "evolutive" e differenziati per le due classi. Ciò che più conta è che la quasi totalità degli studenti ha accolto come 'giusto' questo metodo, apprezzandone la concretezza e la connessione con i modi di affrontare la vita reale, intuendone la validità e l'opportunità di poter indirizzare senza ansia le proprie risorse verso la comprensione, piuttosto che dover finalizzare ogni sforzo in direzione del risultato delle verifiche. Ma ciò che è più importante sottolineare è l'aspetto che considero ancora insoddisfacente, che è quello delle difficoltà oggettive di concettualizzazione, che ostacolano tuttora la partecipazione proficua di diversi studenti con maggiori difficoltà. Questi desidererebbero fornire contributi attivi al pari di altri, ma vedono spesso i loro tentativi frustrati e finiscono per rimanere ai margini dei vari processi.

Nella classe terza le lezioni erano rese molto vivaci dalle discussioni che accompagnavano le presentazioni dei casi o che seguivano gli stimoli introdotti per

sbloccare casi più problematici; ma il coinvolgimento nella collaborazione sui casi è stato poco uniforme, e questo costituisce il primo punto debole della strategia fin qui applicata, risolvibile con un'organizzazione per gruppi cooperativi. Nella classe quarta, dove il lavoro era assegnato ai gruppi, c'è stato infatti un coinvolgimento più generale, nonostante la situazione di partenza fosse improntata alla sfiducia e allo scetticismo. Ogni gruppo sviluppava lo studio dei singoli casi in tempi diversi, pertanto, anche per mantenere l'indipendenza tra i gruppi, i concetti di base utili per affrontare i casi erano discussi in classe in termini generali, con lezioni "lineari" o tradizionali (lettura approfondita di aspetti chiave dal testo, sviluppo e discussione di esempi, ecc.), tranne nei casi, qui troppo rari, in cui qualche allievo preferiva esporre alla classe un caso già affrontato dal proprio gruppo, fornendo in tal modo importanti occasioni di confronto sui significati.

In pratica solo il metodo di valutazione centrato sui casi ha permesso di ottenere un maggior coinvolgimento della classe nel lavoro collaborativo, mentre ben maggiori benefici potrebbero essere ottenuti facilitando la mediazione sui concetti agli studenti che si sentono più "estranei" al linguaggio accademico della chimica. Dopo la scelta di sviluppare lo studio di casi in gruppi cooperativi, *il secondo correttivo da applicare alla strategia è perciò quello di organizzare sistematicamente il compito di analisi dei significati concettuali*. Questo richiede l'integrazione di un protocollo di base, da sperimentare nell'anno scolastico corrente, e di uno più avanzato, già sperimentato nella classe terza nello scorso a.s.

Un terzo elemento di riprogettazione è la strutturazione dei *ruoli* dei membri del gruppo basata sulla distinzione delle diverse fasi che accompagneranno, questa volta in forma esplicita, lo sviluppo dello studio di ogni caso. Ogni membro potrà scegliere liberamente di intervenire in una o più delle seguenti fasi: *fase di chiarimento*, divisa in analisi – studio dei concetti rilevanti, del contesto, riformulazione condivisa del compito richiesto o implicato dalla descrizione del caso; *fase di sviluppo* delle argomentazioni principali e di scioglimento delle situazioni problematiche attraverso individuazione e prova di ipotesi di lavoro; *fase metacognitiva* consistente nella preparazione di semplici Cmaps e brevi presentazioni per riferire in 5-10 min il processo di indagine.

I protocolli ALCA (Academic Language of Chemistry for All)

Il protocollo base che fa parte della strategia ALCA segue un approccio Vygotskiano che ricalca, per quanto possibile fedelmente, il protocollo ALA (Academic Language for All), ideato e diffuso dal prof. H. Mahn dell'università del New Mexico, nell'ambito dell'insegnamento della lingua inglese per adolescenti di lingua madre, prevalentemente ispanica, che ricevono l'istruzione secondaria in inglese. L'approccio si basa su di una interpretazione della teoria della zona di sviluppo prossimale (Mahn, 2014) particolarmente adatta agli

studenti adolescenti. Secondo questa interpretazione, la zona di sviluppo prossimale è un'area in cui sono possibili: a) processi di "stretching" dei concetti spontanei, in particolare degli pseudoconcetti (concetti spontanei che coincidono, per la terminologia e i referenti concreti, ma non per il modo in cui essi sono usati nei processi di generalizzazione e sistematizzazione, con i concetti accademici o "dell'istruzione"), maturando le relative rappresentazioni e categorie spontanee in direzione dei concetti cosiddetti accademici o scientifici (che nella terminologia di Vygotskij differiscono dagli pseudoconcetti in quanto appartenenti ad un sistema concettuale per il quale si hanno consapevolezza, molteplicità di vie di accesso, e libertà di movimento in entrambe le direzioni dei concetti più astratti o sovraordinati, e in quella opposta, verso i concetti empirici e i relativi referenti significativi dell'esperienza individuale), e b) lo sviluppo, dall'alto verso il basso, della consapevolezza che concetti accademici sovraordinati appresi attraverso l'istruzione (con scarsa organizzazione sistematica) possono essere messi opportunamente in relazione con il proprio sistema semantico "informale" spontaneo (cioè non sistematico e non consapevole) e più soggettivo.

Un insegnante tirocinante del protocollo ALA (Mahn, 2014) ha paragonato questa crescita verso l'alto dei concetti quotidiani alle stalagmiti e la capacità di "pescaggio" verso il basso dei concetti accademici alle stalattiti, dichiarando che nel protocollo linguistico "gli studenti si sentivano a loro agio nel cercare nuove combinazioni di parole per esprimersi".

L'obiettivo del protocollo ALA (e di ALCA) è dunque di "espandere" tale area o ZSP, ossia permettere, attraverso attività che favoriscano la mediazione, lo stabilirsi di connessioni tra concetti accademici e concetti spontanei più "distanti" tra loro rispetto a quelli che lo studente potrebbe connettere con ugual sicurezza trovandosi da solo ad affrontare lo stesso compito. Simili esperienze di mediazione linguistica della consapevolezza, o "scaffolding", attraverso il discorso organizzato in classe, costituiscono la premessa indispensabile – in termini di familiarità di linguaggio con i concetti scientifici – delle più estese saldature tra sistemi di rappresentazione formale ed esperienziale che lo studente più avanti diverrà in grado di coordinare e integrare da solo.

Ragionando in termini retrospettivi, rispetto al problema principale dell'inclusività realizzabile con una qualunque metodologia didattica costruttivista basata sull'inquiry scientifico, cioè sul dover affrontare un problema in assenza di istruzioni precise, si può azzardare l'ipotesi che le ragioni principali dei fallimenti dei precedenti tentativi di coinvolgimento nel compito intellettuale di maggiori percentuali di studenti siano state: a) il sistema di valutazione finale centrato sulla "performance", che non solo disincentiva la riflessione, ma rende anche impossibile per l'insegnante osservare, nell'applicazione di tali strategie costruttiviste, i micro-cambiamenti che con ogni probabilità avevano luogo e, b) il fatto che il lavoro di saldatura tra concetti spontanei e concetti scientifici nella ZSP

non era curato e organizzato sistematicamente.

Un ultimo aspetto cruciale per la riprogettazione riguarda la natura specifica dei concetti chimici. Per quanto esistano forti analogie tra l'apprendimento di concetti accademici in lingua 2 e di una disciplina con un proprio linguaggio specifico, quale potrebbe essere la chimica organica, esiste anche una differenza fondamentale che riguarda la natura delle rappresentazioni che si organizzano e che maturano spontaneamente nello sviluppo della lingua madre e che costituiscono, diciamo, delle stalagmiti crescenti abbastanza fortificate e ramificate, su cui ancorare gli aspetti formali della lingua acquisita. Mentre per quanto riguarda la chimica, alla "base" spontanea troviamo sostanzialmente un "laghetto" interrotto solo da piccole rocce costituite da alcuni concetti molto inclusivi, a cui nel linguaggio comune si danno però significati assolutamente informali, come *elemento* (che i ragazzi usano come atomo, composto, sostanza, materiale, soluzione, ecc.), *sostanza* (usato per indicare tutte le stesse cose tranne, forse l'atomo), *energia*, *equilibrio*, ecc. che si prestano a tutte le infinite possibili concezioni alternative.

I casi da studiare nel protocollo ALCA costituiscono dunque una sorta di sostitutivo della buona base di conoscenza spontanea dei significati nella lingua madre, su cui fa affidamento il protocollo ALA. La volta della "grotta chimica" è inoltre molto più alta, in quanto il rigore e la sistematicità dei concetti accademici propriamente scientifici sono posti a un ben altro livello di astrazione e generalità rispetto ai più formali tra i termini utilizzati nel linguaggio non disciplinare. Per tali ragioni il protocollo ALCA base semplifica i passaggi "bottom-up" del protocollo ALA (che avvengono tramite dialogo in coppie e in gruppi di 4), introducendo e formalizzando delle ulteriori fasi che richiedono la mediazione diretta e mirata dell'insegnante e favoriscono la presa di coscienza dei concetti accademici già acquisiti nell'istruzione precedente ma ancora non sistematizzati, e la conseguente possibilità di processi "top-down" sempre più consapevoli e autonomi.

Un'altra caratteristica dei concetti propriamente scientifici consiste nella particolare relazione di dualismo esistente tra componenti concettuali teorica ed empirica riferibili, la prima, agli aspetti interpretativi, alle "spiegazioni", con differenti tipi di mediatori (particelle e fenomeni invisibili metafore, icone o simboli, e sintassi astratte) e, la seconda ai "fatti" della realtà osservabile, anch'essi per lo più assenti dal sistema semantico del linguaggio informale della vita quotidiana o, peggio, presenti in forme alternative e interferenti perché difficilmente riconducibili ai concetti formali. Il riconoscimento consapevole (disembedding) delle relazioni profonde esistenti tra gli elementi concettuali di passaggio dalle descrizioni fattuali alle interpretazioni e viceversa, costituisce un aspetto fondamentale del pensare per concetti scientifici propriamente detti, ed è implementato nel protocollo base di ALCA, di seguito sintetizzato in tabella (tempi indicativi).

1. Gruppi di 4: sottolineare i concetti nel testo del caso e classificarli come teorici (T) o fattuali (F). 5 minuti	6. Trascrizione frasi editate e discussione critica plenaria per raggiungere consenso e accordo. 20 minuti
2. Scrivere sulla lavagna la statistica dei vari concetti (F/T) e discutere in plenaria la classificazione, 20 minuti. Gli step 1 e 2 saranno effettuati in classe solo nei primi casi e poi, una volta appresi, autonomamente dai gruppi.	7. I gruppi da 4 rispondono alle 'crowbar questions' su concetti scientifici chiave, utili sia all'impostazione o sviluppo del caso, sia alla rievocazione e sistematizzazione dei concetti stessi. 20 minuti
3. A coppie: scrivere tre brevi frasi che incorporino ciascuna due concetti scelti a piacere tra quattro. 10 minuti	8. Discussione plenaria - confronto tra le risposte dei gruppi, per evidenziare e risolvere contraddizioni. 20 minuti
4. Gruppi da 4: come sopra, discutere prima quanto fatto a coppie, scrivere poi 4 brevi frasi, non ripetitive, più corrette e approfondite possibile. 15 minuti (fine 1ª fase). I gruppi iniziano a studiare il caso. Il docente analizza le frasi e prepara le 'crowbar questions' (per gli step 7-8)	9. Verifica plenaria della corrispondenza di quanto trovato con conoscenze accademiche tratte da diverse fonti (testi, Internet, docente, ecc.) ed eventuale abbozzo di mappa concettuale. 30 minuti
5. Gruppi da 4: ogni gruppo revisiona una o due frasi scelte dall'insegnante, di un diverso gruppo. 5-10 minuti	

Il *protocollo ALCA avanzato* regola un processo lento di costruzione di solide strutture concettuali di pochi concetti sovraordinati, in larga misura chimico-fisici, che permettono di modellizzare e modificare la comprensione profonda dei fenomeni chimici. Nello scorso anno scolastico con le due classi terze gemellate, ad indirizzo materiali del "Divini" di S. Severino M. e dell'indirizzo ambientale del "Ferraris" di Verona sono stati realizzati lavori prima individuali, poi cooperativi a distanza in sotto-gruppi e infine in gruppi misti delle due classi, prima sui concetti relativi agli aspetti energetici delle interazioni molecolari e delle trasformazioni chimiche, e poi sugli aspetti cinetici fino a realizzare, in ciascun gruppo, una mappa concettuale che integrava i due aspetti. La mappa concettuale costituiva solo uno strumento di supporto per una presentazione sintetica e finale della ben ricca questione generale.

Più corposo è stato il lavoro precedente, in cui alle domande focali (una per gli aspetti energetici ed una successiva per quelli cinetici) i gruppi di lavoro hanno elaborato, revisionato e fuso, nelle varie fasi di lavoro, risposte testuali alle domande focali, selezionato i concetti e imparato a costruire mappe concettuali, basate sui concetti selezionati e il più possibile equivalenti alle risposte testuali revisionate (Tifi, 2013). Una regola fondamentale consisteva nell'uso di soli concetti generali senza fare diretto riferimento ad esempi specifici, ottenendo così strutture "high-rank". Nel corrente a.s., al terzo e al quarto anno si ripeterà lo stesso protocollo, ma con più concetti generali (tra cui, ad esempio, quello di equilibrio chimico).

Domande focali (i concetti riguardano solo le mappe: 8 nei sottogruppi e 10 dopo la fusione nei team completi. Le risposte testuali potevano invece contenere qualunque numero di concetti).

1. *Cosa accade al sistema chimico in una reazione chimica, considerando solo il punto di vista energetico e strutturale dei reagenti e prodotti (il "prima" e il "dopo")?* (cmap con 8-10 concetti).
2. *Come avviene la trasformazione delle specie del sistema chimico chiuso "durante" il passaggio dai reagenti ai prodotti?* (cmap con 8-10 concetti).
3. *"Spiegate ad un ragazzo del 2° come avvengono le reazioni chimiche"*, (cmap con 25 concetti).

Bibliografia

1. H. Mahn, Classroom discourse and interaction in the zone of proximal development. In N. Markee (Ed.), *The handbook of classroom discourse and interaction*, (pp. 250-264). Wiley: Chichester, West Sussex, UK, 2015. (Il capitolo nella forma preliminare è disponibile su richiesta all'autore della presente comunicazione).
2. A. Tifi, Integrating collaborative concept mapping in case based learning. *Journal for Educators, Teachers and Trainers JETT*, 4 (1), 2013. Disponibile online all'indirizzo http://www.ugr.es/~jett/pdf/vol04(1)_13_jett_tifi.pdf (verificato 18-09-2013).

Capitolo 47

A Consumer Chemistry Case Study to Promote Inquiry-Based Learning

Teresa Celestino†§, Fabio Marchetti†
†University of Camerino, School of Science and Technology, Chemistry Section,
Via S. Agostino 1 62032 Camerino (MC)
§Technical High School "Galilei-Sani", Via Ponchielli s.n.c., 04100, Latina
e-mail: teresa.celestino1@istruzione.it, fabio.marchetti@unicam.it

Abstract

The experience-based work here reported is related to the study of a well-known product, the cat litter, by secondary school 14-15 years old students. This material offers different starting points for a critical examination, e. g. questions related to cat litters physical properties, information on chemical composition provided, environmental and health issues. In particular, silica gel cat litter chemical composition has been investigated by an inquiry-based learning approach. The chemistry concepts learning assessment of the involved students has been compared with the assessment related to the students control group. Feedbacks from the classes are also reported. The different learning outcomes show that educating future citizens is more effective if the students are helped by their teachers in relating correctly what they learn in school to their daily lives.

Introduction

Chemistry educators can play an important role by helping students in understanding how fields such as politics, law and economics interact with the natural sciences in order to establish rational energy policies, to promote technological innovation, to reduce dependence on fossil fuels and so on. Some possible topics include, for example: population growth, economic development, human and animal rights. All the issues involved pose challenges that need to become part of the chemistry curriculum, connecting chemistry learning to the broader goals of education. Chemistry students can benefit from the opportunity to contribute to discussion in all these fields, with particular regard to ethical questions. The Italian school curriculum includes these topics (1) but teaching

practice in them is not much developed, despite this kind of approach has been really effective in education researches carried out in Italy (2).

Ten years ago, a new conceptual approach to chemistry education has been described and named "socio-critical and problem-oriented approach" (3); this approach is part of the tradition of the STS (Science, Technology and Society) curricula, aimed at changing science education through the use of scientific controversial issues. Socio-critical and problem-oriented approach to chemistry teaching seems very promising in promoting skills related to the evaluation of scientific debated questions taken from the everyday life. Controversial issues evaluation within the framework of science, technology and society, fosters students' competences in reflecting upon the use of science-related information in their daily lives, contributing to a well-developed scientific literacy.

In Italian technical high schools, chemistry teaching is usually provided just during the first couple of years. An approach centered on real world problems can help to counteract the typical lack of attention characterizing 14-15 years old students coming from culturally disadvantaged families. Cultural background and parental socio-economic status have been shown to have profound influence on school achievement in many countries; these are considered a major predictor of cognitive achievement (4). In Italy, parental background is generally more of help in case of students attending non-technical schools.

The perception of chemistry relevance in everyday applications motivates students to go beyond the surface features of phenomena, and learning of chemistry key concepts can be more effective (5). The present study focuses on a teaching sequence of didactic activities centered on questions related to cat litter (6), and learning outcomes of chemistry core concepts are compared with those of students not involved in the project. The teaching sequence was carried out during the 2012-2013 and 2013-2014 school years, with four classes of 14-15 years old students of a technical high school in Italy, for a total of 74 students.

The application of the socio-critical and problem-oriented approach has been adapted taking into account the peculiar educational context: particularly disadvantaged starting conditions (from the cultural background point of view and because of the parental socio-economic status) and limited time dedicated to general chemistry lessons in the Italian school system. Based on these considerations, only short laboratory activities were realized, and cooperative learning work was carried out considering the limited time available; besides, all the study materials fitted the students' limited subject knowledge.

Starting conditions

The cohort involved in the present education research is constituted by four classes of the first year technical high school students (14-15 years old). All the 74

students are boys. Two classes, 1B and 1D, are composed by 17 students (the first class includes: 2 non Italian mother tongue students, 1 special needs student, 4 repeating students; the second class includes: 1 non Italian mother tongue students, 1 special needs students, 3 repeating students). The other two classes, 1E and 1F, are composed by 20 students (the first class includes 3 repeating students; the second class includes 5 repeating students). Students' families come from the working/middle classes. The students have generally a low level of written and oral language skills, a low attitude in carrying out homework, a medium level of interest toward class lessons despite of the limited cultural stimuli. No one studied chemistry contents during the previous middle school.

Entrance test

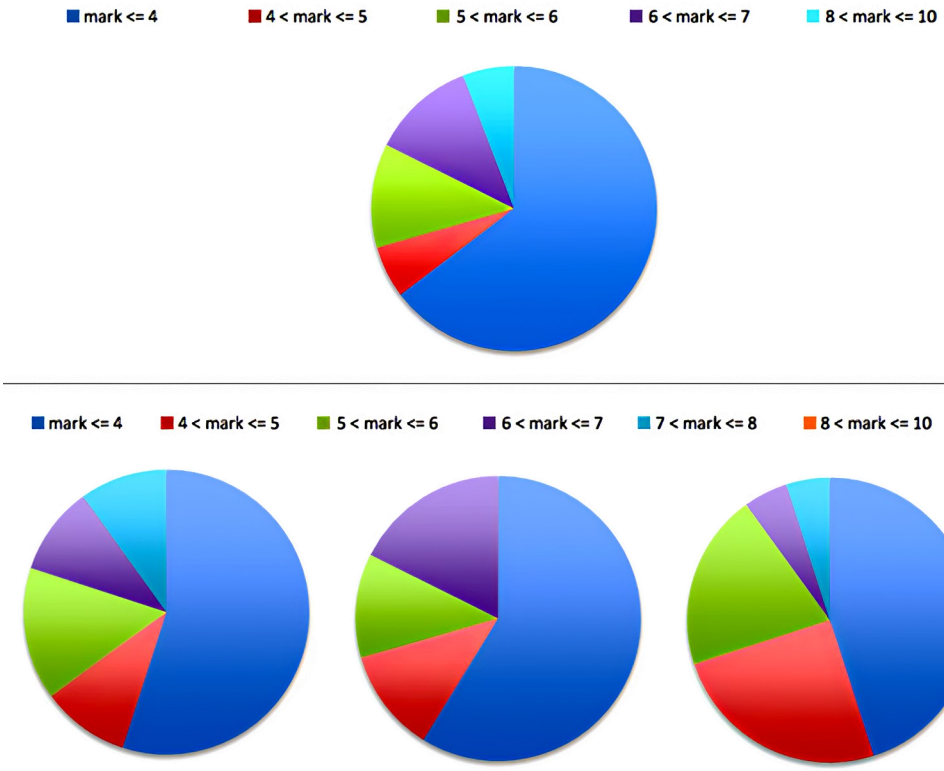


Figure 1. Entrance test results for every class (classes sequence from the top: D-B-E-F).

At the beginning of the school year, 20 closed questions are posed (0,5 points every right mark, score range from 0 to 10), related to logic (3 questions), arithmetic (7), algebra (3), experimental data comprehension (4), diagrams

comprehension (3). The results are shown in the Figures 1, 2. The poor results obtained by the students indicate serious shortcomings. Nevertheless, the gravity of these results should be re-considered in the light of the following reasons: students were not used to perform closed questions; the interactions teacher-students revealed that learning obstacles are generally caused by subject knowledge gap, not by cognitive difficulties (the students, for the most part, exhibit good skills in making connections between prior knowledge/experience and new learning during the lessons). Anyway, the teacher considered the results obtained in developing students' worksheets and offering additional and targeted support, also taking into account the outcomes related to the areas investigated by different groups of questions (Figure 2).

In order to compare outcomes and verifying the project's efficacy, the education research was carried out on the classes 1D and 1F, whereas the classes 1B and 1E were excluded. This choice is based on the following coupling class criteria: classes composition balancing factors; students number of each class; entrance test results.

The chosen consumer goods: cat litters

Several kinds of cat litters are on the market, and their number increases in the long run. Because of the large number of different materials making them, the starting points for a critical examination are numerous, e.g. natural/synthetic cat litters environmental impact and chemical composition, possible effects on the health, false or incomplete information provided by the media. On-line forum discussions by pets' owners show that litters are raising an increasing number of questions related to their production and use. Therefore, the subject is of general interest, and it constitutes an original means to demonstrate in an easy way the central role of chemistry in the school context.

The cat litter material most purchased is clay, whose price is generally low. The clumping clay litter was developed by the biochemist Thomas Nelson in 1984, when he observed that a certain type of clay clumped up in the presence of moisture (7). Clumping/not clumping clay cat litters are natural products. Nevertheless, silica particles found in clay cat litters are known to be carcinogenic (8). Moreover, clay litter is commonly produced in an environmental degrading process using strip mining, whereas biodegradable litters made from plant resources are environmentally friendly products. This type of litter doesn't contain carcinogenic silica dust. Silica gel litter, often referred to as "crystal litter", is a porous granular form of silicon dioxide dotted with tiny pores, allowing crystals to absorb cat urine and allowing the water to evaporate off.

Many types of cat litters are for sale, so quite often people are undecided about the right choice. Most people usually decide on price criteria, others take into

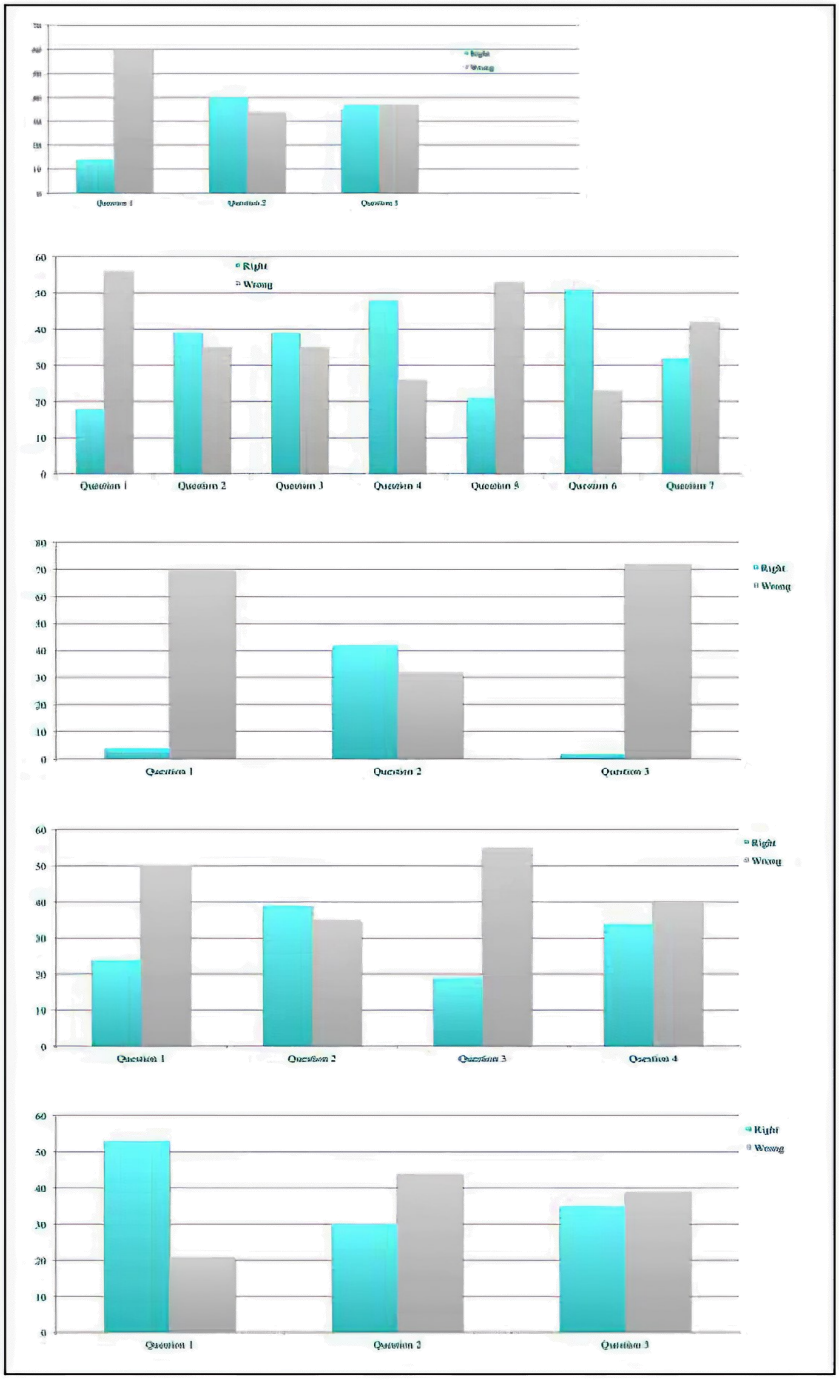


Figure 2. Entrance test results for every type of question (from the top: logic, arithmetic, algebra, experimental data comprehension, diagrams comprehension).

consideration the need of reducing smell or are concerned about disposal of clay with adsorbed urine. Rarely, people buy cat litters exclusively on the basis of environmental criteria.

Lessons plan

The teaching sequence is characterized by different didactic activities revolving around the evaluation of some cat litters brands. The experimental tests, carried out on cat litters samples, are appropriate for students 14-15 years old; they are very simple and usually performed in all school laboratories equipped with the essential instruments and reagents. The teacher starts with four questions asked to the students:

A. How can the physical properties at the origin of the litter's efficacy be evaluated? How much does the method of extracting or synthesizing cat litter influence cost?
B. What information does the packaging provide about composition? Can we carry out chemical tests?
C. How can the product's sustainability be proved? Can we plan experiments to evaluate the product's rate of decomposition?
D. Why do some scientific articles deal with possible cat litters noxiousness?

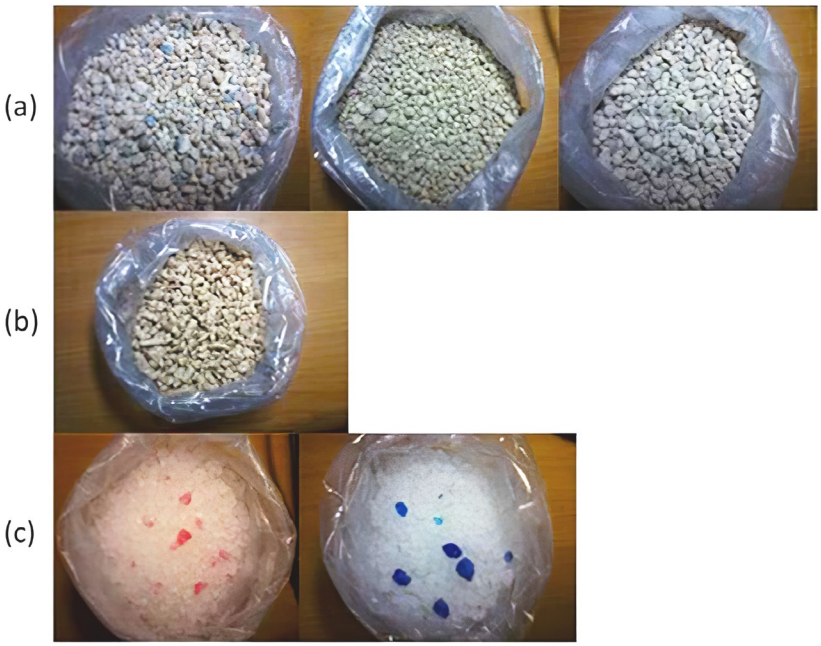


Figure 3. Product samples examined: (a) clumping/non-clumping clay litters; (b) biodegradable litters (with and without yeasts); (c) silica gel litters.

The socio-critical and problem-oriented perspective is highlighted in the Table 1. Initially, the teacher leads students in analysing six product samples (Figure 3) and their packages information. Then, the teacher plans research and laboratory activities in order to answer previous questions.

SOCIO-CRITICAL PERSPECTIVE	PROBLEM-ORIENTED APPROACH
Quality-price ratio	How can the physical properties at the origin of the litter's efficacy be evaluated? How much does the method of extracting or synthesizing cat litter influence cost?
Information about chemical composition	What information does the packaging provide about composition? Can we carry out chemical tests?
Sustainability	How can the product's sustainability be proved? Can we plan experiments to evaluate the product's rate of decomposition?
Safety and health	Why do some scientific articles deal with possible cat litters noxiousness?

Table 1. Socio-critical perspective and related problem-oriented approach.

The didactic sequence has been structured in four sections (sections 1 – 4), each corresponding to one of the above questions; each section is organized into three phases, as shown by Figure 4:

- Phase I: critical approach to the proposed issue.
- Phase II: laboratory experiments/analysis of documents in order to answer the question posed. The activities are carried out by cooperative learning activities.
- Phase III: global examination of the accomplished work.

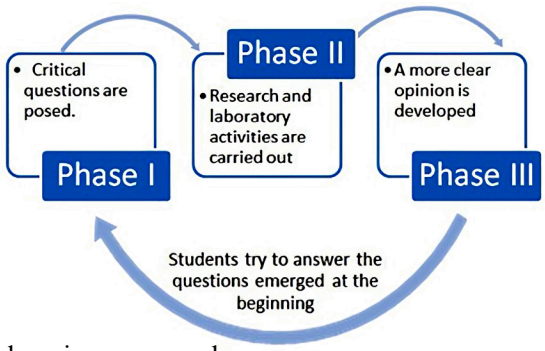


Figure 4. Teaching-learning process plan.

<table>
<tr><th>SAMPLES</th><th colspan="2">PACKAGES INFORMATION</th></tr>
<tr><td>(a) 1</td><td colspan="2">“Composition: Natural clay Humidity: max 11% Density: max 1 g/cm^3
Granulometry: 0.5 – 500 mm Water absorption: min 90%”</td></tr>
<tr><td>(a) 2</td><td colspan="2">“Composition: Sepiolite (60 ± 10) % Dolomite (30 ± 10)% Other minerals (10 ± 10) %
Granulometry (g):
g > 5 mm (5 ± 10) %
0,5 < g < 5 (93 ± 10) %
g < 0,5 (2 ± 10) % ”</td></tr>
<tr><td>(a) 3</td><td colspan="2">“Cat litter perfumed with lavender”. No further information is provided.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(b)</td><td>VERSION I
(clumping clay)</td><td>VERSION II
(not clumping clay)</td></tr>
<tr><td>“Vegetal clumping litter made from plant fibers. Clumps form upon contact with liquids and bond liquids and unpleasant odors. Antibacterial.”</td><td>“Vegetable cat litter made from pure cellulose with natural active yeasts 100% biodegradable. Harmless and non-toxic. Made from untreated silver fir trees, contains an exclusive mix of natural active yeast which offers maximum odor control. Without chemical or artificial additives, it can be disposed of as wet waste in differentiated waste collection or flushed down the toilet.”</td></tr>
<tr><td>(c)</td><td colspan="2">“Silica gel litter. The silica gel is able to perform a sudden adsorption of urine and smells; the water evaporates immediately, thus leaving the cat box completely dry. This super absorbing litter has been studied in order to immediately absorb the cat urine without letting the cat litter get clumped, as such no additional product should be required. Do not worry if the granules change color, as this in not affecting the cat litter absorbing power. Blue crystals have antibacterial action. 100% natural, it can be disposed of as wet waste in differentiated waste collection or flushed down the toilet.”</td></tr>
</table>

Table 2. Information provided by different cat litter brands.

Section 1 - Question A

For this section 6 hours class time are required. They are aimed at developing the students’ skills in analyzing different systems of matter and evaluating some physical features.

- Phase I: Students are asked to observe and describe six samples of cat litters.
- Phase II: Different samples of cat litters are assigned to students groups, that measure the density through water displacement method (9) calculating experimental errors, as described in the textbook (10). Additionally, they evaluate some litters’ properties such as liquid or gas absorption ability.
- Phase III: Students reflect upon the examined properties of products, relating them with the quality/price ratio.

Section 2 - Question B

For this section 12 hours class time are required. This section represents the most important part of the work, promoting inquiry-based learning; it deals on the origin of dye of some colored (blue and pink) grains in two different brands of silica gel litters (11) (see Figure 3c). In both cases, the nature of dye is not specified on the packages. However, the one containing blue granules is tagged 100% natural product and it can be used in composting. Furthermore, the package claims that the blue crystals possess antibacterial properties.

- Phase Ia: Flame test (12) and borax bead test (13) are carried out in order to investigate the metal content in the colored crystals. The teacher suggests that a skilled chemist should associate the blue color to a cobalt compound, usually employed as humidity indicator. Nevertheless, the insolubility of colored grains in both water and concentrated acidic solutions under heating prevents the execution of chemical tests to confirm the presence of some cobalt compound. This evidence suggests that the dye is probably embedded in a glass structure. Students send e-mails to manufacturers in order to get information about the nature of dye and its supposed bacteriostatic activity.
- Phase IIa: The flame and borax bead tests give negative results.
- Phase IIIa: Students' groups are asked to elaborate some conclusions about the presence of metals in the analyzed samples.
- Phase Ib: Only two companies replied by e-mail to students' inquiry. The company producing silica gel cat litter with pink grains answered: "the dye is allowed by the European Union", without specifying its chemical nature. According to the company producing silica gel cat litter with blue grains, the coloring agent is based on anthocyanins and its function is just aesthetics, denying the bacteriostatic function reported on the tag. The students are asked to propose a suitable separation method for anthocyanins' detection, among the techniques already studied.
- Phase IIb: Once solubility tests (14) results are obtained, the alcoholic extracts from the blue/pink samples are employed to carry out thin layer and paper chromatography (15). Figure 5 shows the experimental steps aimed at verifying the anthocyanins content in the colored silica gel grains. Only the rate of migration of blue extract was different from that of the other samples, so anthocyanins are not present in the blue extract (Figure 6). Also the laboratory test carried out on pink extract (possible color change depending on pH variation (16)) was negative.
- Phase IIIb: The students deduced that false information has been provided by cat litters producing company that replied to the information request.

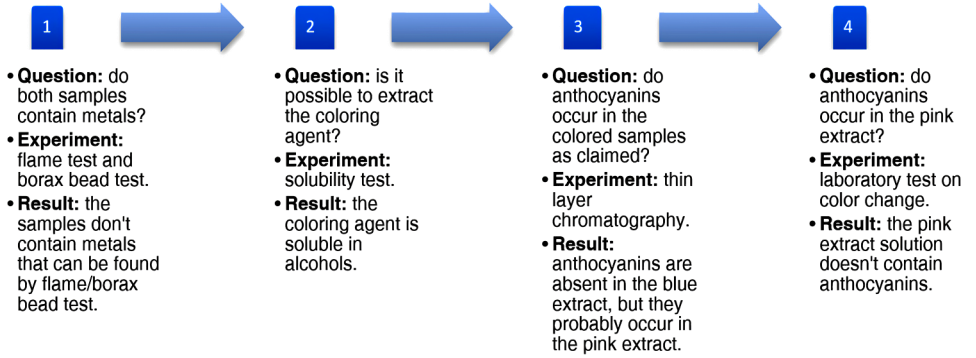


Figure 5. Experimental sequence to verify the anthocyanins presence in the silica gel litters with blue and pink grains.

(a) (b)

Figure 6. TLC samples (a) from left to right: alcoholic extracts of red chicory, red turnip, bilberry, blue silica gel crystals, and (b) from left to right: alcoholic extracts of red chicory, red turnip, bilberry, pink silica gel crystals.

Section 3 - Question C

For this section 4 hours class time are required. For each analyzed cat litter, students are asked to organize a schedule containing information on the chemical composition and its composting procedure.

- Phase I: Some silica gel litters are described as products suitable for the compost. In order to verify the exactness of this information, the teacher assigns homework based on reading a document about the composting process (17).

- Phase II: The students are asked to plan laboratory experiences based on information acquired. Then, all planned experiences are merged in a single collective experimental proposal.
- Phase III: The students plan the structure of a hypothetical schedule for any litter, exactly specifying its chemical composition and describing the way of composting in a concise and understandable form.

Section 4 - Question D

For this section 6 hours class time are required. The students are asked to search information on a scientific issue and compare different research reports.

- Phase I: Two research reports (18, 19) (previously simplified by the teacher) about possible cat litters dangers caused by particulate matter emission (20) are given to the students.
- Phase II: Analyzing each case study, the students acquire knowledge about particulate matter characteristics, origin and possible health dangerous effects.
- Phase III: The students list the main differences between the two research reports and choose which appears more reliable.

Final results

Questions about:	% right answers (green: classes D, F - orange: classes B, E)
	10 20 30 40 50 60 70 80 90
1. Basic and derived measure units	
2. Errors and uncertainty	
3. Homogeneous and heterogeneous materials	
4. Physical and chemical transformations	
5. Solutions' properties	
6. Concentration units	
7. Solid-liquid extraction	
8. Chromatography	
9. Macroscopic metal properties	
10. Borax bead test	

Table 3. Final test results.

The same assessment materials have been submitted to the four classes in order to compare the outcomes and verify the efficacy of the approach: the outcomes of the group working on the project are considerably higher than the outcomes of the control group, concerning either the final test on some chemistry contents (Table 3) or the five common in-class assignments (Figure 7). The final test on some chemistry contents showed that the outcomes of the classes working on the project were considerably higher than those of the control group. Besides, working group better results are substantially caused by the improvement of the students characterized by very disadvantaged starting conditions, as shown by the entrance test results. Language, critical thinking, problem solving and analysis skills development of the students involved in the project was also assessed by the evaluation of worksheets filled during all the school years.

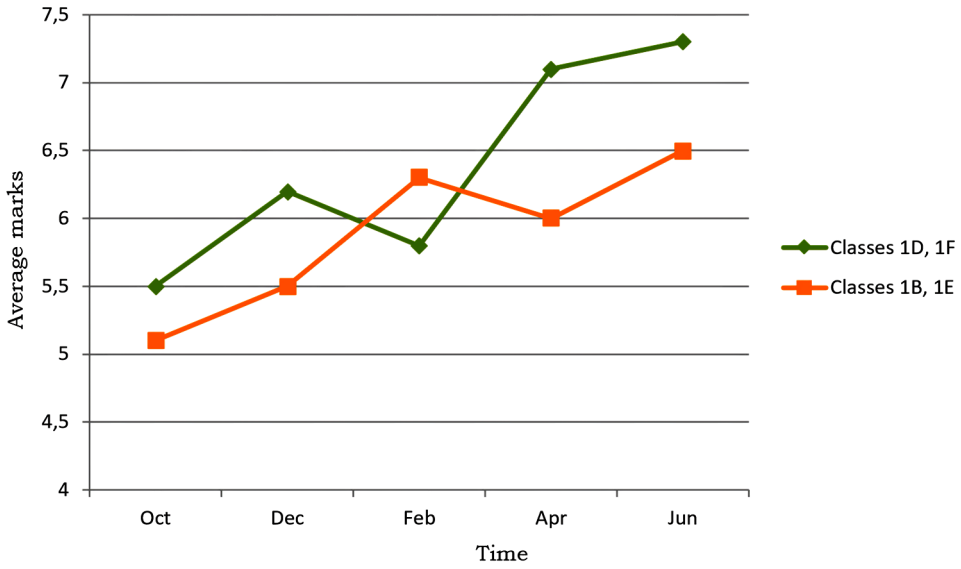


Figure 7. In-class assignment results.

Students' feedback

The students were asked to express their opinion about different aspects of the chemistry teaching and their considerations upon the experience. They appreciated the activities proposed, in particular the laboratory work. The teacher submitted to the students some questions about three aspects:

i. Teacher's efficacy in supporting students / Clarity of the provided materials.
ii. Organization of the groups' activities, in particular laboratory experiences.
iii. Subject's appeal.

First point (i). The most part of students considered the study materials understandable, only few students expressed a certain difficulty. This positive datum is partially influenced by the continuous assistance from the teacher: generally, the students didn't consider the first impact with the texts to be analyzed, but its comprehension after the teacher's support was fully provided. Also, the teacher observed that the less skilled students have been helped by the more competent ones, as expressed by a student: "I don't like reading, but the subject was amusing at first, then it became more and more interesting, so I was encouraged to work. Also, sharing difficulties with my fellows and communicating with the teacher helped me a lot".

A student expressed: "Chemistry is not so boring as I've been thinking for a long time: we can use many daily life products to understand it. Our teacher raised enthusiasm in us, especially when we discovered that the company very probably lies on dye's chemical composition". Another student seemed fully satisfied "Finally I can manage with relative and absolute errors, or with the procedure to calculate the error related to a quantity (such as density) obtained by the division of two other quantities. It was funny to understand all that stuff by experiments on a cat litter!".

Second point (ii). All the students considered interesting and well organized the experimental activities. Nevertheless, the laboratory reports were often incorrect, especially for the calculus of the density and its error, whereas the qualitative observations were more satisfactory. The frequent non-attendance of some students compromised part of the regular course of the activities carried out by groups of students: "When a fellow is absent from school is hard for us to explain what we have done; however, the experiments were interesting, so many of us were happy to be at school during the lab activities: we tried to attend as much as possible".

The chromatography was considered the "better experiment"; a student affirmed: "I liked the chromatography experiment: although we have not discovered the nature of the dye, we were able to exclude a hypothesis".

Third point (iii). At the beginning the subject caused students' hilarity; in a second time the topics involved was becoming more and more intriguing, as demonstrated by the opinion: "When the teacher asked us to study samples of different cat litters, I started to laugh. I thought it was a not suitable material for schoolwork. But now I know that I can learn a lot from everything: each object hides secrets". The students were interested and generally satisfied by the product's choice: "I couldn't imagine that a banal cat litter was a so complicated matter! We can truly learn starting from commonly used objects". Other students expressed the following considerations: "Even if I'm not good at writing, I was motivated in doing it, when the teacher asked us to send an information request to the manufacturers of silica gel litters. I was pleased to find a practical use of the writing" and "I was very interested towards chemistry lessons, strictly connected

with the everyday life".

The opinions about the producing companies gave rise to many reactions. Contradictions and omissions from the companies impressed many students: "They stated by e-mail that colored granules have an aesthetic function only. So, why did they write on the package their function is antibacterial? Aren't they afraid of the consequences?" and "Why did they answer the dye is authorized by the European Union without specifying its chemical composition? Why are silica gel litters produced in China? Answering all these questions need a lot of time in gathering information. I realized that any product we use brings with it very complex issues".

Conclusions

We have designed a novel didactic activity centered on the study of cat litter, a largely available and safe commercial product existing in a variety of types. To answer in a definite and complete way the complex questions posed is of course not possible, especially in a school laboratory. Anyway, the main expected outcome was related to the inquiry students' skills development in order to formulate a more mature vision of chemistry and its relationships with everyday life, global problems and ethical issues.

The results of this education project indicate the teaching method effectiveness in comparison with the traditional way. These results further confirm the importance of a stimulating educational context, in which students are strongly encouraged to think and learn actively. Such a context can be realized by a constant attention to the role of chemistry in a larger context, to encourage students' interest and involvement. So, to achieve good results, a successful strategy is starting from everyday life products in order to learn chemistry concepts and laboratory practices.

Acknowledgement

University of Camerino and Technical High School "Galilei-Sani" are gratefully acknowledged.

References

1. Linee guida istituti tecnici, article n. 8, Decree from the President of the Italian Republic, March 15, 2010.
2. G. Michelon, M. A. Carrozza, S. Rodato, S. Zanetti, F. Dal Fiore, A. Brunetta, A. Ceron, E. De Menech, E. Moncada, C. Balducci, M. Casale, L. Strozzi, M. Bioses, E. Apolloni, C. Nogara, M. Scandola, M. Martini, *Tirocinio e Ricerca nell'indirizzo scienze naturali della SSIS Veneto: Biotecnologie in*

comunicazione, Pensa MultiMedia: Lecce, 2004.
3. R. Marks, I. Eilks, Promoting scientific literacy using a sociocritical and problem-oriented approach to Chemistry teaching: Concept, examples, experiences. *International Journal of Environmental & Science Education - Special issue on scientific literacy*, 4 (3), 231-245, 2009.
4. S. Wolfram, *Measuring socio-economic background of students and its effect on achievement on PISA 2000 and PISA 2003*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association in San Francisco, CA. April 7-11, 2005.
5. K. O. Oloruntegbe, Ecocultural factors in students' ability to relate science concepts learned at school and experienced at home: Implications for Chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 88 (3), 266-271, 2011.
6. T. Celestino, F. Marchetti, The Chemistry of cat litter: Activities for high school students to evaluate a commercial product's properties and claims using the tools of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 92 (8), 1359-1363, 2015.
7. A. Yarnell, Kitty litter - Clay, silica, and plant-derived alternatives compete to keep your cat's box clean. *Chemical & Engineering News*, 82, 26, 2004.
8. California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment – Safe drinking water and toxic enforcement act of 1986, *Chemical known to the state to cause cancer or reproductive toxicity*, December 20, 2013.
9. J. Kessler, P. Galvan, A. M. Boyd, *Middle school Chemistry – Big ideas about the very small*, American Chemical Society: Washington, DC, 2011. See http://www.middleschoolchemistry.com/download (accessed Apr 2015).
10. F. Bagatti, E. Corradi, A. Desco, *A tutta chimica*, Zanichelli: Bologna, 2011.
11. T. Celestino, Ethical issues in Chemical education. Evaluating daily life products. In *Conference proceedings. New perspectives in science education* (pp. 41-45). Pixel Associazione Culturale; Libreriauniversitaria.it: Padova, 2014.
12. On-line resource by Public Technical Institute of Chiavari (Italy), *I saggi alla fiamma*. See http://www.itchiavari.org/chimica/lab/saggif.html (accessed Apr 2015).
13. On-line resource by Public Technical Institute of Chiavari (Italy), *Saggi alla perla*. See http://www.itchiavari.org/chimica/lab/saperla.html (accessed Apr 2015).
14. F. Bagatti, E. Corradi, A. Desco, *Scopriamo la chimica*, Zanichelli: Bologna, 2011. Students' worksheet available at http://online.scuola.zanichelli.it/scopriamolachimica-files/Laboratorio/Zanichelli_Bagatti_Scopriamo_Cap07_L_Miscibilita.pdf (accessed Apr 2015).
15. K. Andreoli, F. Calascibetta, L. Campanella, G. Favero, F. Occhionero, La chimica in un albero – Percorsi didattici basati sulla chimica delle sostanze di

origine vegetale. *La Chimica nella Scuola*, 2, 40-43, 2000. Laboratory experience at *www.reocities.com/CollegePark/2716/schede/Esp_1.doc* (accessed Apr 2015).
16. A. Castañeda-Ovando, M. de Lourdes Pacheco-Hernández, M. E. Páez-Hernández, J. A. Rodríguez, C. A. Galán-Vidal, Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113 (4), 859-871, 2009.
17. L. Chen, M. E. de Haro Marti, A. Moore, C. Falen, *The composting process*, University of Idaho, June 2011. See http://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/CIS/CIS1179.pdf (accessed April 2015).
18. K. E. Noone, P. L. Borchelt, C. C. Rice, C. Bressler, J. Morales, J. J. Lee, Detection of silica. Particles in lung wash fluid from cats with and without respiratory disease. *Journal of the American Holistic Veterinary Medical Association*, 20 (3), 13-15, 2001.
19. California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment, *Supporting Materials for a Safe Use Determination for Crystalline Silica in Sorptive Mineral-Based Pet Litter*, May 20, 1999.
20. United States Environmental Protection Agency, *Particulate Matter Research*, February 04, 2013. See http://www.epa.gov/airscience/air-particulatematter.htm (accessed Apr 2015).

Capitolo 48

Ejemplos para el aprendizaje de la química basado en la indagación con aspectos de la vida cotidiana

Gabriel Pinto
E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid
e-mail: gabriel.pinto@upm.es

Abstract

This paper highlights the importance of incorporating aspects of daily life in teaching chemistry in the different educative levels. Various educational tools (problems, experiments, questions, etc.) developed by the author are summarized. These tools include topics such as the cooling of water in a porous earthenware pitcher; the use of exothermic processes in "self-heating" beverages; the stoichiometry of medicaments, mineral waters and other commercially available products; the influence of the temperature in the kinetics of the osmotic hydration of legumes soaked in water; or the thermochemistry of domestic boilers, among others. The main goals are to promote students and teachers motivation, to facilitate the use of innovative educative tools (especially for problem and inquiry based learning), to encourage critical thinking and to cooperate in the civic education of students.

1. Introducción: la vida cotidiana en la enseñanza de química

Como se pone de manifiesto frecuentemente en reuniones, eventos y distintos foros, muchos profesores piensan que la incorporación de aspectos de la vida cotidiana a lo explicado en la clase de química no es tarea sencilla y no aprecian que pueda redundar de forma clara en una mejora de los resultados de aprendizaje de los alumnos. Sin embargo, el autor de este trabajo está firmemente convencido de que esta contextualización puede permitir afrontar algunos de los retos que plantea la innovación educativa contemporánea, redundando en importantes mejoras en la didáctica de la química. Por ello, en los últimos años, ha diseñado propuestas didácticas (problemas numéricos, cuestiones, experimentos, analogías,

cuestiones, etc.) relacionadas con variados aspectos de la vida cotidiana, como se detalla en distintas publicaciones. Aquí se resumen algunas, para facilitar la búsqueda de la herramienta adecuada a sus necesidades, por parte de otros docentes, y para que pueda servir de inspiración para preparar otras. Se detalla la publicación donde se describe cada actividad, para permitir una información con mayor detalle para el lector interesado. Al final se ofrece un breve apartado con conclusiones y reflexiones.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con el conjunto de las herramientas son: favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje, promover la motivación (de alumnos y de profesores) y el aprendizaje activo, facilitar el empleo de herramientas educativas innovadoras (especialmente para el aprendizaje basado en problemas y en la indagación), favorecer el pensamiento crítico, promover la interdisciplinariedad, facilitar la formación en ciertas competencias transversales y colaborar en la formación ciudadana.

2. Problemas y ejercicios sobre aspectos de la vida cotidiana

Se resumen algunos problemas numéricos y ejercicios elaborados por el autor, donde se analizan diversos aspectos de la vida cotidiana.

- Uso de compuestos de cloro como desinfectantes de agua para usos específicos (1). Se tratan aspectos como desinfección y potabilización del agua, cálculo de cargas formales y números de oxidación, resonancia, y química de los cloroisocianuratos.
- Estequiometría de medicamentos a partir de la información aportada por los fabricantes (2, 3). Se sugieren una serie de preguntas a los alumnos para que discutan aspectos como cálculos estequiométricos, formulación, química y salud, hidratación de sales, compuestos de calcio, compuestos de hierro, cálculo de órdenes de enlace y aproximaciones numéricas.
- Estequiometría de fertilizantes. Se resalta la importancia de los fertilizantes y se sugieren cálculos estequiométricos sobre estos compuestos, cuyo uso es bien conocido (4).
- Composición de aguas minerales a partir de la información de sus etiquetas. Se discute sobre la composición del agua mineral, análisis químico, descomposición térmica de bicarbonatos, dureza del agua, y empleo adecuado de cifras significativas (5).
- Emisión de dióxido de carbono por automóviles, en función del consume de combustible. A partir de datos obtenidos por los alumnos en anuncios de periódico o en páginas web sobre automóviles, se les proponen problemas en

los que trabajan con cálculos estequiométricos y aspectos como emisión de dióxido de carbono, combustión, diferencias entre gasolina y gasóleo, densidad de líquidos y representaciones gráficas (6). En la figura 1 se muestra una gráfica típica que los alumnos deben elaborar e interpretar. Como en muchos de los ejemplos propuestos, los alumnos trabajan con datos de diferentes automóviles, pero las conclusiones deben ser análogas para todos.

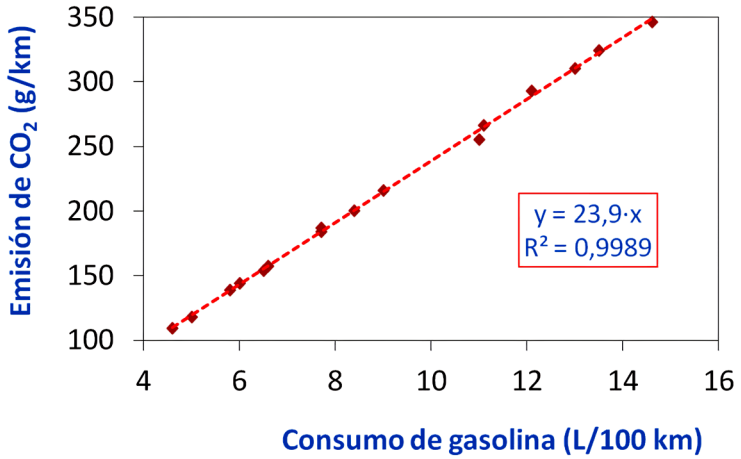


Figura 1. Relación entre emisión de CO_2 y consumo de gasolina en automóviles (datos obtenidos de la información aportada por fabricantes).

- Reducción de la emisión de dióxido de carbono por el uso de células solares. Se propone un ejemplo que promueve cálculos estequiométricos en combustión, fuentes de energía y uso adecuado de unidades, a partir de la información aportada en paneles informativos (7).
- Productos fluorados para el cuidado dental. A través de la información dada por los fabricantes en los envases de dentífricos y en distintas páginas web, se trabaja sobre compuestos empleados en esos productos y en el agua potable para el cuidado dental, cálculos estequiométricos, formulación, química y salud, información química para el público,resonancia, aproximaciones numéricas, cálculo de órdenes de enlace, y determinación de números de oxidación y de cargas formale (8).
- Uso de calderas domésticas de condensación. Se proponen cuestiones para que los alumnos indaguen sobre aspectos relacionados con las calderas de condensación (producen agua líquida en vez de vapor). Los objetivos son: favorecer el aprendizaje de conceptos (termoquímica, combustión, composición del gas natural …); promover la motivación de alumnos y profesores; fomentar enfoques ciencia-tecnología-sociedad; y colaborar en la formación de competencias (indagación, resolución de problemas, análisis de datos, trabajo

en equipo …). Se promueve el pensamiento crítico y la formación en "química del consumidor", tratando aspectos como los motivos de la ayuda pública para la instalación de estas calderas y el empleo de la factura del gas como fuente de información (9).

- Algunos de los trabajos sobre estequiometría resumidos en los anteriores párrafos se recapitularon, con nuevos ejemplos, en una reciente publicación (10).

3. Casos y cuestiones sobre aspectos de la vida cotidiana

En este apartado se resumen una serie de casos y cuestiones que el autor ha elaborado para que los alumnos discutan algunos aspectos relacionados con diferentes ámbitos de la vida cotidiana.

- Noticias de prensa. Se trabaja con implicaciones del tipo ciencia-tecnología-sociedad, imagen social de la ciencia y análisis de errores sobre conceptos científicos

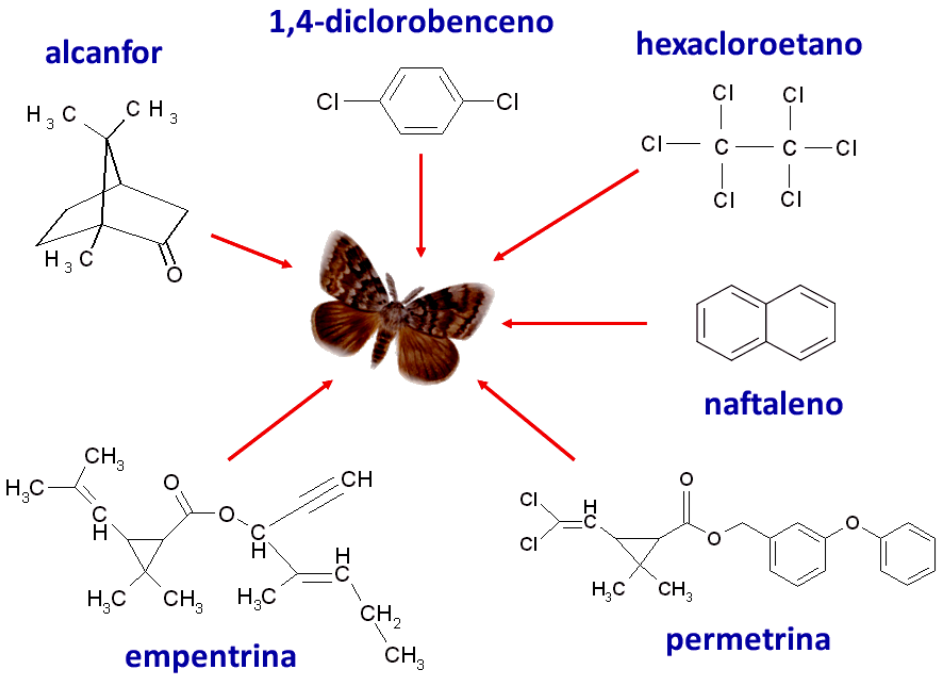


Figura 2. Ejemplos de sustancias empleadas como antipolilla.

- Sustancias antipolillas. Se propone a los alumnos que indaguen sobre la composición de los productos antipolilla comerciales, pero también sobre el

proceso de sublimación, la presión de vapor de sólidos y la relación entre estructura molecular, enlace químico y propiedades de las sustancias, así como sobre características biológicas de los lepidópteros y protección de materiales textiles (12). La figura 2 ilustra las fórmulas de algunas sustancias utilizadas en estos productos.

- Análisis de sellos con contenido científico. Mediante el análisis de unos sellos concretos, se sugieren preguntas que incluyen aspectos como antecedentes y estructura del sistema periódico, eka-elementos de Mendeleev, química y arte, historia de la química, configuración electrónica, etc. (13, 14).
- Formación accidental de cloruro amónico en el laboratorio. Se tratan aspectos como teoría cinético-molecular de los gases, efusión de gases (ley de Graham), cálculo de la velocidad cuadrática media de partículas en gas y seguridad en el laboratorio químico (15).
- El Atomium de Bruselas como punto de partida para discutir aspectos introductorios de química de materiales. Se introducen aspectos de arte e historia, así como cálculos y cuestiones sobre empaquetamientos cristalinos, cálculos con celdillas cristalinas, estructura cristalina de los metales, etc., basado todo ello en una serie de cuestiones planteadas en torno a este monumento ampliamente conocido a nivel mundial (16).

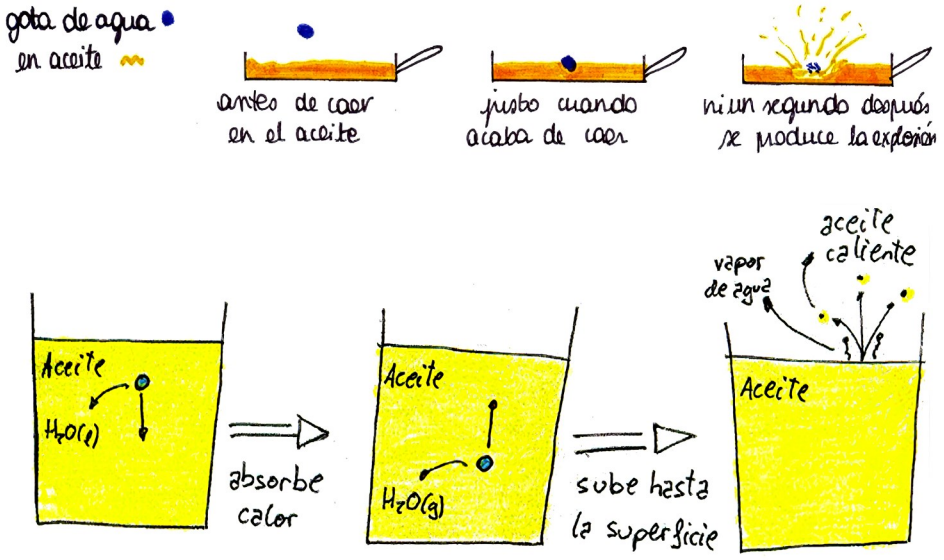


Figura 3. Ejemplos de ilustraciones de los alumnos sobre el efecto de añadir una gota de agua sobre aceite caliente.

- Razones por las que el agua "salta" sobre aceite caliente y no al revés. Los alumnos deben discutir sobre aspectos relacionados con la densidad de líquidos,

composición de aceites, temperatura de ebullición, polaridad, miscibilidad, temperaturas características de aceites (punto de humo y punto de ignición) y forma de afrontar un incendio de aceite (17). En la figura 3 se muestra cómo distintos grupos de alumnos explican la cuestión. Este tipo de observaciones permite detectar cómo razonan los alumnos sobre conceptos científicos.

4. Estudios experimentales sobre aspectos de la vida cotidiana

Se recogen en esta sección algunos desarrollos experimentales que el autor ha diseñado para realizar con sus alumnos.

- Enfriamiento del agua contenido en recipientes de cerámica porosa (18). Con medidas experimentales de temperatura y masa, se establecieron las ecuaciones que cuantifican la transferencia de materia (por evaporación) y de calor para el agua contenida en los recipientes conocidos como botijos. Si bien estas ecuaciones son adecuadas para alumnos de cursos avanzados de carreras científicas y tecnológicas, los razonamientos básicos son de utilidad para trabajar con alumnos de niveles previos, sobre aspectos termodinámicos, pero también sobre otros como climatología, tipos de cerámica, etc.
- Calentamiento y enfriamiento de bebidas por procesos químicos. Se trabajan aspectos como calor de disolución, energía de reacción, medida de temperatura, cálculos térmicos, diseño de dispositivos, búsqueda de datos, y estequiometría, todo ello en relación a envases de bebidas y alimentos conocidos como "autocalentables" (19, 20).

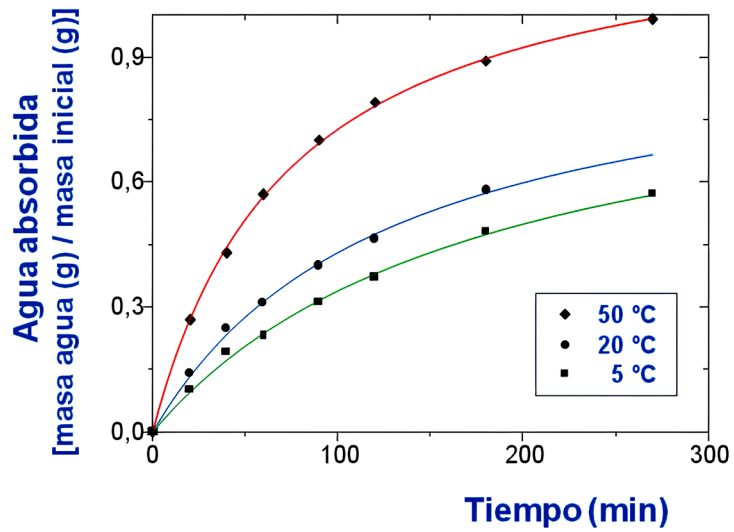


Figura 4. Variación de masa en garbanzos sumergidos en agua.

- Variación de la velocidad de hidratación de legumbres con la temperatura y la concentración salina. Los alumnos estudian cuantitativamente este fenómeno, para lo que tienen que practicar aspectos como medida de masa, representación gráfica de datos, cálculo de pendientes de rectas y cálculo de energía de activación. Además, se razona sobre aspectos como ósmosis y difusión de líquidos a través de membranas (21). En la figura 4 se muestran resultados típicos obtenidos por alumnos.
- Efecto de la temperatura en la velocidad de disolución de comprimidos efervescentes. Se estudian el fenómeno de efervescencia, la influencia de la temperatura en la velocidad de disolución y de reacción, y el cálculo de energía de activación (22).

5. Conclusiones

Casi todos los trabajos aquí expuestos (muchos de ellos recogidos en una dirección web (23)) se han llevado a cabo con alumnos universitarios de primer curso de ingenierías, si bien son fácilmente adaptables a otros entornos y niveles educativos. Se ha observado que este tipo de herramientas que implican aspectos de la vida cotidiana son bien recibidas por los alumnos, al constatar que la química es más tangible que lo que muchos de ellos pueden pensar a priori. Obviamente, no existe la panacea educativa y siempre hay alumnos cuyo interés tampoco se despierta con estos recursos. Para alumnos aventajados supone un reto adicional, porque muchas de las propuestas abren a su vez, a medida que se van solucionando, nuevos interrogantes.

Unos casos se han trabajado de forma individual por los alumnos y otros han sido realizados de forma grupal. Sirven así como recursos para fomentar competencias de trabajo en equipo y otras (investigación, uso correcto de unidades, expresión oral y escrita, creatividad, interdisciplinariedad, etc.). También cabe destacar que el desarrollo de estas herramientas supone un reto para el profesor: además de elegir un tema de estudio, se plantean cuestiones y formas de abordarlo que no son elementales en muchos casos y requieren esfuerzo y dedicación. En todo caso, aparte de divulgar lo realizado en los últimos años, se anima a otros colegas a buscar y difundir herramientas de este tipo que permitirán, con seguridad, mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química en los distintos niveles educativos.

Referencias

Casi todos los trabajos aquí expuestos (muchos de ellos recogidos en una dirección web

1. G. Pinto, B. Rohrig, Use of chloroisocyanurates for disinfection of water. *Journal of Chemical Education*, 80 (1), 41-44, 2003.
2. G. Pinto, Determination of the degree of hydration of iron(II) sulphate in a medicine. *Education in Chemistry*, 40 (1), 11, 2003.
3. G. Pinto, Stoichiometry of calcium medicines. *Journal of Chemical Education*, 82 (10), 1509-1512, 2005.
4. G. Pinto, Stoichiometric problems in context. *Education in Chemistry*, 42, 108-109, 2005.
5. G. Pinto, M. T. Oliver-Hoyo, What is in your bottled water? Look at the label! *The Chemical Educator*, 13, 341-343, 2008.
6. M. T. Oliver-Hoyo, G. Pinto, Using the relationship between vehicle fuel consumption and CO_2 emissions to illustrate chemical principles. *Journal of Chemical Education*, 85 (2), 218-220, 2008.
7. G. Pinto, Determining the CO_2 emissions averted by the use of solar power. *Journal of Chemical Education*, 86 (9), 1033, 2009.
8. G. Pinto, Fluorine compounds and dental health: applications of general chemistry topics. *Journal of Chemical Education*, 86 (2), 185-187, 2009.
9. G. Pinto, Introducción a la termoquímica de las calderas domésticas de condensación: un caso de aprendizaje contextualizado por indagación dirigida. *Educació Química, en prensa,* 2009.
10. G. Pinto, M. L. Prolongo, Stoichiometry in context: Inquiry-guided problems of Chemistry for encouraging critical thinking in engineering students. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 3 (1), 24-28, 2013.
11. G. Pinto, Análisis de noticias de actualidad para favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química. *Anales de Química*, 100 (4), 42-44, 2004.
12. G. Pinto, Chemistry of moth repellents. *Journal of Chemical Education*, 82 (9), 1321-1324, 2005.
13. G. Pinto, A postage stamp about the periodic table. *Journal of Chemical Education*, 84 (12), 1919, 2007.
14. G. Pinto, A postage stamp honoring Marie Curie: an opportunity to connect chemistry and history. *Journal of Chemical Education*, 88 (6), 687-689, 2011.
15. G. Pinto, Making experimental connections. *Education in Chemistry*, 40, 80-81, 2003.
16. G. Pinto, An example of body-centered cubic crystal structure: The Atomium in Brussels as an educative tool for introductory materials chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89 (7), 921-924, 2012.
17. G. Pinto, C. V. Gauthier, Spattering and crackle of hot cooking oil with water. *Journal of Chemical Education*, 86 (11), 1281-1285, 2009.
18. G. Pinto, Enfriamiento del agua contenida en un botijo, 2011. http://quim.iqi.etsii.upm.es/vidacotidiana/botijo.htm

19. M. T. Oliver-Hoyo, G. Pinto, J. A. Llorens-Molina, The Chemistry of self-heating food products. *Journal of Chemical Education*, 86 (11), 1277-1280, 2009.
20. M. L. Prolongo, G. Pinto, Las bebidas autocalentables y autoenfriables como recursos para un aprendizaje active. *Educació Química*, 7, 4-14, 2010.
21. G. Pinto, A. Esin, Kinetics of the osmotic hydration of chickpeas. *Journal of Chemical Education*, 81 (4), 532-536, 2004.
22. G. Pinto, Experimenting with a fizzy tablet. *Education in Chemistry*, 37, 71, 2000.
23. Didáctica de la química y vida cotidiana. http://quim.iqi.etsii.upm.es/vidacotidiana/Inicio.htm

Capitolo 49

Insegnamento delle scienze ed educazione alla pace. Un'esperienza di cooperazione didattica tra Italia e Bosnia Erzegovina

Marco Falasca[1], Lejla Tuzlak[2], Uma Avdukić[3]
[1]Autore e formatore INDIRE, Torino; [2]RE.TE ONG, Sarajevo, BiH; [3]Liceo della città di Breza, BiH
e-mail: [1]marco.fala@libero.it; [2]lejlatuzlak1973@gmail.com; [3]umadinar@hotmail.com

L'iniziativa è stata realizzata con il sostegno della Chiesa Valdese e con l'azione congiunta di: Italia: ONG per la Cooperazione internazionale RE.TE – Torino-Italia; Bosnia ed Erzegovina: Ministero dell'Educazione, Scienze, Cultura e Sport del Cantone di Zenica

Introduzione

Nel pieno della crisi, sia economica che di valori, dell'attuale mondo globalizzato, la transizione post-bellica della vicina Bosnia-Erzegovina sembra essersi bloccata. Si avverte distintamente una notevole tensione intercomunitaria e un affievolirsi del processo di integrazione verso l'Europa. È necessario quindi un rinnovato e forte impegno europeo nel campo economico e dei servizi, ma anche (forse soprattutto) nell'ambito educativo e formativo. In questo senso il progetto didattico degli anni 2013-2014, che ha portato tutte le scuole di Breza (città con 15.000 abitanti) a praticare l'educazione scientifica con modalità laboratoriali e in Cooperative Learning, è di grande interesse, sia per la capacità di contrastare le tendenze individualistiche e i conflitti, sia per l'innovazione dell'insegnamento scientifico in verticale, avviato fin dalla scuola primaria.

Noi autori del presente contributo abbiamo gestito l'iniziativa con modalità partecipative, coinvolgendo i docenti in corsi di formazione e gli studenti in lezioni e dimostrazioni - in compresenza con gli insegnanti di classe - basate su problem solving sperimentali, investigazioni, cooperative learning. È importante sottolineare che abbiamo lavorato sempre nel laboratorio scientifico di Breza, che è condiviso dalle quattro scuole della città. Tale laboratorio era stato costruito e attrezzato, nell'ambito della ricostruzione del dopoguerra, dalla cooperazione

internazionale, condotta dalla stessa ONG RE.TE con il contributo del Ministero degli Esteri italiano.

Presentazione delle attività

Abbiamo avviato e sviluppato le attività tra marzo 2013 e aprile 2014. Tuttora l'esperienza continua, autonomamente. L'aspetto importante del modello didattico sperimentato a Breza, è che il laboratorio e le sue attività scientifiche verticali sono gestiti cooperativamente dalle quattro scuole della città, con il supporto organizzativo di una docente coordinatrice. In questo modo i docenti dei vari ordini sono indotti a discutere, a confrontarsi, e a costruire, nei fatti, un curricolo verticale sia nei contenuti che nelle metodologie. La teoria dell'apprendimento che abbiamo seguito è quella di Vygotskij, secondo la quale i concetti scientifici vanno costruiti progressivamente, attraverso diversi livelli, in una dimensione sociale. L'insegnamento, in una scuola dove i docenti si confrontano dalle primarie al liceo, sostiene gli allievi nei passaggi delle concettualizzazioni in livelli via vai più elevati di generalizzazione e astrazione.

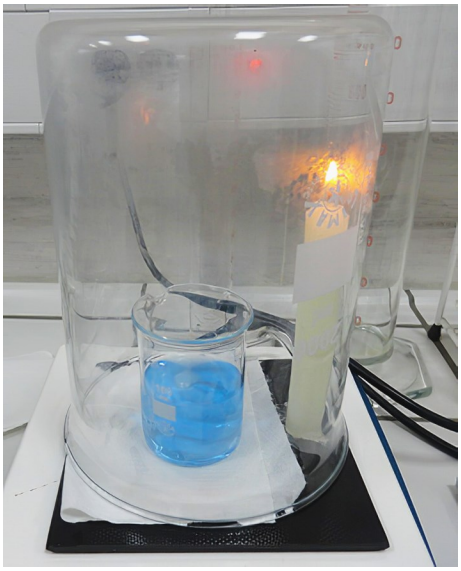


Figura 1. Come spieghiamo le trasformazioni che si osservano: spegnimento candela, cambiamento di colore, goccioline che si formano sulla parete interna del becher? Breza, marzo 2013.

Marzo 2013: abbiamo realizzato molti incontri di aggiornamento per gli insegnanti di ogni ordine, focalizzati sull'approccio, in apprendimento cooperativo, del problem solving e dell'investigazione con l'uso di materiali "poveri". Siamo partiti sempre dal macroscopico, per arrivare al particellare prima

e successivamente al livello simbolico. A seguire mostriamo un'immagine esemplificativa di una investigazione proposta agli insegnanti di scuola media e superiore. È la combustione di una candela in sistema chiuso, con cambiamento di colore dell'indicatore timolftaleina, che coinvolge molti concetti, fisici e chimici.

Figura 2. La partecipazione al "Sabato della Scienza" 16 -03- 2013 è stata eccezionale.

Figura 3. Il 'Sabato della scienza' è stato organizzato con un passaparola tra i cittadini di Breza. (16 marzo 2013).

Un'idea interessante, per coinvolgere i giovani di Breza e per dimostrare la bellezza della pratica scientifica, è stata l'organizzazione di una giornata di dimostrazioni spettacolari, aperta a tutta la cittadinanza: "Il sabato della scienza". La presenza dei ragazzi, dei bambini con i genitori, è stata eccezionale, e l'entusiasmo altissimo. Abbiamo presentato esperimenti ideati nell'ambito del progetto italiano "Parole della Scienza" e del Progetto europeo *PROFILES*. I concetti chiave, introdotti con l'utilizzo di materiali "poveri" ma di grande impatto emotivo, sono stati: densità, pressione, combustione.

Figura 4. Il libro *Rieci Nauke* realizzato e usato nell'attività del laboratorio di Breza.

Tra marzo e settembre 2013 le attività sono proseguite in loco utilizzando i percorsi del libro *Rieci Nauke* (Parole della Scienza). Tale libretto, che presenta molti problem solving sperimentali provati e validati sia in Italia che in Bosnia, rivolti all'insegnamento delle scienze per allievi da sei a quindici anni, è stato curato da Marco Falasca e Selma Lakicevic, e ha avuto un'eccellente prefazione della Direttrice Pedagogica del Ministero Bosniaco.

A ottobre 2013 abbiamo presentato la seconda edizione dello spettacolare "Sabato della Scienza" (5 ottobre). Mentre stavamo eseguendo gli esperimenti, inaspettatamente è arrivato il Ministro dell'Educazione. Avendo partecipato a Convegni in Croazia, in cui si sottolineava che la Didattica dovrà essere sempre più focalizzata sulla centralità dello studente, con un insegnamento laboratoriale

costruttivista, ha dichiarato che il nostro progetto è una iniziativa pilota in questa direzione.

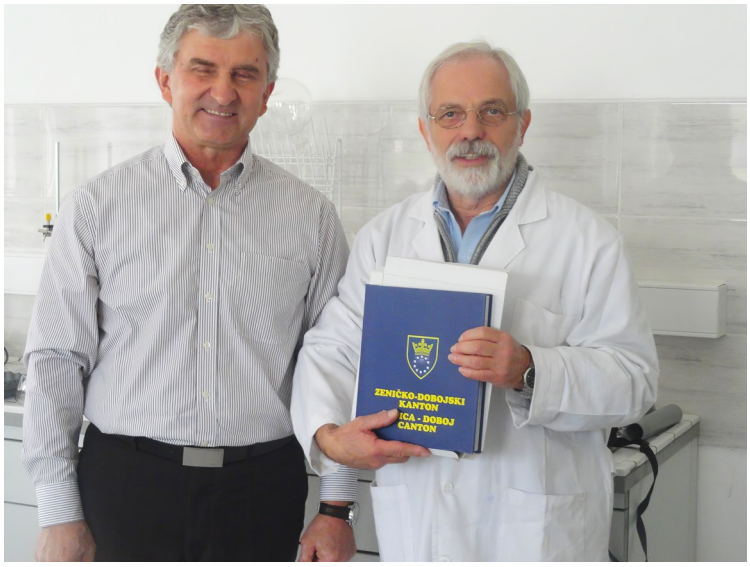


Figura 5. Il ministro dell'Educazione di Zenica Mirko Trifunovic in visita al laboratorio durante le attività didattiche (5 ottobre 2013).

Figura 6. Formazione delle maestre, alla cui conclusione è stato consegnato un attestato del Ministero bosniaco da inserire nel curricolo individuale.

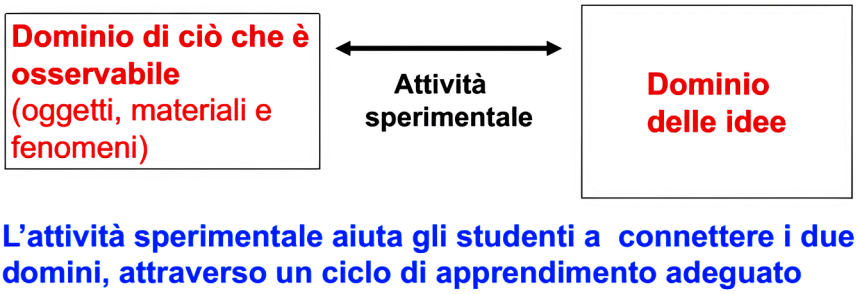
Tra ottobre e fine dicembre 2013 abbiamo lavorato su tre livelli: corsi di aggiornamento insegnanti, lezioni dimostrative con le classi in compresenza con i docenti, dimostrazioni spettacolari per “agganciare” gli allievi. Abbiamo effettuato dieci corsi di aggiornamento con i docenti: 4 con le elementari, 2 con le medie, 2 con le superiori, 2 incontri con insegnanti “storici” delle superiori per aspetti organizzativi.

Figura 7. Corso per le docenti della primaria: attività in apprendimento cooperativo.

Le attività di aggiornamento sono state condotte con la consapevolezza che nelle esperienze educative cresciamo e impariamo tutti insieme. Le lezioni laboratoriali devono mettere al centro “lo studente” e in questo senso gli approcci più efficaci sono i Problem solving e le investigazioni (inquiry) condotte in Cooperative Learning. I metodi attivi proposti sono coerenti con le indicazioni del Programma internazionale dell’OCSE PISA e con le Raccomandazioni dell’Unione Europea (del dicembre 2006). I diversi incontri di aggiornamento con i Docenti hanno focalizzato la didattica sulla connessione forte tra il dominio delle idee e quello dei fenomeni. Troppo spesso, infatti, nelle scienze si è sottovalutato il ruolo costruttivista degli esperimenti, facendoli diventare o delle ricette tipo “cucina" oppure dei momenti piacevoli ma non collegati con i concetti. In realtà i fenomeni naturali devono essere investigati con processi continui di domande: “Come ci spieghiamo che…?”, “Perché avviene…?”, “Come facciamo a sapere …?”. Tali domande, e le successive risposte gradualmente conquistate con l’investigazione, sono il cuore del processo suggerito dagli studi

internazionali sull'apprendimento.

Martin Wagenschein ha scritto: "*Ho capito che un fenomeno comprende sia ciò che vediamo ed osserviamo, che ci procura stupore e meraviglia, sia la riflessione e il pensiero su quanto visto e toccato. Così qualcosa di esterno* (*l'osservazione*) *e qualcosa dentro di noi* (*il pensiero e quindi la riflessione su quanto osservato*) *si mettono insieme e diventano quello che noi chiamiamo fenom*eno".

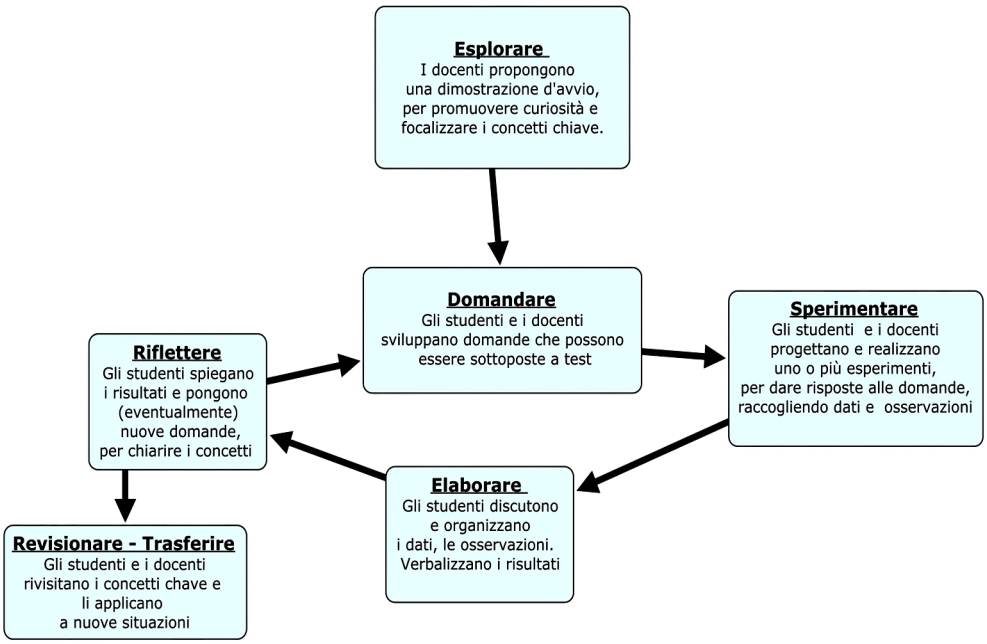


Esempio di attività d'investigazione sperimentale della scelta

Figura 8. Esperimento investigativo di un sistema acqua-olio-ghiaccio in interazione, proposto a classi di scuola primaria, in compresenza con i docenti.

Questo esempio è considerato applicabile a livello di scuola media/scuola superiore: Come *scopri che il materiale consegnato non è d'oro?* Ai gruppi di 3 – 4 studenti si consegnano un piccolo campione di un minerale di color oro (pirite), una bilancia digitale, un cilindro graduato da 100 mL, acqua e la Tavola Periodica. Gli allievi dovranno misurare la massa e il volume del minerale e poi calcolare la densità [d = massa (g) / volume (cm^3 o mL)]. Infine, la densità calcolata sarà confrontata con quella dell'oro, che si legge sulla Tavola Periodica.

I percorsi di aggiornamento e le lezioni con le classi hanno seguito i passaggi descritti dallo schema seguente:



Sono state svolte molte lezioni dimostrative con le classi: i docenti hanno assistito a dimostrazioni di percorsi problematici, in cui gli allievi sono stati sostenuti dal cooperative learning.

Nei mesi gennaio – marzo 2014, la prof.ssa Uma Avdukić ha tradotto e testato molte schede operative che erano state estrapolate da riviste scientifiche internazionali. Inoltre ha organizzato, per la didattica, un Sistema di video proiezione molto interessante, cominciando a proporre alle classi un breve Power Point introduttivo e poi la visione diretta al microscopio di preparati istologici e citologici.

I ragazzi, accompagnati via via anche dai loro docenti con una metodologia investigativa, hanno provato a costruire idee con il ciclo di apprendimento, anche in fisica ed elettrotecnica.

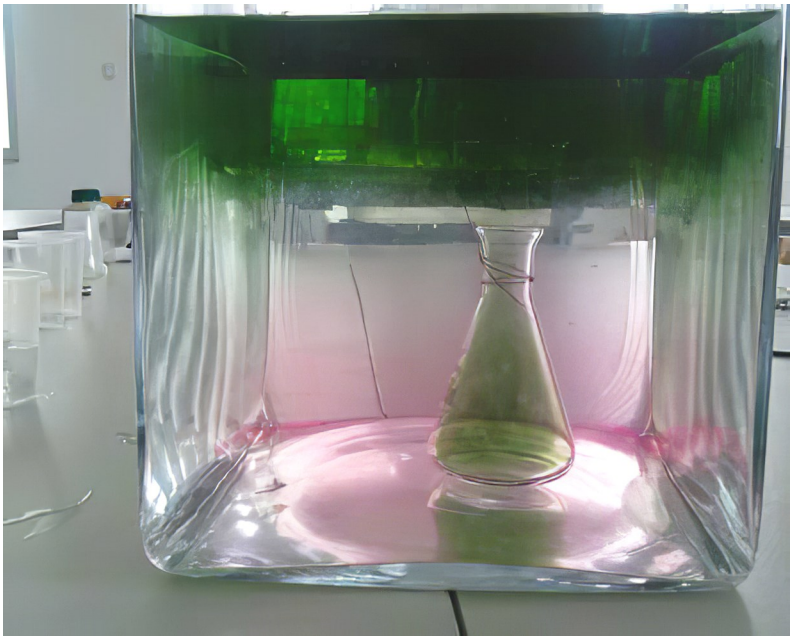


Figura 9. Esperimento investigativo su i moti convettivi, proposto a classi di scuola primaria, in compresenza con i docenti.

Figura 10. Esperimenti investigativi sulla combustione della candela, proposti a classi di ragazzi del Liceo di Breza (marzo 2013) con le modalità di Michael Faraday.

Figura 11. Le cellule si muovono? (allievi di quinta prinaria).

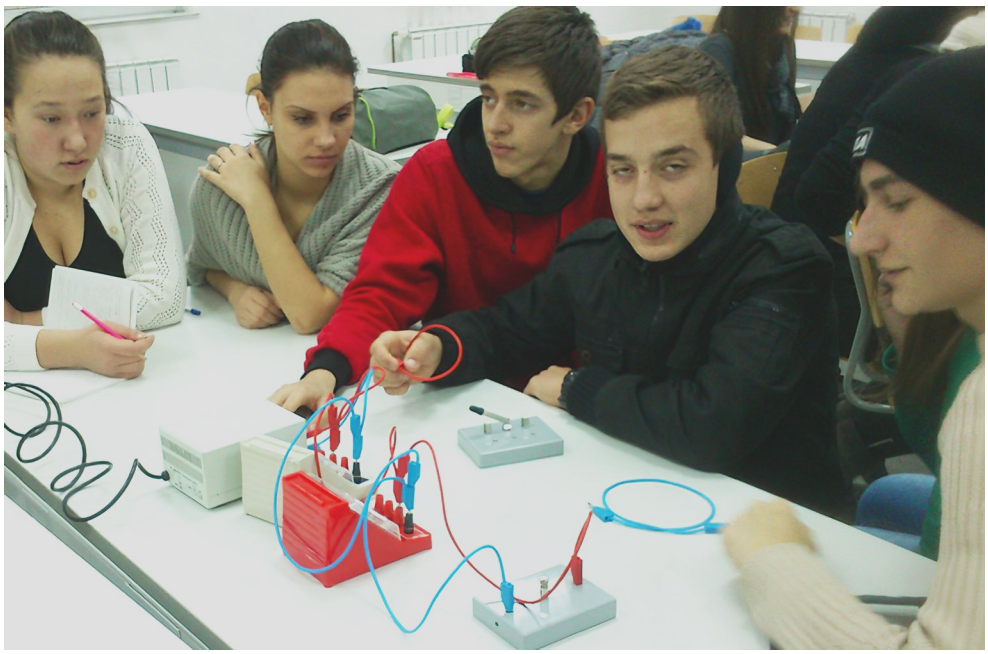


Figura 12. Alcuni studenti di una classe che fa attività sui circuiti elettrici. La loro prof.ssa cerca di far emergere le misconcezioni e di correggerle.

Caratteristiche del progetto e motivazione della scelta

La partecipazione attiva del Ministro di Zenica e della sua Direttrice Pedagogica, è stata accompagnata dal lento, graduale, sviluppo di nuove relazioni sociali tra i Direttori delle scuole di Breza, che hanno via via costituito un "Attivo dei Dirigenti" riconosciuto dai Docenti e dalle Istituzioni. Tale organismo si basa sui seguenti principi:

- è necessario che molti educatori, seppur con tempi necessariamente lunghi e momenti di arretramento, accettino la responsabilità di un lavoro che diventi comune e condiviso;
- l'apprendimento ha una forte connotazione sociale, e gli ambienti laboratoriali sono efficaci nel promuovere apprendimento scientifico e abilità sociali collaborative;
- la cooperazione viene incoraggiata man mano che si raggiungono buoni livelli di mutua comprensione;
- il processo comunitario offre ai bambini e ragazzi un'immagine positiva delle relazioni sociali, prospettando, a lungo termine, il rinforzo e la stabilità della convivenza di cittadinanza.

Si consideri infatti che il lavoro basato sulla collaborazione e sul confronto, oltre a favorire buoni percorsi nell'istruzione, facilita lo sviluppo di spazi di democrazia, in un Paese dove le differenze e le frizioni tra le diverse fazioni che furono contrapposte tra loro durante la guerra civile sono ancora sentite. Riportiamo alcune parole espresse dalla prof.ssa Uma Avdukić: "*Il primo mese del mio lavoro* (come coordinatrice del laboratorio ndr) *è stato molto difficile, direi un po' angosciante, in quanto si faceva la battaglia con un vecchio sistema di educazione basato sul docente al "centro" di tutto e si trattava di mettere al "centro" lo studente. Si trattava di 'rompere' la paura dei protagonisti del processo educativo, per poter raggiungere l'obiettivo*."

La conclusione di questo contributo sarà presentata con una serie di fotografie, che ben esemplificano la dimensione comunitaria raggiunta nelle attività. Poco prima, riteniamo opportuno riportare alcune riflessioni scritte da Lejla Tuzlaz: "*Trovarsi nella sala piena di ragazzi e di persone interessate a seguire lo spettacolo di* '*Magie delle Scienze*'*, con la cerimonia in onore della nostra iniziativa, ha prodotto una miscela di emozioni forti, con l'orgoglio per essere riusciti. Ci ha fatto dire:* "*Tutti noi siamo riusciti!*"*. Ha fatto sentire, soprattutto, un sentimento di speranza. Questo progetto merita la P maiuscola, in quanto è riuscito a cambiare un modo di pensare, a rompere i gusci di paura collegati alla cose nuove, innovative, che spesso ci bloccano*."

Figura 13. Spettacolo conclusivo “Magie delle Scienze” e saluto finale del 8 aprile 2014.

Bibliografia

1. F. Abd-El-Khalick, N. G. Lederman, Improving science teachers’ conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 665-701, 2000.
2. E. Callan, T. Grotzer, J. Kagan, R. E. Nisbett, D. N. Perkins, L. S. Shulman, *Education and a civil society: Teaching evidence-based decision making*. American Academy of Arts and Sciences: Cambridge, MA, 2009.
3. R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien (Eds.), *Children’s ideas in science*. Open University Press: Philadelphia, 1985.
4. R. Driver, J. Leach, R. Millar, P. Scott, *Young people’s images of science*. Open University Press: Buckingham, UK, 1996.
5. P. Freire, *Pedagogia dell’autonomia*. Edizioni Gruppo Abele: Torino, 2002.
6. T. A. Grotzer, *Causal patterns in ecosystems: Lessons to infuse into ecosystems units*. Project Zero, Harvard Graduate School of Education: Cambridge, MA, 2002.
7. T. A. Grotzer, Learning to understand the forms of causality implicit in scientific explanations. *Studies in Science Education*, 39 (1), 1-74, 2003.
8. T. A. Grotzer, Putting everyday science within reach: Addressing patterns of thinking that limit science learning. *Principal Leadership*, 17-21, October, 2004.
9. R. Hoffmann, V. Torrence, *Chemistry imagined: Reflections on science*. Smithsonian: Washington, DC, 1995.
10. Z. M. Lerman, Chemistry and chemical education as a bridge to peace. In M. Gupta-Bhowon, S. Jhaumeer-Laulloo H. L. Kam Wah, P. Ramasami (Eds.), *Chemistry education in the ICT age*. (pp 1-10). Springer: New York, 2009.

11. P. Lévy, *L'intelligenza collettiva. Per un'antropologia del cyberspazio*. Feltrinelli: Milano, 1999.
12. J. C. Stephens, M. E. Hernandez, M. Román, A. C. Graham, R. W. Scholz, Higher education as a change agent for sustainability in different cultures and contexts. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9 (3), 317 -338, 2008.
13. E. Wenger, *Comunità di pratica. Apprendimento, significato e identità*, Cortina Editore: Milano, 2006.

Capitolo 50

Progettare percorsi didattici IBSE (Inquiry-Based Science Education)

Franco Pirrami
Tirocinio Formativo Attivo, Università di Camerino
e-mail: franco.pirrami@unicam.it

Abstract

L'inquiry-based science education (IBSE) è un approccio didattico raccomandato dall'Unione Europea per l'insegnamento delle scienze sperimentali. Il suo utilizzo è strettamente legato allo sviluppo di competenze relative alla comprensione e all'utilizzo dei metodi della ricerca scientifica. L'esperienza insegna che i docenti che si avvicinano a questo approccio possono incontrare difficoltà nel progettare percorsi didattici basate sull'inquiry. Il presente articolo fornisce suggerimenti ed una scheda di supporto alla progettazione didattica che possono risultare utili per superare tali difficoltà.

Keywords: Competenze, IBSE, inquiry, processi della scienza, progettazione didattica

Inquiry-based science education. Perché?

In un importante rapporto internazionale sull'educazione scientifica in Europa (Osborne & Dillon, 2008), si afferma che l'obiettivo prioritario dell'educazione scientifica deve essere duplice. Gli studenti dovrebbero apprendere:

- le principali spiegazioni che la scienza offre sul mondo materiale, in letteratura, dette anche "conoscenze della scienza" o "prodotti della scienza";
- il modo di operare della ricerca scientifica, a cui, in letteratura, si fa riferimento anche come "conoscenze sulla scienza", "processi della scienza", "strategie della ricerca scientifica" o "*How science works*" ("come funziona la scienza").

Non si tratta di un concetto nuovo, in quanto, già nel 1909, Dewey raccomandava di indirizzare l'educazione scientifica, oltre che all'acquisizione di conoscenze, anche alla comprensione dei *processi* che producono conoscenza scientifica (Olson & Loucks-Horsley, 2000).

In Italia, ciò è ribadito anche nei *Risultati di apprendimento comuni a tutti i percorsi liceali* inseriti nel *Profilo educativo, culturale e professionale dello studente liceale* (MIUR, 2010a). Vi si legge che, per l'area scientifica, matematica e tecnologica, lo studente deve "possedere i contenuti fondamentali delle scienze fisiche e delle scienze naturali (chimica, biologia, scienze della Terra, astronomia), padroneggiandone le procedure e i metodi di indagine".

Comprendere come si è arrivati e si continua a produrre sapere scientifico e saper utilizzare i metodi della ricerca scientifica sono due obiettivi di apprendimento che si intrecciano tra loro, che sono funzionali anche allo sviluppo del pensiero critico e di un atteggiamento razionale nei confronti della realtà (Zohar et al., 1994). Queste finalità non dovrebbero essere esclusive delle discipline scientifiche, ma piuttosto trasversali a tutti gli insegnamenti, tuttavia, l'insegnamento delle scienze sperimentali può contribuire in maniera determinante allo scopo. Gli studenti difficilmente possono sviluppare abilità e competenze relative al come "funziona la scienza", se il docente si limita a fornire la definizione di ipotesi o ad elencare i passi del cosiddetto "metodo scientifico" (Olson & Loucks-Horsley, 2000), trattandolo ad inizio d'anno e, poi, mai più. A tale proposito, va specificato che Roletto & Regis (2008) preferiscono parlare di "strategie della ricerca scientifica", piuttosto che di "metodo scientifico" in quanto, nei vari ambiti delle scienze sperimentali, si procede con metodi differenti.

Far studiare il capitolo sul metodo scientifico, presente in molti libri di testo, serve a ben poco. Un approccio storico può aiutare, ma non può essere l'unico. Gli studenti debbono fare esperienza diretta dell'indagine scientifica e il docente deve guidarli nella riflessione sulle caratteristiche e sul significato dei vari passi del processo. Ed è proprio questo duplice aspetto che caratterizza l'approccio IBSE (Olson & Loucks-Horsley, 2000; Fontechiari, 2013). L'esperienza diretta dell'*inquiry*, così come ogni approccio *learner-centred*, ha anche il vantaggio di essere più coinvolgente per gli studenti e, quindi, di aumentarne l'attenzione e la partecipazione (Pirrami, 2010a; 2010d). Un altro rapporto sull'educazione scientifica redatto per la Commissione Europea (Rocard et al., 2007) raccomanda l'utilizzo dell'IBSE e ricorda che una didattica basata sull'*inquiry*, oltre a avere effetti positivi su interesse e motivazione, consente di lavorare efficacemente sia con gli studenti più deboli o meno motivati, sia per il potenziamento delle eccellenze.

Presupposti per lavorare sul "come funziona la scienza"

Per poter perseguire gli obiettivi ricordati sopra, per prima cosa, è fondamentale

esplicitarli tra quelli che si elencano nel piano di lavoro annuale. In tale documento, vanno, quindi, elencate anche le relative **competenze ed abilità**. Evidenziare tali obiettivi avvia il docente alla progettazione "per competenze" e, se discussi assieme alla classe, consente di far comprendere agli studenti il perché si intende lavorare in un certo modo (che spesso non corrisponde all'esperienza che gli alunni hanno avuto in precedenza). Nella Tabella 1 sono riportati gli obiettivi di apprendimento per le scienze sperimentali, raggruppati in due macro-competenze:

1. Fornire spiegazioni scientifiche;
2. Comprendere ed utilizzare le strategie della ricerca scientifica.

Questo elenco è stato elaborato partendo dalle competenze OCSE-PISA (OECD, 2007) e da quanto proposto in un precedente lavoro: "Per una didattica che parta dalle competenze" (Pirrami, 2010b). Gli obiettivi elencati vanno selezionati ed, eventualmente, integrati e dettagliati, in base all'anno di corso a cui si riferisce la programmazione annuale, tuttavia l'elenco può rappresentare una base di partenza per la stesura di un piano di lavoro impostato sulle competenze (e sulle abilità sottese), piuttosto che sui contenuti. È importante sottolineare che le attività didattiche IBSE debbono essere proposte più volte durante il corso dell'anno. Questo poiché abilità e competenze legate all'utilizzo delle strategie della ricerca scientifica non si possono far acquisire impegnando gli alunni solo sporadicamente.

Dopo aver programmato il lavoro annuale, l'altro grande impegno per noi docenti è la progettazione dei percorsi didattici che si rifacciano ad una didattica laboratoriale. Innanzitutto va ricordato ciò che dicono le Linee guida del Piano Lauree Scientifiche (MIUR, 2010b) e cioè che per *laboratorio* non si deve intendere un luogo fisico, ma piuttosto un approccio didattico complesso e che "un'attività nella quale gli studenti si limitano esclusivamente ad ascoltare e ad osservare lezioni o anche dimostrazioni sperimentali" non può essere considerata un'attività laboratoriale (e quindi neanche IBSE).

Competenze

1) Fornire spiegazioni scientifiche

a. Riconoscere cause e conseguenze nei fenomeni considerati ed effettuare connessioni logiche tra esse
b. Utilizzare modelli e rappresentazioni esplicativi della realtà
c. Identificare le componenti di un sistema e riconoscere le relazioni tra esse
d. Confrontare e correlare oggetti e fenomeni ed individuare somiglianze e differenze
e. Fornire spiegazioni su fenomeni ed oggetti, anche non studiati

f. Utilizzare la conoscenza scientifica per fare predizioni ed argomentarle
g. Risolvere problemi, utilizzando i linguaggi specifici delle discipline
h. Applicare le conoscenze acquisite a situazioni di vita reale, anche per analizzare in modo critico e consapevole questioni di attualità e per individuare comportamenti corretti relativamente a salute ed ambiente

2) Comprendere ed utilizzare le strategie della ricerca scientifica

a. Individuare categorie autoescludenti e criteri univoci per classificare oggetti e fenomeni
b. Individuare domande chiave, a partire sia dall'esperienza quotidiana sia dai dati disponibili, e distinguere le domande alle quali si può dare una risposta attraverso un procedimento scientifico dalle altre
c. Formulare ipotesi indagabili
d. Pianificare semplici attività di ricerca, analizzando le variabili in questione ed organizzando correttamente la rilevazione dei dati
e. Riconoscere ed utilizzare strumenti e metodi usati dalla scienza per garantire l'affidabilità dei dati (modelli, controllo delle variabili, gruppi di controllo, ripetizione delle misure, ecc.)
f. Ottenere dati in contesti diversi (in laboratorio, sul campo, dalla letteratura)
g. Organizzare, rappresentare, analizzare ed interpretare i dati
h. Trarre conclusioni, basate su dati oggettivi e congruenti con le ipotesi di partenza, ed argomentarle
i. Ricostruire e comunicare la sequenza ed il senso logico delle attività svolte, in coerenza con gli obiettivi iniziali
j. Individuare le domande alle quali una ricerca scientifica si propone di dare risposta ed i metodi utilizzati per conseguire l'obiettivo
k. Riconoscere se le argomentazioni proposte in un testo sono basate su evidenze scientifiche o meno
l. Identificare e valutare la congruenza con l'obiettivo iniziale di argomentazioni e conclusioni riportate in testi scientifici e non

Tabella 1. Obiettivi di apprendimento per le Scienze sperimentali.

IBSE: diffusione e difficoltà

Negli ultimi anni l'utilizzo dell'IBSE nelle scuole va aumentando, probabilmente grazie ad una serie di progetti di disseminazione, alcuni dei quali elaborati nell'ambito dei programmi quadro europei attivati per l'implementazione delle raccomandazioni della Commissione Europea (Rocard et al, 2007), tra cui lo stesso *PROFILES*. Ciò nonostante l'approccio basato sull'inquiry rimane ancora

minoritario rispetto agli altri prevalentemente adottati nelle scuole, sia per problemi legati al suo utilizzo (tra tutti, il limitato tempo a disposizione), sia perché ancora molti insegnanti non lo conoscono sufficientemente. Riguardo a quest'ultimo aspetto, avendo avuto esperienza sia come discente sia come docente in corsi di formazione specifici, ho potuto osservare che chi si avvicina all'IBSE può incontrare alcune difficoltà nell'ideazione di attività didattiche basate effettivamente sull'*inquiry*. Infatti, talvolta si assiste alla presentazione di percorsi didattici che sono sì, centrati sul discente, ma che non soddisfano il requisito dell'*inquiry*.

Uno schema che, in alcuni progetti di formazione, viene proposto per guidare i docenti nella progettazione fa riferimento al modello didattico delle 5E (Bybee, 1997), che prevede cinque fasi: **engagement**, **exploration**, **explanation**, **elaboration**, **evaluation**. Questo, nella realtà, pur avendo in comune vari aspetti con l'IBSE, si riferisce ad un modello di insegnamento-apprendimento elaborato negli Stati Uniti per il BSCS (Biological Sciences Curriculum Study). A volte le fasi di questo modello vengono confuse con gli elementi essenziali dell'IBSE (Olson & Loucks-Horsley, 2000): **engage**, **evidence**, **explanation**, **evaluation**, **communication**, ben illustrati da Fontechiari (2013), la quale chiarisce che non sono "da interpretare come una rigida sequenza di passaggi obbligati, ma piuttosto come caratteristiche specifiche dell'IBSE che, a seconda delle particolari condizioni di contesto, è possibile implementare in vario modo". Questa specifica è d'obbligo poiché spesso si nota che il docente che si avvicina all'approccio IBSE, nel progettare un'attività didattica, può rimanere ingabbiato in una sequenza e, così facendo, tende a tralasciare alcuni aspetti fondamentali dell'*inquiry* non esplicitamente citati tra gli elementi sopra elencati. In particolare, un errore piuttosto comune è costituito dal limitarsi a proporre attività di avvio del percorso didattico (*engage*) che, però, poi sfociano solamente in una raccolta di informazioni che servono a dare direttamente risposte alle domande che vengono poste inizialmente. Un approccio di questo tipo, pur interessante e valido per coinvolgere gli alunni, è inquadrabile più nell'ambito del *Problem-based learning* (PBL) che dell'IBSE, poiché manca l'aspetto della sperimentazione, tipico delle discipline scientifiche.

La progettazione di attività didattiche basate sull'*inquiry*

Ciò che caratterizza un'attività basata sull'*inquiry* è il fatto che gli studenti debbono arrivare a dare risposte alle domande iniziali, sulla base di evidenze (prove) sperimentali (Fontechiari, 2013). Si può, cioè, affermare che il nucleo essenziale di un'attività basata sull'*inquiry* sia l'**analisi dei dati**. I dati potrebbero anche essere reperiti in letteratura, ma debbono sempre essere sottoposti agli studenti per permettere loro di fare le opportune considerazioni in rapporto all'obiettivo iniziale. In questo caso, però, è raccomandabile portare gli studenti a riflettere su come i dati reperiti in letteratura siano stati raccolti. La **pianificazione**

del procedimento da seguire per la raccolta dati è, in ogni caso, fondamentale per lavorare in modo compiuto secondo un approccio IBSE e, se svolta dagli stessi studenti aumenta il **livello di *inquiry*** (Bell et al., 2005; Bianchi & Bell, 2008) di un'attività didattica (Tabella 2).

La questione del livello di *inquiry* non è solo formale. Le attività pratiche (*hands-on*) sono importanti per far acquisire abilità operative e per aumentare il coinvolgimento degli alunni. Tuttavia, se si chiede agli studenti di pianificare come ottenere i dati necessari, è più probabile che essi acquisiscano una maggiore consapevolezza sul processo, rispetto a quando il protocollo sperimentale viene fornito dall'insegnante. Operando in questo modo, infatti, gli alunni sono portati a riflettere sulla congruenza dei dati ottenuti e del metodo seguito in rapporto agli obiettivi iniziali e l'attività diventa pienamente *minds-on*, oltre che *hands-on*. La pianificazione di un'attività sperimentale consente anche di stimolare la **creatività** e ciò risulta importante, soprattutto se si considera che l'ambiente in cui i giovani crescono, rispetto al passato, offre, sempre più, soluzioni già pronte, piuttosto che problemi su cui cimentarsi. Inoltre, permette agli studenti di capire che anche la scienza è creatività, influenzandone, quindi, la motivazione.

LIVELLI DI *INQUIRY*	**domanda di ricerca**	**procedimento**	**risposta / soluzioni**
Inquiry confermativo gli studenti svolgono indagini su fatti e fenomeni noti, di cui sanno prevedere i risultati, rispondendo ad una domanda proposta dall'insegnante, corredata dal procedimento da seguire.	x	x	x
Inquiry strutturato gli studenti svolgono indagini per rispondere ad una domanda proposta dall'insegnante, corredata dal procedimento da seguire.	x	x	
Inquiry guidato gli studenti svolgono indagini per rispondere ad una domanda proposta dall'insegnante, individuando il procedimento da seguire.	x		
Inquiry aperto gli studenti svolgono indagini scegliendo la domanda di ricerca e il procedimento da seguire.			

Tabella 2. I livelli di *inquiry* (Bell et al., 2005; Bianchi & Bell, 2008) - Tratto da Fontechiari (2013)

A titolo di esempio, due percorsi didattici (Pirrami, 2012a; 2012b), che comprendono attività basate sull'*inquiry* e nei quali si forniscono schede di

supporto per la pianificazione di investigazioni da parte degli studenti, si possono consultare nell'ambiente *Scuolavalore* dell'INDIRE, ai link indicati in bibliografia.

Un supporto alla progettazione didattica

Per non far perdere di vista gli importanti aspetti sopra descritti, normalmente propongo ai docenti in formazione quanto esposto nell'articolo *Una didattica per far sviluppare competenze scientifiche… Suggerimenti per il lavoro con le classi* (Pirrami, 2010c), nel quale sono riportate delle indicazioni metodologiche e una sequenza di attività caratterizzanti un percorso didattico centrato sullo studente e basato sull'*inquiry*. Avendo realizzato che, talvolta, ciò non è sufficiente, come ulteriore guida per una progettazione didattica in chiave IBSE, negli ultimi anni, fornisco ai docenti la scheda riportata nella Tabella 3. La scheda ha una duplice funzione:

- fornire spunti per la **progettazione** di percorsi didattici IBSE (in quanto elenca una serie di possibili azioni che possono far parte di un'attività basata sull'*inquiry*),
- consentire la **autovalutazione** di un percorso didattico (svolto o solo progettato) e suggerire idee per aumentarne il **contenuto di *inquiry***.

Parlo appositamente di contenuto e non di livello per non fare confusione con quanto illustrato nella Tabella 2. Ritengo utile il sistema di classificazione in quattro livelli, in quanto aiuta i docenti a stabilire meglio cosa fornire e cosa richiedere agli alunni, ma con "**contenuto di *inquiry***" voglio intendere una caratteristica di un percorso didattico che sia descrivibile più come un gradiente che con categorie rigide.

Come già detto, lo scopo della scheda vuole essere anche quello di supportare l'insegnante nell'analisi di un percorso didattico, fornendo spunti per il suo miglioramento nell'ottica IBSE. A tal fine, solitamente, fornisco la scheda dopo che i docenti si sono già cimentati almeno una volta nella progettazione di un'attività IBSE e chiedo loro di compilarla utilizzando due simboli diversi per selezionare le caselle, un simbolo per annotare gli esiti dell'analisi del progetto iniziale ed un altro, differente, per riferirsi al percorso migliorato. Lo stesso esercizio può essere proposto chiedendo di analizzare attività didattiche già esistenti, ad esempio, quelle presenti nei manuali in uso nelle scuole, e poi di trasformarle in attività con un contenuto di *inquiry* più elevato.

La scheda in dettaglio

Nella scheda ho individuato quattro blocchi principali con voci di dettaglio per

		Il docente	Il discente con la guida del docente	Il discente autonomamente
A	**Avvia il processo di *inquiry* e definisce gli obiettivi della ricerca**	-	-	-
A1	Presenta un caso, pone un problema			
A2	Definisce l'obiettivo dell'indagine			
A3	Pone domande			
A4	Individua, tra le domande poste, quelle investigabili e sceglie la/e domanda/e di ricerca			
A5	Formula ipotesi, sulla base delle conoscenze possedute o delle informazioni disponibili, per spiegare un fenomeno o un processo / per individuare relazioni			
A6	Effettua previsioni congruenti con l'ipotesi			
A7	Si documenta su quanto già si sa relativamente alla questione da indagare			
B	**Pianifica l'attività di ricerca**	-	-	-
B1	Propone e/o progetta modelli per indagare la realtà			
B2	Individua le variabili in gioco (dipendenti e indipendenti) e distingue tra quelle da indagare e quelle da tenere sotto controllo (indicando come intendono azzerarle o limitarne l'influenza)			
B3	Descrive come deve essere predisposta l'attività sperimentale (strumenti, materiali, campionamenti, gruppo di controllo…)			
B4	Fornisce istruzioni sul protocollo sperimentale da seguire per la raccolta dati			
B5	Predispone schede per la rilevazione dei dati			
B6	Si documenta sui metodi utilizzati in indagini simili			
C	**Realizza la ricerca ed utilizza i risultati**	-	-	-
C1	Raccoglie dati qualitativi e/o quantitativi (osserva, misura) con la dovuta accuratezza			
C2	Reperisce dati già disponibili in letteratura			
C3	Riflette sulla congruenza dei dati raccolti con l'obiettivo iniziale e individua eventuali errori procedurali che portano alla riformulazione del protocollo sperimentale			
C4	Analizza. elabora, rappresenta graficamente e interpreta dati, individua relazioni, discute i risultati			
C5	Trae conclusioni, fornisce spiegazioni, effettua scelte, argomentando in congruenza con le evidenze ottenute			
C6	Confronta i propri risultati, le conclusioni, le relazioni individuate con quelle ottenute da altri e/o reperite in letteratura			
D	**Presenta il lavoro svolto**	-	-	-
D1	Comunica obiettivi, metodi, risultati e conclusioni			
D2	Dibatte con altri sui risultati ottenuti e sulle conclusioni proposte, considerando anche le idee e le spiegazioni alternative			
D3	Propone suggerimenti per eventuali ulteriori ricerche basate su nuove domande eventualmente emerse			

Tabella 3. Scheda di supporto alla progettazione e alla valutazione di attività didattiche basate sull'inquiry.

ciascuno di essi. Se volessimo, ma non è indispensabile, far riferimento ai cinque elementi chiave dell'*inquiry*, troveremmo engage corrispondente ad A, *evidence* distribuito in B e C, *communication* inserito in D, *explanation* compreso in C ed *evaluation* presente nei blocchi C e D.

Ho voluto riservare un blocco specifico per riportare le azioni che possono far parte della pianificazione dell'investigazione, poiché, come ho già detto, ritengo importante questa specifica fase ed ho appurato che spesso questa fase viene tralasciata quando ci si rifà solamente agli elementi sopra ricordati o al modello delle 5E. A tale proposito, va sottolineato che, sia nella stessa definizione di *inquiry*, (National Research Council, 1996, p.23), sia nelle Indicazioni nazionali per i licei (MIUR, 2010a), sia nelle Linee guida per il Piano lauree scientifiche (MIUR, 2010b) è esplicitata l'importanza della fase di pianificazione delle attività sperimentali.

Nella scheda, le varie voci elencate nelle righe possono fornire spunti per arricchire un percorso didattico. Ovviamente, quante più voci è possibile rilevare tanto più completo è il processo di *inquiry*. Occorre ricordare che si possono prevedere anche attività di *inquiry* parziale in cui non siano presenti tutti gli elementi dell'IBSE (Fontechiari, 2013). Tuttavia, va ribadito che nella strutturazione di un'attività didattica basata sull'*inquiry* non possono essere tralasciati quei punti del blocco C che sono caratterizzanti per l'IBSE. Altri punti (a titolo di esempio: A7, B1, C1, D3) possono anche non essere considerati, seppure la loro presenza possa rendere più ricco e completo il percorso. Ma vediamo di analizzare più in dettaglio la scheda.

I punti previsti nel blocco A si riferiscono all'attività di avvio del processo di *inquiry*. Il punto A1 prevede che venga posto un problema o presentato un caso o uno scenario realistico. Anche se il problema di partenza può scaturire da curiosità degli alunni, solitamente questa attività è in carico al docente, il quale deve tener conto dell'importanza della contestualizzazione dei contenuti per suscitare l'interesse degli studenti e della rilevanza per i giovani delle tematiche proposte (Osborne & Dillon, 2008). L'insegnante dovrebbe anche valutare l'opportunità di utilizzare temi relativi a salute, ambiente e sostenibilità, in quanto si prestano benissimo sia per integrare concetti propri delle differenti discipline sperimentali, sia per lavorare su competenze fondamentali di cittadinanza (Pirrami, 2010a; Sanmartí, 2002).

Le altre voci presenti nel blocco A si riferiscono alla definizione degli obiettivi dell'indagine. Questa fase è estremamente importante, perché è solo avendo obiettivi chiari che si riesce a pianificare e svolgere correttamente le successive attività. Va detto che non è necessario prevedere tutte le azioni descritte. Ad esempio, nelle classi che hanno i loro primi approcci con l'IBSE, non necessariamente occorre partire da un'ipotesi e, piuttosto, si può avviare una semplice attività di investigazione semplicemente partendo da una domanda. In ogni caso, le domande di ricerca (punto A4) risultano essere molto utili, in quanto facilitano l'individuazione

delle variabili in gioco.

Nella fase iniziale del percorso didattico, il punto A7 (ricerca di informazioni) potrebbe essere tralasciato, per evitare che vi sia una caduta di motivazione da parte degli alunni, rispetto all'investigazione da svolgere. Il blocco B si riferisce alla pianificazione della ricerca. Anche in questo caso non tutti i punti si riferiscono ad azioni obbligatorie. In particolare, potrebbe non essere necessario ricorrere a modelli (B1) per svolgere alcune semplici attività di ricerca.

Risulta essere importante il punto B2, riguardante l'individuazione delle variabili dipendenti ed indipendenti ed il loro controllo nell'attività sperimentale. Gli studenti potrebbero trovarsi in difficoltà quando non ancora allenati a lavorare con l'IBSE, ma, facendo compilare loro una tabella con le variabili coinvolte e facendole analizzare una ad una, l'attività diventa particolarmente formativa. A titolo di esempio, si veda la Tabella 4. La tabella proposta non va considerata rigidamente, ma può essere arricchita con ulteriori colonne che dovessero risultare utili all'analisi delle caratteristiche delle variabili coinvolte. Un lavoro accurato sulle variabili consentirà di procedere proficuamente nel resto del percorso IBSE.

Variabile	Dipendente / Indipendente	Quantitativa / Qualitativa (valori che può assumere)	Da studiare Sì / No	Come azzerarne o diminuirne l'influenza*

Tabella 4. Analisi delle caratteristiche delle variabili coinvolte.

* Nel caso in cui non si voglia studiare (ad esempio, se si vuol studiare l'effetto dell'irraggiamento solare sulla temperatura di lastre di materiale diverso, si dovrà fare in modo che tutte le lastre abbiano la stessa inclinazione)

Per assicurarsi che gli alunni abbiano compreso veramente ciò che si intende indagare e quali siano le informazioni necessarie per farlo, è utile far predisporre anche delle schede per la rilevazione dei dati (B5). Questa richiesta può prendere la veste anche di una verifica formativa. Il punto B3 si riferisce a come deve essere approntata l'attività sperimentale e comprende anche la descrizione dei materiali e degli strumenti necessari per svolgerla.

Il punto B4 si riferisce al procedimento da mettere in atto per ottenere i dati. Nel caso in cui venga richiesto agli studenti di progettarlo, è consigliabile dire loro che debbono mettersi nei panni di chi deve dare istruzioni ad una persona terza che non partecipa al lavoro di pianificazione. A tale proposito, durante il successivo svolgimento dell'attività, se la classe è stata divisa in gruppi, si può chiedere ad un gruppo di mettere in pratica il protocollo ideato da un altro. In questo modo si innesca una valutazione tra pari e gli alunni possono rendersi conto di quanto sia importante fornire istruzioni precise.

Il punto B6 andrebbe tralasciato in un primo momento, affinché gli alunni possano riflettere autonomamente per arrivare a definire il procedimento da

seguire. Può essere introdotto successivamente, chiedendo loro di effettuare un confronto. Al contrario, nelle classi già esperte in IBSE, quando gli alunni hanno già dimostrato di saper pianificare attività di ricerca, può essere una azione da prevedere sin dall'inizio per avvicinare ancor più l'attività didattica alla reale ricerca scientifica.

Nel blocco C, le azioni previste nei punti C1 e C2, volte ad ottenere i dati, siano esse svolte dal docente o dai discenti, ovviamente sono alternative tra loro. Quando possibile, è preferibile ciò che è previsto in C1, in quanto lo svolgere attività pratiche (*hands-on*) aumenta il coinvolgimento degli allievi.

Questo blocco comprende anche quelle attività che, quando sono svolte dal discente, definiscono tale un percorso IBSE. Infatti, se gli studenti non sono chiamati a svolgere almeno alcune delle azioni previste nei punti C4 e C5 non si può parlare di attività didattica basata sull'*inquiry*. Anche quanto previsto nei punti C3 e C6 risulta essere importante per un'ulteriore riflessione da parte degli alunni. Si tenga presente che l'analisi degli errori commessi ha un elevato contenuto formativo. Qualora il docente riscontri che i protocolli proposti dagli allievi contengano errori procedurali, potrebbero astenersi dal farlo notare prima dello svolgersi dell'attività in laboratorio e portare successivamente gli studenti a riflettere sulle incongruenze presenti nei risultati.

Queste attività hanno un elevato contenuto formativo, poiché quando gli studenti sono chiamati ad analizzare i dati disponibili, con lo scopo di rispondere ai quesiti posti (o per validare o meno l'ipotesi di partenza), e ad argomentare basandosi sulle evidenze riscontrate, essi si impegnano in attività cognitive che contribuiscono a far sviluppare competenze di livello superiore alla semplice memorizzazione e ripetizione di concetti o alla esecuzione di istruzioni, cioè quelle attività che, purtroppo, sono chiamati solitamente a svolgere.

Con le attività previste dal blocco D si cerca di promuovere le abilità relative alla comunicazione. Queste attività, che sono abituali per un ricercatore, risultano importanti anche per far comprendere "il carattere intersoggettivo della scienza, che prevede la comunicazione dei risultati per garantirne la replicazione, il relativo controllo e l'eventuale utilizzo in nuove domande di ricerca" Fontechiari, 2013). Inoltre, quanto previsto nei primi due punti di questo blocco può essere utilizzato dal docente anche per la valutazione degli alunni.

Nella scheda sono previste tre colonne nelle quali, per ogni voce, si può indicare se l'azione è svolta dall'insegnante o dall'alunno, autonomamente o con la guida del docente. In realtà, non tutte le voci incluse nelle righe sono pertinenti sia per i docenti che per i discenti, ma, in generale, credo che le colonne consentano di individuare a colpo d'occhio quanta responsabilità sia lasciata allo studente. Se la maggioranza delle caselle compilate saranno nelle colonne di destra, l'attività didattica avrà un maggior grado di libertà e l'*inquiry* sarà, probabilmente, classificabile come "aperta".

Ho inserito tra le colonne quella relativa al "discente con la guida del docente" in quanto il supporto da parte dell'insegnante è importante, soprattutto nel periodo in cui si inizia a lavorare con le classi in un'ottica IBSE. Tenendo presente che uno degli obiettivi da perseguire deve essere proprio l'autonomia dei nostri allievi, man mano che le classi acquisiscono pratica con questo approccio, si lasceranno progressivamente svolgere sempre più azioni, direttamente ed autonomamente, agli studenti. Ritengo anche che la scheda impostata in questo modo possa aiutare il docente ad avere chiaro, già nel momento della progettazione didattica, quali siano le attività che proporrà e quali quelle che richiederà di svolgere agli alunni. Questo aspetto è importante al fine della preparazione del materiale didattico, infatti, soprattutto quando la responsabilità si sposta verso gli studenti, risulta essere fondamentale ciò che il docente fornisce come supporto allo svolgimento dei compiti che intende assegnare.

Va ricordato che, nel corso ed alla fine di un'attività IBSE, il docente deve portare gli studenti a riflettere sugli elementi essenziali del processo, ossia quelli che caratterizzano la ricerca scientifica (ad es. la formulazione di ipotesi, il controllo delle variabili, il campionamento, il gruppo di controllo, l'accuratezza dei dati, ecc.) (Olson & Loucks-Horsley, 2000; Pirrami, 2010c, Fontechiari, 2013). Questo, ovviamente, per rafforzare il lavoro sugli obiettivi relativi al "**comprendere ed utilizzare le strategie della ricerca scientifica**".

Utilità della scheda

Tramite un questionario, ho chiesto ai docenti che hanno utilizzato la scheda di dirmi per quale funzione è tornata loro utile. Come si può osservare dai dati riportati in Tabella 5, dei 74 che hanno risposto, la maggior parte afferma che è risultata utile sia per la progettazione sia per la valutazione delle attività didattiche basate sull'*inquiry*.

Risposta	**N. docenti**	**%**
Per la progettazione di attività didattiche	16	21,6
Per la valutazione di attività didattiche	7	9,5
Per entrambe	51	68,9
Non mi è servita	0	0
Totale	74	

Tabella 5. Risposte alla domanda: "*Per cosa ti è tornata utile la scheda di supporto fornita?*"

Riporto di seguito alcuni dei commenti che gli insegnanti in formazione hanno fornito in merito all'utilizzo della scheda.

"*Penso che la scheda di autovalutazione rappresenti un elemento utile per valutare le attività proposte e per aiutare a progettare un'attività IBSE. A mio parere sono utili anche dopo lo svolgimento dell'attività, in quanto il docente, dopo aver sperimentato il suo progetto può definirne i punti deboli ed eventuali carenze e migliorarle."*

"*La scheda di autovalutazione risulta molto utile sia in termini di valutazione che di progettazione. È anche un modo per vedere se il progetto realizzato è coerente con quello che si aveva intenzione di realizzare."*

"*Una volta progettata l'attività didattica, gli insegnati, tramite la scheda di autovalutazione, possono più nel dettaglio definire i ruoli e immaginare come si svolgerà la lezione. Utile soprattutto per insegnati che per la prima volta si confrontano con questo metodo di insegnamento."*

"*La scheda di autovalutazione aiuta i docenti a focalizzare e riflettere su quanto progettato o eseguito per trovare soluzioni e metodi più adatti all'attività, che certamente è complessa, innovativa e spesso mai sperimentata."*

"*La scheda di autovalutazione dovrebbe essere usata come momento di riflessione per comprendere se quanto svolto in fase progettuale sia congruo con gli obiettivi che ci si era posti. Mi pare un prezioso supporto per organizzare e migliorare via via la didattica IBSE."*

"*Io credo che la scheda di autovalutazione sia un valido strumento sia per l'autovalutazione che per la progettazione di ulteriori attività didattiche. La scheda di autovalutazione scandisce una serie di passi che aiutano a strutturare un'attività e a ricordarci quali sono le azioni che abbiamo tralasciato; il dover riflettere inoltre su chi è che compie l'azione (il docente, il discente o entrambi) può essere d'aiuto per ristrutturare quella fase specifica verso una maggiore partecipazione degli alunni. Ci dà inoltre a livello visivo un'informazione rapida sul livello di inqury dell'attività che stiamo progettando e che andremo a somministrare ai ragazzi."*

"*L'azione progettuale può essere divisa in due fasi: la macro e la microprogettazione. La macroprogettazione consiste nell'individuazione delle finalità generali e degli obiettivi da raggiungere, quindi ha il compito di definire il problema che il progetto tenta di risolvere. A questa segue la fase della microprogettazione, ovvero*

la traduzione operativa del progetto. Ed è proprio nella microprogettazione che la scheda di autovalutazione può essere utile, in quanto aiuta a pianificare le azioni necessarie per raggiungere gli obiettivi stabiliti, in particolare nell'individuazione delle azioni da realizzare, nell'articolazione temporale delle fasi e dei contenuti (quando e in quanto tempo), nell'individuazione delle metodologie di intervento."

"*Penso possa essere utile in fase di progettazione dell'attività per stabilire ciò che si vuol fare. Ma ancora di più se ricompilata dopo l'attività in classe per verificare se è accaduto quello che ci si aspettava."*

"*La scheda di autovalutazione permette di razionalizzare e osservare l'attività proposta da un altro punto di vista più pragmatico e permette all'insegnante di capire se l'attività proposta ha effettivamente l'impatto sugli alunni che lui avrebbe voluto."*

"*È molto utile in fase di progettazione perché ripercorre in maniera puntuale le tappe fondamentali da seguire in un'attività Inquiry ed aiuta a stabilire sempre con precisione cosa vogliamo che faccia il docente e cosa il discente. I numerosi punti da cui è composta ti permettono di fare una riflessione a priori sul grado sul livello di Inquiry che si vuole raggiungere. Senza la guida della scheda di autovalutazione si rischia di confondere le fasi e i ruoli nell'attività, e di non raggiungere gli obiettivi preposti. Per un docente che non è abituato a svolgere attività IBSE c'è il rischio di confondere questa metodologia didattica con altre (attività di laboratorio confermative, PBL), se non si sottopone l'attività ad un'adeguata verifica del livello di inquiry."*

"*Ritengo che ciascun docente dovrebbe farne uso perché permette di avere una organizzazione dettagliata e minuziosa. Soprattutto nelle attività laboratoriali l'ho trovata un valido supporto alla mia didattica."*

Probabilmente la scheda può essere migliorata e, sicuramente, ne va indagata con maggior dettaglio l'utilità e, a questo fine, conto sulla collaborazione di tutti i colleghi che vogliano utilizzarla. Tuttavia, questo risultato preliminare fornisce conferme rispetto alla sua duplice funzione. Ad ogni modo, indipendentemente dallo strumento di supporto che si utilizza, nella progettazione didattica, il riferimento prioritario, a cui il docente deve sempre rifarsi, è costituito dall'insieme degli obiettivi di apprendimento che si prefigge di far raggiungere ai propri allievi. E, tra questi, debbono essere considerati quelli relativi al "**come funziona la scienza***"*.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare tutti gli insegnanti, in servizio ed in formazione iniziale, che mi hanno fornito e mi vorranno fornire (all'indirizzo di posta elettronica) il loro prezioso feedback sulla scheda proposta per il supporto alla progettazione di percorsi didattici.

Bibliografia

1. R. Bell, L. Smentana, I. Binns, Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72 (7), 30-34, 2005.
2. H. Bianchi, R. Bell, The many level of inquiry. *Science and Children*, Oct, 26-29, 2008.
3. R. W. Bybee, *Achieving scientific literacy*. *From purposes to practices*. Heinemann: Portsmouth, NH, 1997.
4. E. Roletto, A. Regis, Metodo scientifico o strategia della ricerca scientifica? *Naturalmente*, 21, 8-14, 2008.
5. M. A. Fontechiari, Inquiry Based Science Education: una didattica innovative per le scienze. *Nuova Secondaria*, 5, 94-98, 2013.
6. MIUR, *Indicazioni nazionali per i licei* (D.P.R. 15 marzo 2010, n. 89 e provvedimenti attuativi), 2010a. http://nuovilicei.indire.it/content/index.php?action=lettura_paginata&id_m=7782&id_cnt=10497
7. MIUR, *Il Piano Lauree Scientifiche, Linee guida* (documento del 29.4.2010), 2010b. http://www.istruzione.it/web/universita/progetto-lauree-scientifiche
8. National Research Council, *National science education standards*. National Academy Press: Washington, 1996. http://www.nap.edu/catalog/4962/national-science-education-standards
9. OECD, *PISA 2006, Science competencies for tomorrow's world. Volume 1: Analysis*. OECD Publications: Paris, 2007.
10. S. Olson, S. Loucks-Horsley (Eds.), *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. National Academy Press: Washington, 2000. http://cmase.uark.edu/teacher/workshops/Others/SEDL/NES_Inquiry.pdf
11. J. Osborne, J. Dillon (Eds.), *Science education in Europe: Critical reflections*. The Nuffield Foundation: London, 2008. http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf
12. F. Pirrami, Apprendimento basato su problemi e inquiry, per una educazione scientifica contestualizzata, integrata e per tutti. In L. Menabue, G. Santoro (Eds.), *New trends in science and technology education: Selected paper* (Vol. 1, pp. 286-295). CLUEB: Bologna, 2010a.
13. F. Pirrami, Per una didattica che parta dalle competenze. *Linx Magazine*, 7, 54-

57, 2010b. Online at: http://www.naturalmentescienza.it/sections/?s=140
14. F. Pirrami, Una didattica per far sviluppare competenze scientifiche. Obiettivi di apprendimento per le scienze sperimentali e didattica basata sull'indagine (inquiry-based science education). Suggerimenti per il lavoro con le classi. *Le scienze naturali nella scuola*, 40, 2010c. Online at: http://www.naturalmentescienza.it/sections/?s=141
15. F. Pirrami, (2010d). Students' and teachers' feedbacks on a Problem-Based Learning (PBL) approach used for integrating health education in a human biology module. In M. F. Taşar, G. Çakmakci (Eds.), *Contemporary science education research: Teaching* (pp.113-118). Pegem Akademi: Ankara: .
16. F. Pirrami, *Una serra grande quanto la Terra.* Percorso didattico sviluppato nell'ambito del PON Educazione scientifica B-10-FSE-2010-4. INDIRE (83 pp.): Firenze, 2012a. Online at: http://www.scuolavalore.indire.it/nuove_risorse/una-serra-grande-quanto-la-terra-3/
17. F. Pirrami, *Un mondo di biodiversità.* Percorso didattico sviluppato nell'ambito del PON Educazione scientifica B-10-FSE-2010-4. INDIRE (86 pp.): Firenze, 2012b. Online at: http://www.scuolavalore.indire.it/nuove_risorse/un-mondo-di-diversita/
18. M. Rocard, P. Csermely, D. Jorde, D. Lenzen, H. Walberg-Henriksson, V. Hemmo, *Science education NOW: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg, 2007. Online at: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
19. N. Sanmartí, *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Editorial Síntesis: Madrid, 2002.
20. A. Zohar, Y. Weinberger, P. Tamir, The effect of the Biology critical thinking project on the development of critical thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (2), 183-196, 1994.

Capitolo 51

Progetto “Fiera della Scienza”

Anna Maria Lodovica Romagnoli e Attilio Rossi
I.I.S. "Corridoni Campana", Osimo, Ancona
e-mail: lodovica25@hotmail.it

“La Fiera della Scienza” è un progetto del P.O.F. dell’IIS “Corridoni-Campana” di Osimo (An) giunto alla sua quarta edizione nell’anno scolastico 2014/15. Coinvolge un gruppo di studenti dell’Istituto i quali, coadiuvati dai proff. Bianchini Daniela (per Biologia), Carloni Teresa (per Matematica), Foresi Francesca Maria (per Chimica), Lodovica Romagnoli (per Biologia) e Rossi Attilio (per Fisica), realizzano e illustrano semplici esperimenti di Biologia, Chimica, Fisica e Matematica, in collaborazione con Comune di Osimo, Asso e Astea SpA.

Gli obiettivi sono: diffondere la scienza il più possibile, facendola diventare alla portata di tutti, potenziare le abilità di comunicazione degli alunni che si devono rapportare con un’utenza diversificata (dai bambini piccoli alle nonne!) modificando ogni volta l’approccio. L’attività si svolge durante l’intero anno scolastico e prevede un ciclo di lezioni laboratoriali, dove i docenti espongono e spiegano gli esperimenti, un ciclo di “prove” effettuate dagli alunni che realizzano e spiegano quanto appreso, una serie itinerante di manifestazioni nelle scuole secondarie di I grado del territorio (attività denominata “La Fiera della Scienza … itinerante”) e una manifestazione finale in Piazza Boccolino, nel centro storico di Osimo, per un’intera giornata, solitamente di sabato. La manifestazione finale è riservata al mattino alle scuole visitanti, mentre il pomeriggio è aperta al pubblico e riceve ogni anno numerosi visitatori e curiosi, regalando ai partecipanti momenti di piena soddisfazione.

Uno dei punti di forza del progetto è la metodologia didattica scelta: gli alunni, dopo un breve ma intenso corso di preparazione, sono pronti a mettersi in gioco mostrando ciò che hanno appreso nelle varie situazioni; per ciascuno di loro tale momento è di grande impegno e “sforzo” perché devono superare una serie di difficoltà anche dal punto di vista caratteriale; infatti, esporsi così in prima persona alle domande e curiosità del vasto e variegato pubblico che ci si trova davanti è una

bella prova!

Altro importante aspetto è quello della crescita degli studenti, sotto tutti i punti di vista: alcuni di essi partecipano con entusiasmo alle attività sin dall'inizio, quattro anni fa, e noi docenti abbiamo notato in loro dei progressi notevoli in ogni ambito. Sentendo il parere dei ragazzi, essi sono contenti di diventare "protagonisti" in prima persona perché soprattutto si divertono, condividono l'esperienza con altri compagni di classi e indirizzi differenti dal loro e imparano "giocando". Notevole è il livello raggiunto nella gestione dell'esperimento con gli studenti più piccoli, che vengono "accompagnati" dai loro "fratelli maggiori" nel percorso della scoperta e della comprensione del fenomeno analizzato, ottenendo sempre un alto livello di partecipazione.

Quando il prof. Cardellini mi ha "reclutata" insieme alla collega di disciplina Daniela Bianchini e i colleghi di altre discipline scientifiche, del nostro liceo

Campana, per promuovere il progetto “La Fiera della Scienza”, io non riuscivo a rendermi conto di come avremmo potuto organizzarlo. Lo scopo del progetto è di diffondere la Scienza il più possibile, anche al di fuori dell’edificio scolastico proponendola alla cittadinanza, sia per potenziare le abilità di comunicazione degli alunni che si devono rapportare con un’utenza diversificata (dai bambini piccoli alle nonne!) modificando ogni volta l’approccio, sia per stimolare gli alunni a mettersi in gioco e attraverso la sperimentazione, cercare soluzioni scientifiche ai problemi e fenomeni che incontrano quotidianamente.

Poi parlando con la collega Daniela, mi sono resa conto che il progetto era già fatto. Perché noi insegnanti di scienze naturali non affrontiamo i fenomeni nelle nostre lezioni? Si tratta di tirare fuori dagli alunni “i perché e i per come” delle cose, modificando l’approccio alle conoscenze attraverso percorsi pratici. Mi si è aperta una strada infinita di possibilità, si trattava di scegliere un fenomeno alla

portata di tutti. Cosa c'è di più naturale e comune dei colori? È stata una scelta vincente. Gli alunni delle diverse classi che hanno partecipato al progetto con grande entusiasmo, si sono subito organizzati per gruppi in relazione al livello di conoscenza e competenza ed hanno iniziato il percorso. Lo svolgimento delle lezioni tenute da loro e la pratica laboratoriale non li ha messi in difficoltà, anzi è stato un momento molto partecipativo dove l'errore e le argomentazioni non sempre pertinenti, hanno contribuito a rafforzare le loro conoscenze e competenze. Organizzazione dei contenuti:

- Osservare i colori intorno a noi: raccolta di immagini di fiori e foglie.
- Perché i colori si modificano nel tempo: i cambiamenti in relazione al metabolismo e alle funzioni che svolgono durante le stagioni e la vita della pianta.
- Che cosa sono i colori a livello chimico: La varietà di colori che caratterizza la superficie della Terra (e fa di essa forse il pianeta più colorato dell'universo) è formata per lo più da colori di origine organica, prodotti dai tessuti di piante e animali, e la maggior parte di questi colori originati dagli esseri viventi è stata messa a punto nel corso dell'evoluzione proprio per essere vista.
- Come riusciamo a percepire i colori: gli strumenti della visione.
- Vediamo tutti i colori allo stesso modo? La specie umana non ha molte ragioni per vantarsi delle proprie capacità sensoriali. L'olfatto di un cane, l'udito di un pipistrello o l'acuità visiva di un falco sono tutti superiori a quelli dell'uomo. Ma di una cosa può essere giustificatamente orgogliosa: la sua capacità di vedere i colori tiene testa a quella di ogni altro animale. Sotto questo aspetto, infatti, sorprendentemente ha pochi rivali. Tra i mammiferi solo i suoi parenti più stretti, le scimmie, condividono questa sua abilità: tutti gli altri sono quasi, o del tutto, privi della capacità di vedere i colori. In tutto il regno animale la visione del colore è propria solo di alcuni pesci, rettili, insetti e uccelli. Nel mondo animale la capacità di vedere il colore si può essere evoluta solo perché essa contribuisce alla sopravvivenza biologica.

I ragazzi si sono organizzati in gruppi di lavoro e in poco tempo hanno messo insieme il materiale necessario per affrontare gli esperimenti. Tra gli esperimenti proposti al pubblico:

- gli indicatori naturali di pH attraverso la variazione del colore in natura. L'estrazione del succo di cavolo rosso e la variazione di colore che si determina a contatto di sostanze diverse (aceto, bicarbonato di sodio, acqua minerale, ammoniaca, ecc.); il tè e il limone.
- la reazione fotochimica: attraverso l'esposizione alla luce di pigmenti fotosensibili si evidenzia un netto cambiamento di colore.

Ringraziamenti

Ringraziamo Francesca Maria Foresi per essere stata l’ispiratrice del progetto. Attilio Rossi è il referente e l’organizzatore della manifestazione.

Capitolo 52

Chimica, preziosa chimica! Estraiamo oro dai rifiuti RAEE!

Teresa Cecchi
ITIS "G. e M. Montani", Fermo
e-mail: teresacecchi@tiscali.it

Introduzione

La direttiva europea sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) permette un circolo virtuoso e sostenibile nel settore hi-tech. Il recupero di metalli preziosi e/o terre rare offre una soluzione sia al difficile approvvigionamento di queste materie prime che alla contestuale necessità di ridurre le quantità dei rifiuti smaltiti. La Chimica "verde" che insegniamo al Montani non poteva non cercare l'approccio più ecologico possibile alla valorizzazione economica dei rifiuti hi-tech. L'invasione di prodotti hi-tech che continuano a migliorare la qualità del nostro vivere quotidiano non può prescindere da un continuo incremento della domanda di materie prime strategiche quali i metalli preziosi (Platino, Oro, Palladio, Argento, Rutenio, Rodio osmio, Iridio ma anche Cobalto e Rame) e le terre rare (Scandio, Ittrio e tutti i lantanidi) il cui difficile approvvigionamento rende perentorio il loro recupero dai rifiuti.

In questo scenario, la nuova direttiva europea 2012/19/EU sui rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) introduce vincoli più severi riguardanti i processi di trattamento e riciclaggio di questo tipo di rifiuti. La direttiva richiede, tra l'altro, che materiali particolarmente tossici o pericolosi vengano sostituiti con materiali alternativi più sicuri. Si stima che i cittadini dell'UE producano ogni anno circa 14 kg/abitante di rifiuti hi-tech RAEE quali PC, stampanti, cellulari, schede elettroniche, circuiti elettrici, sim card, magneti, fosfori etc. Il D. Lgs. 152/06 raggruppa i RAEE come segue:

- R1: apparecchiature refrigeranti.
- R2: grandi bianchi come lavatrici e lavastoviglie.
- R3: TV e monitor.

475 L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 475-479)

- R4: elettronica di consumo, cellulari, informatica (computer, stampanti ...), piccoli elettrodomestici, giocattoli ed altro.
- R5: sorgenti luminose.

Nel nostro studio sperimentale ci siamo concentrati sulla categoria R4. Ma lo sapevate che un cellulare contiene circa 250 mg di argento (Ag), 24 mg di oro (Au), 9 mg di palladio (Pd), 9 g di rame (Cu)? La batteria a ioni di litio contiene circa 3,5 g di cobalto (Co) e 1,0 g di terre rare, come neodimio (Nd), europio (Eu), cerio (Ce) e terbio (Tb). Se recuperassimo tutti i 35 milioni di cellulari venduti in un anno in Italia e riuscissimo a recuperare tutti i metalli preziosi e le terre rare il loro valore economico ammonterebbe a 195 milioni di euro!

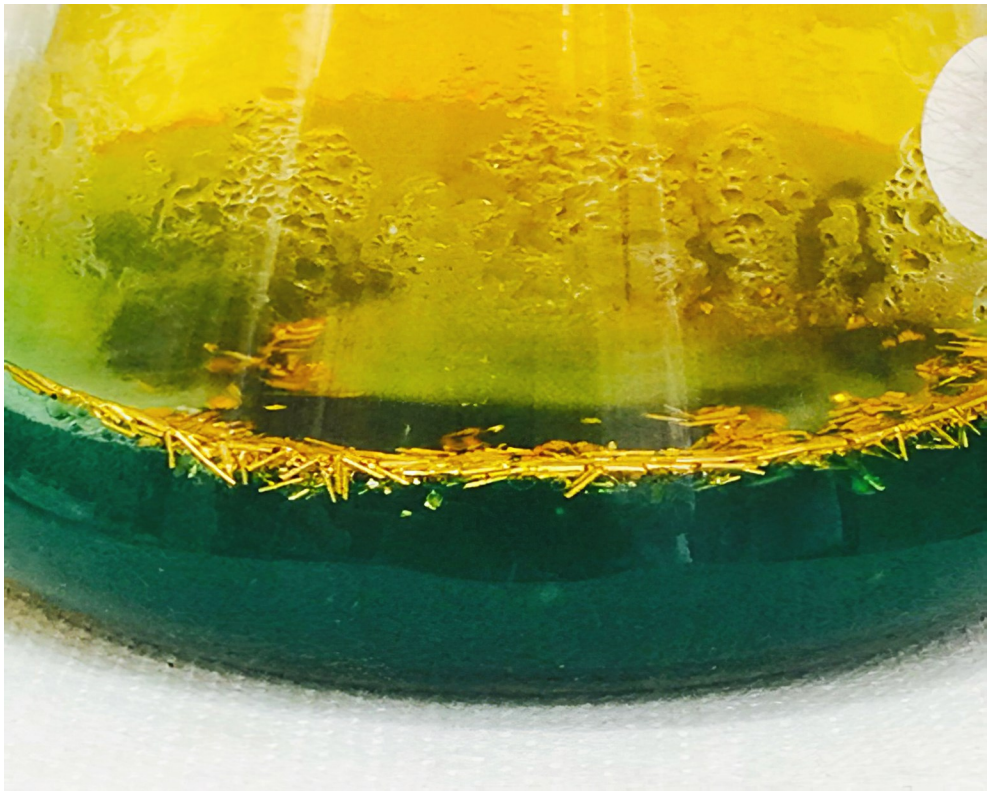
Un computer invece contiene 1 g di Ag, 200 mg di Au, 80mg di Pd, 500 g di Cu. La batteria contiene circa 65 g di Co. Se recuperassimo tutto il venduto in un anno in Italia e riuscissimo a recuperare tutti i metalli preziosi e le terre rare il loro valore economico ammonterebbe a 141 milioni di euro! Impossibile non contribuire con una chimica verde alla sostenibilità del ciclo di vita di tali prodotti! Si tenga conto che la concentrazione di metalli preziosi nei minerali sottoposti ad estrazione primaria è spesso di svariati ordini di grandezza inferiore a quella che possiamo riscontrare nei rifiuti RAEE tipici, quindi sappiate che le nostre città sono vere e proprie miniere da sfruttare se non vogliamo mandare in discarica centinaia di milioni di euro all'anno! Insomma questo è un business tale da stimolare la creatività di noi, nuovi alchimisti alla ricerca di una nuova pietra filosofale ... che davvero non è difficile trovare a patto che si sia disposti a studiare, pensare, progettare sperimentare ed ottimizzare!

All'opera!

In un'ottica di *green economy*, la filosofia alla base dell'ultima attività progettuale del Dipartimento di Chimica Materiali e Biotecnologie dell'ITT MONTANI di Fermo, nell'ambito del Progetto Fenice che mira a preparare tecnici strategici per il tessuto produttivo territoriale, è quella di trasformare un'esigenza normativa in una possibilità di intervento sul tessuto industriale locale attraverso l'offerta di metodi di recupero innovativi che abbiano un positivo impatto economico (permettendo la valorizzazione economica dei rifiuti), ambientale (riducendo l'impatto ambientale dei rifiuti e diminuendo la domanda di materie prime) e sociale (creando nuove possibilità di lavoro). Le tecnologie per il recupero di metalli ad alto valore aggiunto da RAEE e da rifiuti in generale sono fondamentalmente di due tipologie:

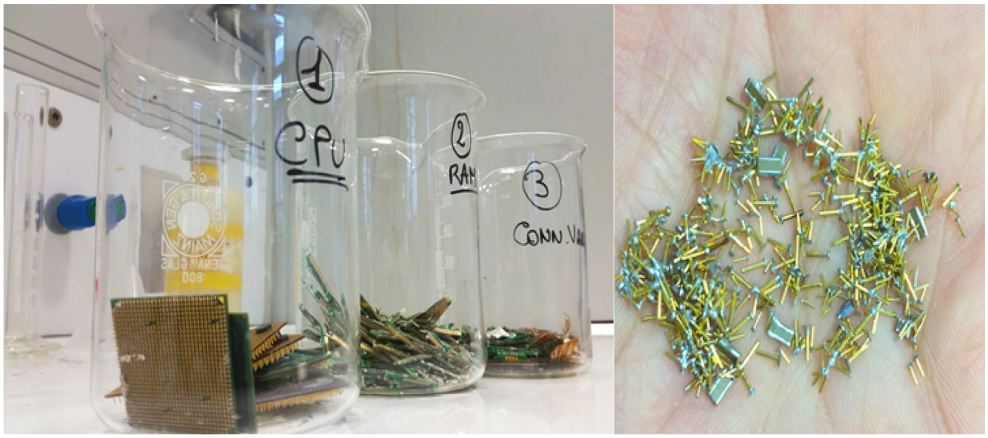
- trattamento termico – pirometallurgia;
- trattamento ad umido – idrometallurgia.

Il recupero di metalli tramite processo pirometallurgico richiede un grosso dispendio energetico e presenta le problematiche di emissione tipiche di tutti i processi che si svolgono ad elevate temperature, quindi lo abbiamo scartato a-priori, visto che non si accorda con la vision del nostro Dipartimento. Il termine "idrometallurgia" comprende invece l'insieme delle tecniche chimiche e chimico-fisiche di trattamento in fase liquida che permettono un'alta selettività (quindi elevata purezza dei prodotti finali e maggior valore aggiunto), nonché la possibilità di trattare matrici contenenti basse concentrazioni di metalli con un'ottima flessibilità di esercizio e con minime emissioni in atmosfera. Tuttavia le tecniche idrometallurgiche più "di moda" per recuperare oro da matrici diverse prevedono l'uso di reattivi estremamente pericolosi quali il cianuro, l'acqua regia o l'acido nitrico, i cui fumi tossici non si adattano certo alla nostra vision. La tecnica è comunque efficace come si vede nella foto seguente:



Ci siamo quindi concentrati sulla ricerca sperimentale di reagenti "environmentally friendly" e dopo varie prove siamo riusciti ad individuare nella miscela di **acido cloridrico e cloruro ferrico** entrambi 1 M un reagente sufficientemente efficace e sufficientemente sicuro che permettesse di giungere al risultato cercato, cioè quello di ottenere una pepita d'oro a partire dai rifiuti

hi-tech! Ci siamo riusciti! Per noi parlano le foto che bene illustrano non solo l'efficacia ma anche la magnifica bellezza della chimica che come sempre è l'arte stupenda di trasformare la materia per il benessere dell'uomo! Qui si possono vedere i rifiuti da cui siamo partiti: CPU, RAM, connettori vari, Pin …

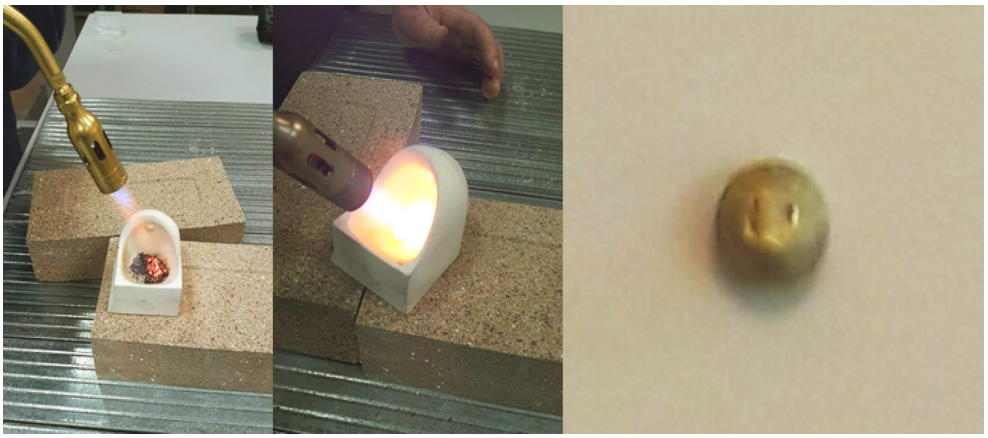


Poi abbiamo preparato ed aggiunto i reattivi e abbiamo atteso che essi sciogliessero tutti i metalli tranne il metallo più nobile, quello più difficile da attaccare, il nostro prezioso oro!

Poi con pazienza abbiamo filtrato ammirando la bellezza dell'operazione tanto semplice quanto preziosa ai fini del recupero dell'oro:

Per massimizzare la purezza abbiamo sciolto l'oro oramai separato da ogni altro metallo e poi lo abbiamo riottenuto per riduzione con metabisolfito di sodio. Lo so bene che non lo credereste, ma l'oro è la polverina nera che potete ammirare nella foto sopra. Non è tutto oro quel che luccica, ma il chimico sa che anche ciò che non luccica può anche essere oro se è a livello nanometrico!!!!

Alla fine la fusione … e finalmente, ecco a voi la pepita dai rifiuti RAEE!



Ci piace insegnare ai futuri chimici che le risorse della Natura non sono inesauribili e che quindi nostro compito precipuo è quello di considerare ogni rifiuto come una materia prima seconda da cui, in accordo con le affinità elettive della scienza chimica, possiamo ottenere sostanze preziose diminuendo l'impatto ambientale e creando nuove occasioni di lavoro. Il lavoro svolto con perizia e dedizione dai nostri chimici è stato scelto fra gli otto finalisti al Concorso Nazionale INVFACTOR del CNR e della Rappresentanza Europea in Italia che ci ha visto al terzo posto nazionale nella scorsa edizione e primi assoluti fra i chimici in Italia. Questa è la chimica che ci piace, ci diverte e ci motiva a fare del nostro meglio, al Montani!

Capitolo 53

Costruire i concetti nel contesto di appartenenza. Convergenze didattiche paradossali tra mancanza di motivazione e difficoltà di apprendimento

Enrico Mansueti
IIS Ceccano
e-mail: enricomansueti@virgilio.it

Riassunto

Contestualizzando le reazioni di ossidazione attraverso una sequenza di azioni didattiche in situazione, studenti quindicenni sono riusciti a realizzare un ricettario di sana alimentazione pubblicato dalla Lega italiana per la lotta contro i tumori. Se i processi cognitivi sono attivati con azioni didattiche ancorate al concreto, in grado di stimolare la sfera emozionale, è possibile coinvolgere con successo sia gli alunni con difficoltà di apprendimento che quelli privi di reali motivazioni. Lo sviluppo di questo lavoro dimostra d'altronde che dare senso ad argomenti, meccanismi e teorie scientifiche che nella mente degli studenti appaiono normalmente slegati dal vissuto quotidiano, è importante non solo per avvicinare la chimica alla vita di ciascuno (utilità individuale), ma soprattutto per approfondire in maniera sistematica quelle indicazioni e quei consigli di carattere alimentare che, qualora continuassero a restare nel campo esclusivo dei media, del business legato alle palestre e al mondo del fitness, rischiano di assumere un carattere di genericità per niente compatibile con l'obiettivo di costruire una consapevole cultura scientifica nei cittadini (utilità sociale).

Introduzione

L'evoluzione tecnologica della società propone modalità di accesso alle informazioni sempre più rapide senza il tempo di una riflessione consapevole; davanti ai nuovi media gli adolescenti recepiscono i messaggi e le informazioni, di per sé brevi e semplificate, in modo veloce e immediato. Tutti, o quasi tutti, sembrano aver capito. La reale consapevolizzazione della conoscenza procede però attraverso processi complessi: l'apprendimento significativo si attiva attraverso il pensiero riflessivo,

incompatibile con i tempi e i modi della velocità. Pensare è fondamentale: solo l'eliminazione del rumore di fondo di una comunicazione ridondante fatta di messaggi elettronico-sensoriali permette un'elaborazione mentale lenta e consapevole, concedendo possibilità di astrazione altrimenti impossibili. La scuola, nel tentativo di porsi da filtro fra i diversi media informativi, rischia talvolta di assecondarne le deviazioni e i rischi, come quando viene promosso l'utilizzo "didattico" di tablet e smartphone in maniera indiscriminata, con l'illusione di motivare gli studenti.

Da qualche anno anche i libri di testo, sempre più magri, sembrano rispondere a questa esigenza, pieni di immagini con intento accattivante. Ora più che mai, l'insegnante ha la necessità di riflettere sulle proprie strategie di lavoro, per elaborare processi di insegnamento-apprendimento che siano certamente coinvolgenti, e quindi appetibili, ma anche capaci di attivare il pensiero complesso, che altrimenti avrebbe scarsissime occasioni di essere coltivato. L'esperimento, tanto più utile a livello motivazionale quanto più è radicato alla realtà vissuta dallo studente, deve coniugarsi al ragionamento per concetti; e la verifica dell'ipotesi deve giungere alla fine di un percorso di mobilitazione cognitiva efficace. Solo in questo modo la scuola avrà assolto il ruolo che le compete nella formazione di cittadini consapevoli. L'insegnante capace di interrogarsi sull'efficacia del proprio lavoro, soprattutto durante la conduzione delle attività, è in grado di promuovere lo sviluppo delle competenze formative attraverso un approccio di insegnamento-apprendimento fondato sulla ricerca; può realizzare paradossi didattici in cui il coinvolgimento degli alunni passivi si realizza insieme al successo degli studenti con problemi cognitivi certificati.

La formazione come docente specializzato permette una visione che è al contempo particolareggiata e d'insieme sulle difficoltà di apprendimento e sugli ostacoli cognitivi, ma le strategie utili al loro superamento, contrariamente a quanto molti credono, non sono scarpe su misura disegnate sul singolo alunno certificato; come dei calzanti concettuali, sono funzionali per tutti gli studenti, soprattutto a quelli che per mancanza di motivazione non riescono a mobilitare le proprie risorse cognitive. Nella didattica dell'handicap, la cosiddetta semplificazione della programmazione spesso non è altro che un approccio fatto da una direzione diversa, in modalità multidisciplinare, a 360 gradi; le esperienze didattiche, soprattutto quando sono ancorate a scenari familiari, diventano utili per tutti quegli studenti altrimenti destinati a non riuscire con l'approccio lavagna-libro.

Il progetto

Alla fine del 2014 la LILT (Lega italiana per la lotta contro i tumori, sezione di Frosinone), si è rivolta al nostro istituto chiedendo delle ricette da inserire nel manuale di sana alimentazione per il progetto *Salute senza confini*, approvato e

finanziato dal Ministero delle Politiche Sociali e del Lavoro e rivolto agli adolescenti e ai giovani adulti malati di tumore. Interpellato dal mio Dirigente, ho colto nell'iniziativa l'opportunità di collegare l'insegnamento della chimica a uno specifico sfondo culturale. Sebbene la LILT non avesse chiesto un impegno diretto degli alunni, bensì degli insegnanti di enogastronomia, ho ottenuto per i ragazzi un ruolo attivo, riconosciuto e riconoscibile all'interno del progetto, contestualmente alla partecipazione di studenti con difficoltà di apprendimento. Dopo l'illustrazione del progetto nelle classi seconde, hanno deciso di partecipare 40 studenti, alla fine autori di 80 ricette. Gli alunni sono sostanzialmente riconducibili a tre categorie:

- Il gruppo degli "onnivori", caratterizzato da impegno costante in tutte le discipline, con ottimi voti, ma per lo più senza reali e circostanziati interessi; questi alunni sono mossi dall'ansia del voto e vivono con grande difficoltà gli eventuali momenti di insuccesso. La loro prima preoccupazione è capire cosa pretenderà l'insegnante in sede di verifica. Pur manifestando spesso scetticismo per gli approcci didattici nuovi, sono la gioia di molti insegnanti; all'interno del progetto erano in otto.
- Un secondo gruppo composto da 20 studenti (la maggior parte delle ragazze ne fa parte), noti generalmente come apatici e privi di interesse per la scuola; poco comunicativi col docente ma solitamente vivaci nel raccontare gli eventi della loro vita privata. Nel corso del lavoro questo gruppo è stato particolarmente entusiasta e collaborativo, sobbarcandosi anche di compiti in più con continue richieste fatte al docente. In chiusura di anno scolastico all'inizio della lezione chiedevano ancora: *Cosa facciamo oggi?* Molti erano caratterizzati da un forte impegno nel supporto ai compagni in difficoltà.
- Il terzo gruppo comprende ragazzi interessati e incuriositi, non tanto per la novità in sé quanto probabilmente per la speranza di ottenere finalmente risultati positivi. Insicuri e solitamente poco loquaci, ho rischiato di perderne qualcuno durante le varie fasi; ne fanno parte quasi tutti gli alunni con difficoltà cognitive certificate. Sono stati seguiti dai docenti del dipartimento di sostegno e da compagni appartenenti al secondo gruppo, che li hanno motivati e supportati.

Ho ritenuto utile impegnare gli studenti in un percorso di appropriazione attiva di conoscenze che fossero indispensabili per il loro percorso formativo. Colloqui esplorativi effettuati nelle classi avevano confermato i peggiori sospetti: sana alimentazione nella mente degli studenti significa spesso un miscuglio di genericità fondate sul consumo di frutta e verdura, timori sulla carne rossa, misconcetti sui grassi, abitudini alimentari sbagliate. Di specifici alimenti, talvolta correttamente riconosciuti come antitumorali, come ad esempio il cavolo, non si ha la minima

conoscenza del meccanismo di azione e dei reali benefici. Gli studenti, spesso abituali frequentatori di palestre e luoghi di fitness, hanno vaghe idee sull'utilità nella dieta di prodotti antiossidanti e integratori, noti soprattutto grazie alla pubblicità; le ragazze sono solitamente ferrate in merito al contenuto calorico di diversi alimenti, senza però saper definire correttamente il concetto, la sua storia e soprattutto le modalità di misura (trovo ancora oggi affascinante l'esperimento di Malher, una vera bomba didattica tra fisica e chimica).

Figura 1. Il gruppo di lavoro al completo e un momento dell'attività didattica nelle classi.

Con queste premesse era impensabile impegnare i ragazzi nella compilazione delle ricette senza la strutturazione dei concetti fondamentali, né sarebbe stato utile procedere con lezioni frontali di tipo tradizionale, soprattutto nell'ottica di motivare gli alunni più riottosi (sebbene la novità rappresentata dal ricettario ne avesse coinvolto già un buon numero). L'idea è stata quella di elaborare un percorso didattico fondato su situazioni reali, usandone ognuna come leva sul processo cognitivo. Senza la disponibilità di un laboratorio di scienze, senza vetreria, ad esclusione di pochissime cose personali, abbiamo percorso un cammino concettuale il più possibile aperto alle domande individuali; i dubbi e i personali interessi hanno suggerito sperimentazioni radicate al vissuto quotidiano, al contempo motivanti e facili da realizzare.

Percorso didattico

Come in una mappa concettuale, il percorso didattico si è sviluppato attorno al significato di ossidazione, poiché mi è parso che premesse, obiettivi e dati di partenza non permettevano di prescinderne. Nel quadro che si è delineato, struttura atomica, protoni e reazioni con scambio di elettroni rappresentano i nodi fondamentali. Nella strutturazione della programmazione curriculare il progetto è

stato inserito in maniera coerente ed omogenea.

Il percorso didattico

- Lezioni sulla struttura atomica
- Scambio di elettroni
- Ossidazione e riduzione
- Formazione di ioni e radicali liberi
- Ossigeno:indispensabile per la vita, ma i radicali?
- Proprietà degli alimenti freschi e conservati: la bromelina dell'ananas.
- Antiossidanti e alimentazione: Il test Orac
- Proprietà nutritive della vitamina C: il limone e i succhi di frutta
- Le ricette e il manuale di sana alimentazione

Modulo	Unità di apprendimento	Altre discipline coinvolte
Struttura della materia (e prime trasformazioni)	1.Atomo e particelle subatomiche 2.Sistema Periodico degli elementi 3.Ossidazione e riduzione: La pellicola di alluminio in cucina 4.Ossidazione e riduzione: L'argentatura delle posate	Scienza e cultura dell'alimentazione Lab enogastronomia
Legami chimici, stati della materia e solubilità	1.Legami chimici (ionico, covalente puro e polare, dativo) 2.Forze intermolecolari: stati della materia e passaggi di stato. Curva dell'acqua 3.Solubilità: miscugli omogenei ed eterogenei (maionese; cocktail;sequenza di condimento di un'insalata) 4.Concentrazione delle soluzioni: grado alcolico, normativa e problemi per la salute	Lab Sala-bar Lab enogastronomia
Sostanze di impiego comune e per uso professionale	1. Rischio chimico: studio di etichette e pittogrammi 2.Acque nell'alimentazione: composizione-classificazione, abbinamenti con i piatti del menù 3.Composti chimici organici: proteine, carboidrati e grassi alimentari 4.Composti chimici inorganici: sale da cucina e altri Sali; acidi e basi; pH di sostanze alimentari	Scienza e cultura dell'alimentazione Discipline professionali
Prove sperimentali di trasformazione chimica degli alimenti	1.Antiossidanti veri: potenzialità didattiche in una mela 2.Grassi e punto di fumo; stabilità all'ossidazione 3.Alimenti freschi e conservati: l'ananas non fa dimagrire (ma contiene un enzima) 4.L'assenza di ossigeno: panificazione e produzione di bevande alcoliche 5. Ossidazione di un succo di frutta con la tintura di Iodio 6. Il limone in cucina: motivi chimici	Laboratorio di enogastronomia Scienza e cultura dell'alimentazione

Figura 2. La sequenza didattica e la sua integrazione nella programmazione di scienze integrate-chimica

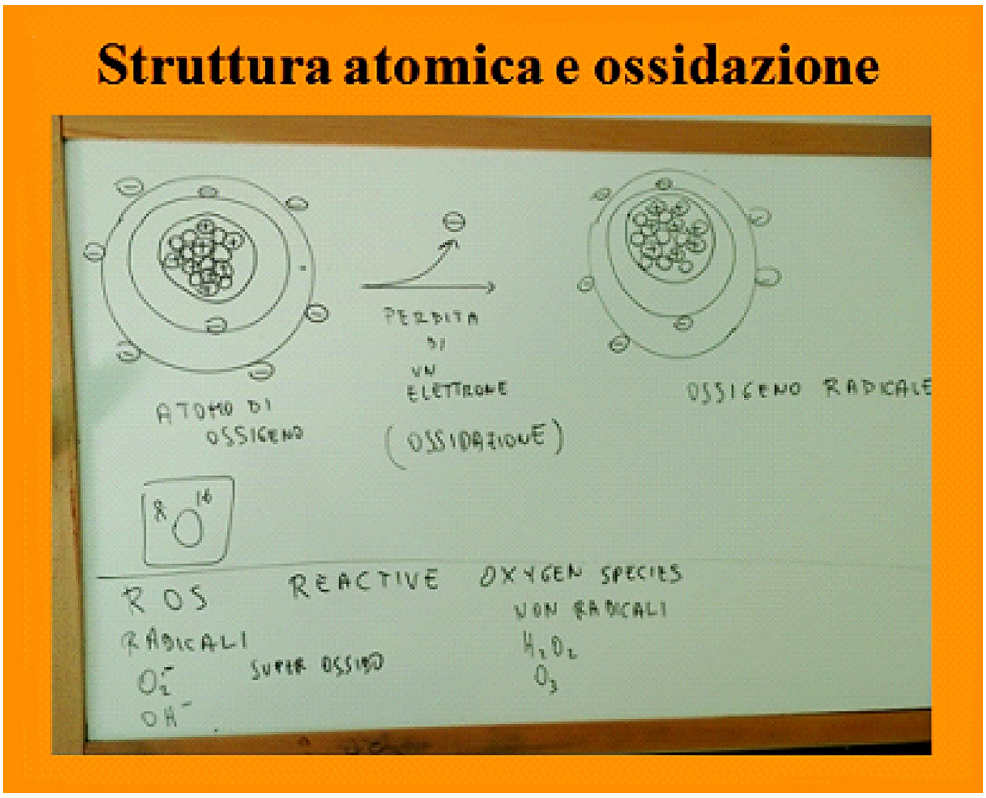


Figura 3. Formazione di radicali dalle reazioni di ossidazione.

1. **Lezioni frontali**. Le lezioni frontali sono state dedicate all'analisi dei modelli atomici che si sono succeduti nel corso dei secoli, confutati alla lavagna attraverso i dati forniti dai ragionamenti logici e dagli esperimenti storici; i ragazzi hanno imparato a disegnare gli atomi dei diversi elementi chimici attribuendo il corretto numero e la posizione alle particelle subatomiche. Con la spiegazione dell'ottetto, abbiamo potuto analizzare anche la formazione di ioni e radicali, introducendo le reazioni di ossidazione e di riduzione biologiche.

2. Benché non mancassero esempi didatticamente validi, abbiamo contestualizzato il fenomeno dell'ossidazione nello scenario più familiare: la cucina. Settimane prima un alunno aveva chiesto spiegazioni su un fenomeno avvenuto in casa: da un piatto di polenta al ragù coperto con la "carta" di alluminio dopo poche ore era scomparsa la pellicola protettiva ("professore, *secondo me si è sciolta nella polenta*"). È opinione comune, purtroppo anche nell'istituto alberghiero, che la pellicola di alluminio non debba essere usata nella conservazione e preparazione degli alimenti acidi. I ragazzi sapevano bene però che la pellicola di alluminio costituisce un elemento fondamentale nella ricetta del pesce al cartoccio, che si prepara con una o più fette di limone. Per i miei studenti delle seconde, coscienti che il limone ha un pH acido, c'era un palese conflitto.

Figura 4. Da una curiosità emersa in classe alle prove di ossidazione in cucina.

I dati dell'esperimento, ripetuto con alimenti come pomodoro, pasta cotta, pane inumidito, frutta di diverso tipo, suggeriscono che la pellicola di alluminio interagisce attraverso lo scambio di elettroni se è posta a contatto con un altro metallo a diverso potenziale, purché vi sia un mezzo acquoso come ponte di contatto (l'alimento, che quindi deve essere al limite del bordo del recipiente); questo avviene indipendentemente dal cibo utilizzato, e quindi dal pH. L'alunno, interpellata la madre, ha poi confermato che il contenitore della polenta da cui era partita la sua domanda era un vassoio di acciaio.

3. **Fenomeni ossidativi e problemi per la salute**. I fenomeni ossidativi ci hanno portato ad approfondimenti sui radicali liberi, responsabili di svariate patologie.

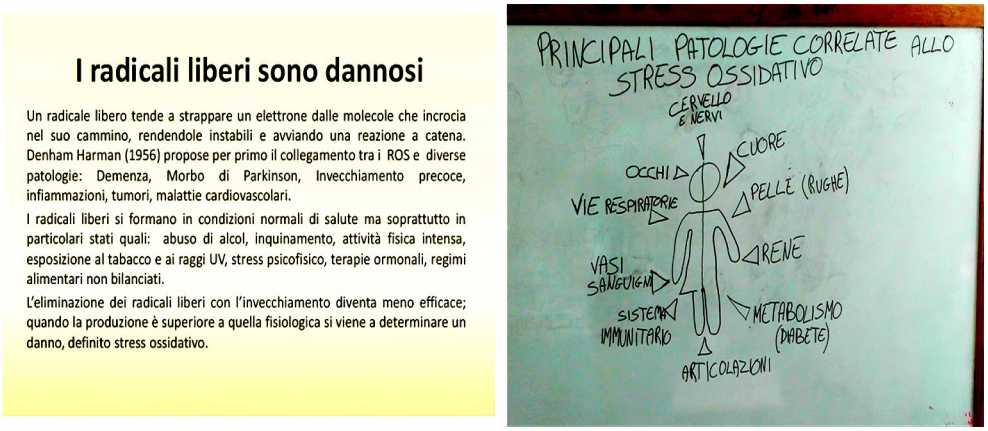


Figura 5. Correlazione tra radicali liberi e patologie.

4. La **protezione dall'ossidazione** può avvenire con processi esogeni ed esogeni, attraverso meccanismi d'azione di tipo "elettronico". Questo passaggio concettuale, insieme all'analisi delle reazioni dell'acido ascorbico, ha costituito il fulcro per la strutturazione consapevole del ricettario di sana alimentazione, in quanto ha permesso di capire l'importanza della nutrizione.

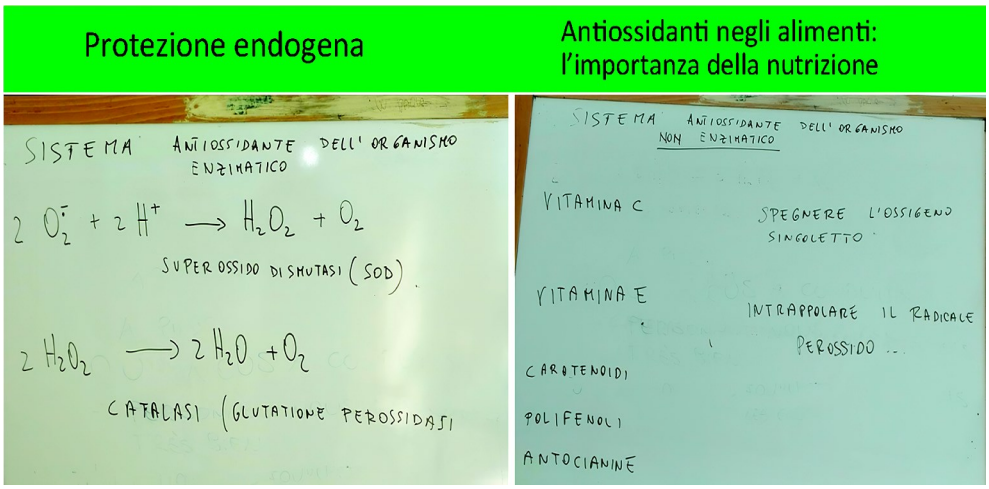


Figura 6. Protezione dall'ossidazione: meccanismi protettivi all'interno dell'organismo.

5. **Consapevolezza**. La misura del potere antiossidante dei diversi alimenti permette di costruire consapevolezza condivisa, contro le mode alimentari e i trucchi del marketing.

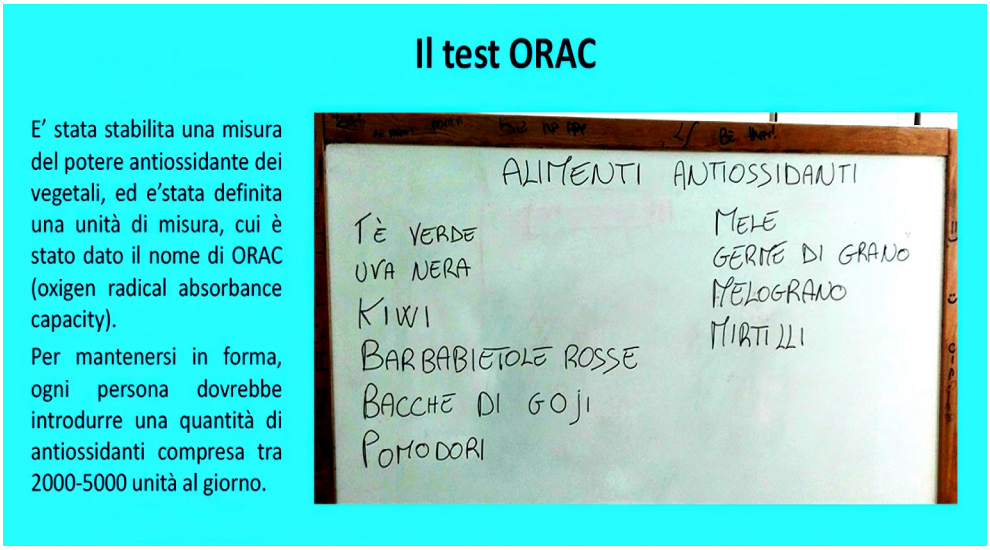


Figura 7. Misura del potere antiossidante e alimenti consigliati.

6. **Approfondimento**. Come approfondimento fra i diversi antiossidanti abbiamo scelto la Vitamina C. L'argomento, affrontato con lezioni frontali e semplici esperimenti, è stato particolarmente potente dal punto di vista motivazionale, percepito dai ragazzi con vivo interesse. Il lavoro con mela e limone è stato ripetuto a casa da tutti gli alunni; alcuni si sono cimentati autonomamente a variarne le condizioni (frutta di tipo diverso, carne, confronto tra l'azione del limone e quella dell'estratto comprato al supermercato).

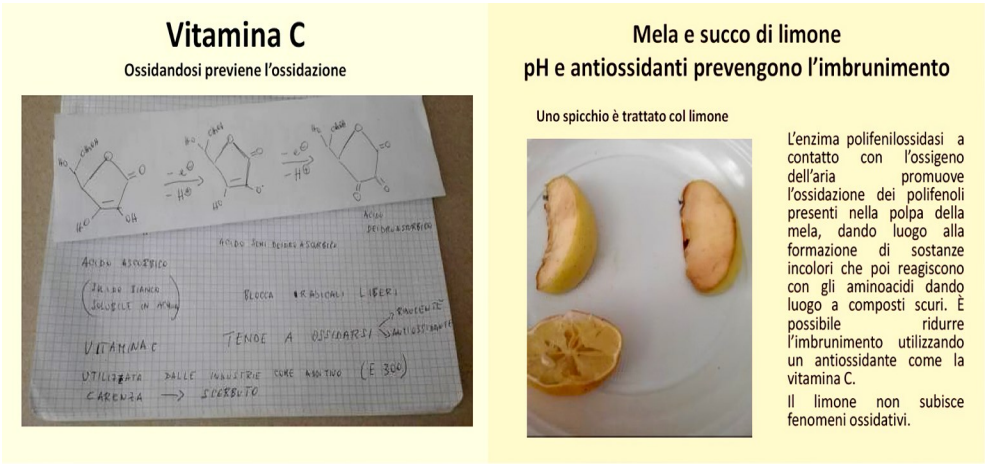


Figura 8. Potere antiossidante della vitamina C: meccanismo di reazione e verifica sperimentale.

7. **L'orto delle piante aromatiche**. Una parte degli esperimenti è stata dedicata agli estratti vegetali ottenuti dall'orto botanico della scuola; il lavoro ci ha impegnato per mesi, dalla preparazione del terreno all'allestimento dell'impianto di irrigazione a goccia, fino ad arrivare alla messa a Dimora delle piantine aromatiche (utilizzate anche come tema per la cena di gala di fine anno). È stato particolarmente utile come supporto didattico per altre parti della programmazione: ad esempio le operazioni di estrazione sono state fondamentali per affrontare l'argomento miscugli omogenei/eterogenei. Grande impegno della componente femminile; abbastanza apatici gli studenti del primo gruppo.

Figura 9. Un vero e proprio **lavoro sul campo**.

Figura 10. Da un campo all'altro: quello più propriamente scientifico.

Figura 11. Risultati visibili: azione antiossidante di diversi prodotti alimentari, alcuni ottenuti dall'orto e altri commerciali.

Figura 12. Confronto tra prodotti diversi e variazioni in funzione del pH.

Figura 13. La classe è un laboratorio: studio sull'estratto di basilico.

8. **I succhi di frutta**. Il lavoro sui succhi di frutta ha interessato molto i ragazzi, coinvolti in situazione come cittadini-consumatori; per alcune prove lo Iodio utilizzato è stato ottenuto dall'elettrolisi di una soluzione di KI, realizzata in classe con una pila da 4,5 V a supporto delle lezioni sulle ossidoriduzioni.

Figura 14. Un lavoro nato da una proposta dei ragazzi: la verifica dei dati in etichetta.

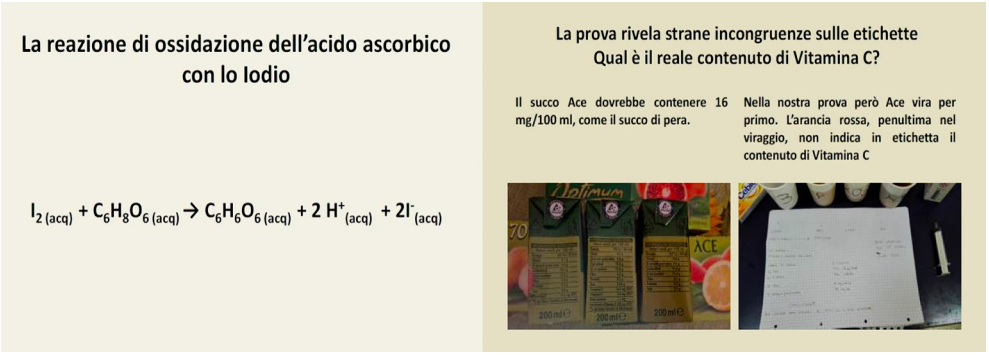


Figura 15. L'indagine chimica rivela curiose incongruenze.

9. **I misconcetti e l'importanza dei prodotti freschi nell'alimentazione**. L'ananas compare in diverse diete dimagranti, a motivo di presunte proprietà "brucia grassi". Esperimenti realizzati con svariati prodotti alimentari hanno mostrato invece caratteristiche proteolitiche (come sulla colla di pesce), quindi dannose, in particolare sui muscoli. Il lavoro è servito anche per dimostrare come i prodotti conservati hanno caratteristiche molto diverse rispetto a quelli freschi. Nell'ananas in scatola infatti l'enzima è risultato inattivo.

Figura 16. L'ananas (fresca) idrolizza le proteine: l'arancia no.

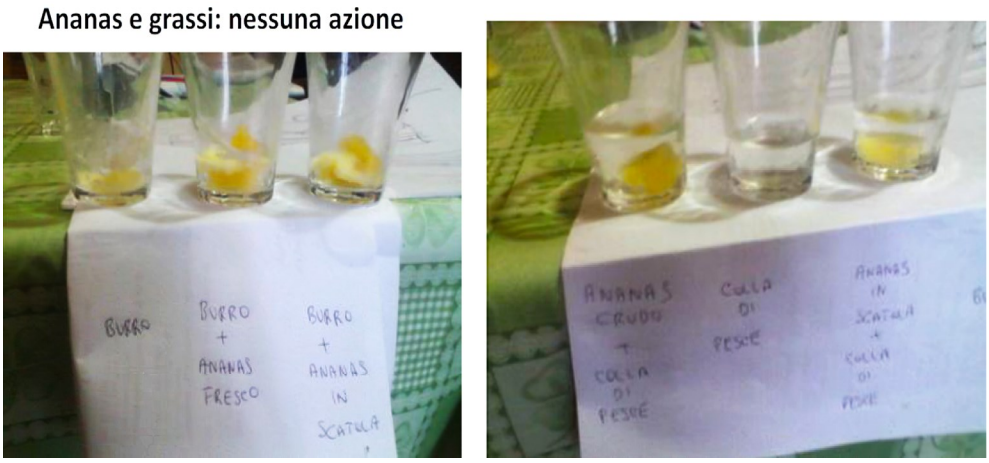


Figura 17. L'ananas non brucia i grassi; il prodotto in scatola non ha azione neanche sulle proteine.

10. **Le etichette**. Ci siamo occupati dell'analisi delle etichette di prodotti commerciali; le nuove normative collidono con molti degli accorgimenti del marketing.

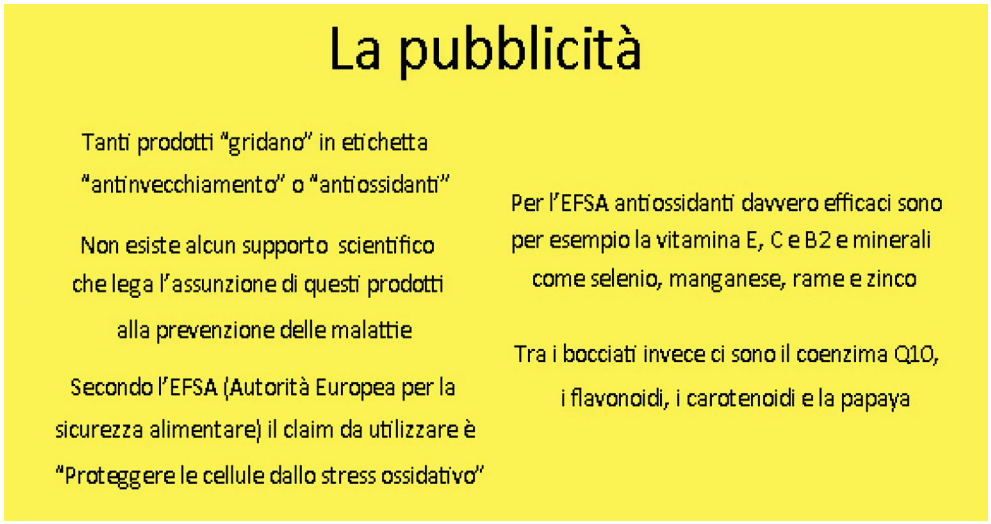


Figura 18. Riflessioni sulla correttezza degli slogan pubblicitari (abbiamo omesso le immagini relative alle etichette dei prodotti commerciali analizzati).

11. **Integratori**. Gli integratori rappresentano un'abitudine alimentare spesso ingiustificata, dimostrazione che l'attenzione che la maggior parte dei consumatori dedica alle tematiche dell'alimentazione è superficiale. Lettura, riflessione e spirito critico sono esercizio di pochi; raramente si approfondisce oltre lo slogan, il servizio televisivo o il passaparola.

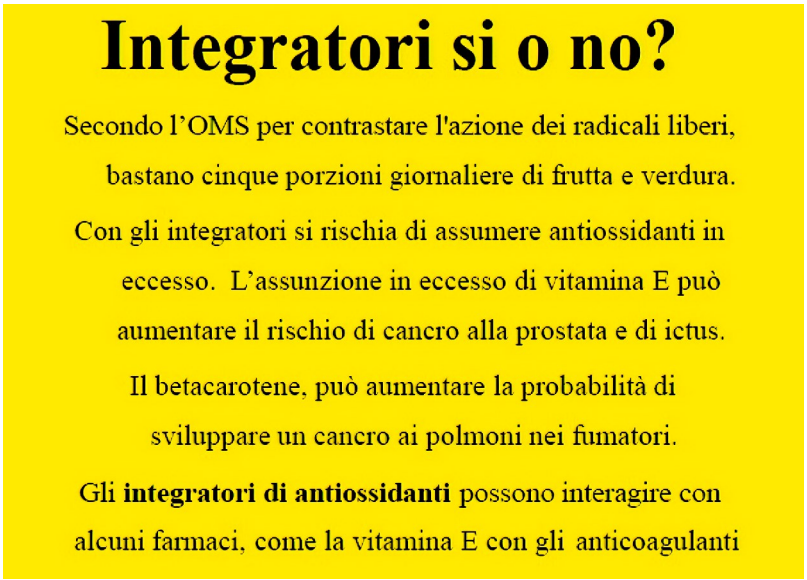


Figura 19. I rischi degli integratori.

12. **Elaborazione delle ricette: il fatto concreto è diventata una questione scientifica**. Grazie alle diverse fasi del lavoro, gli studenti hanno potuto cimentarsi con consapevolezza nell'elaborazione di ricette di sana alimentazione. Il coinvolgimento di genitori e nonni ha permesso il recupero di prodotti e preparazioni enogastronomiche del territorio, attraverso un modello di didattica condivisa intergenerazionale.

Figura 20. Elaborazione delle ricette e preparazione dei piatti.

13. **Didattica itinerante**. Le attività didattiche hanno avuto una significativa diffusione sul territorio attraverso i convegni e le iniziative dedicate alla sicurezza alimentare e alla sostenibilità. I mezzi di informazione, interessati all'inizio sull'onda del trend enogastronomico, hanno via via colto gli elementi di novità del lavoro. Il loro supporto al progetto si può definire *media didattico*, soprattutto per ciò che concerne la televisione.

Figura 21. Convegni e trasmissioni televisive.

Figura 22. Laboratorio didattico nella sede della Regione Lazio.

Figura 23. Un ringraziamento particolare: l'autore con la madre.

14. **Il prodotto finale sembra rispondere agli obiettivi di partenza e anche alle ultime indicazioni ministeriali**.

Figura 24. Riflessioni finali: le indicazioni ministeriali e i risultati ottenuti con il progetto.

Osservazioni

All'inizio di ogni anno scolastico ci sono sempre alunni che chiedono: "*ma a cosa ci serve lo studio della chimica?*". Questo lavoro più che una risposta a loro, voleva essere uno stimolo per i colleghi che frettolosamente catalogano "quegli" studenti come poco interessati. La mancanza di motivazione del ragazzo raramente si manifesta subito, al primo incontro con la nuova disciplina; il docente ha il tempo per organizzare un contesto di lavoro che sia finalizzato ad uno scopo utile e coinvolgente. L'apatia si manifesta perché lo studente, non riconoscendo lo scenario, finisce per non riconoscere neanche l'utilità di quello che gli viene proposto, percependolo come una sterile applicazione pedissequa. Diversi elementi raccolti nel corso del lavoro fanno pensare anzi che per il **gruppo degli apatici** il disinteresse (peraltro comune alla quasi totalità delle discipline), possa essere la maschera di un particolare acume intellettuale; alla ricerca di un senso e un motivo in quello che fa, l'adolescente dotato di spirito critico e intelligenza non **vuole** impegnarsi per qualcosa che non ha scelto. Qualora si senta protagonista primario, può però riconoscere una funzionalità tale da trasformare il rifiuto in un piacere emotivo che dal compito si estende a tutta la disciplina. È da rilevare che l'aspetto più interessante del progetto risiede nelle ricadute successive: a lavoro finito molti di questi alunni, forse anche per aspetti di carattere empatico, hanno continuato a impegnarsi su tutto il programma, partecipando addirittura ad un corso di potenziamento disciplinare.

Lo sviluppo delle diverse attività mostra che un cambio di approccio didattico può essere utile anche nei casi di difficoltà di apprendimento dovute a problemi cognitivi, e non tanto per i risultati raggiunti dagli **alunni del terzo gruppo**, comunque "falsati" dal supporto ottenuto dai compagni, e perciò significativamente rilevanti sul piano dell'integrazione scolastica. Per questi alunni gli argomenti proposti sono certamente difficili e apparentemente senza scopo, soprattutto se affrontati a partire dal libro e dalla questione scientifica, unica e solita strada che non **sanno** percorrere; anche per loro il legame ad una situazione nota è importante per la motivazione (ne ravvisano l'utilità), ma ancora di più perché partendo da un contesto culturale familiare riescono a mobilitare anche competenze trasversali di carattere psicologico (**posso** farcela). Per il **primo gruppo** (gli alunni strutturalmente motivati) il lavoro è stato percepito come un compito-dovere da portare a termine, in cui la ricetta finale, corretta e approvata, ha esaurito ogni spinta propulsiva; raramente questi studenti hanno proposto variazioni e nuovi esperimenti nel corso del lavoro. Le nuove domande, che altri hanno continuato a fare anche a lavoro finito, sono state anzi percepite con fastidio, come un inutile ritardo nella prosecuzione del programma, identificato con il libro di testo: per loro è fondamentale la sequenza dei vari capitoli, e non mancano di esprimere perplessità quando il docente segue un ordine diverso.

Conclusioni

Nell'istituto alberghiero è palese la richiesta di formazione pratica immediatamente spendibile nel mondo del lavoro, soprattutto in un periodo storico come l'attuale. Stimolare l'interesse e la curiosità per quelle discipline che, come la chimica, per menti poco avvezze alla cultura scientifica, allo studio e alla riflessione, non sembrano avere un apparente e immediato legame con la realtà professionale, rappresenta perciò per il docente una sfida continua. L'interesse verso questo tipo di scuola, veicolato anche dalle nuove trasmissioni televisive dedicate, se ha certamente aumentato le iscrizioni, ha reso però più difficile il lavoro dell'insegnante, in perenne lotta contro una massiva semplificazione concettuale. Le discipline scientifiche hanno indubbie potenzialità ma è difficile stabilire quanto, se e come un ragazzo debba operare direttamente su fatti concreti (manipolare) nella strutturazione della teoria (variano anche i livelli di possibilità: quanti esperimenti sono possibili per il micro?).

L'approccio didattico basato sulla realtà non è immune da critiche: il successo didattico conseguito attraverso l'ancoraggio alle situazioni quotidiane, per alcuni colleghi è banalizzante per la "dignità scientifica" della disciplina. Spesso si tratta però di docenti che hanno scarsa esperienza nel campo delle difficoltà di apprendimento, e che non conoscono la mancanza di motivazione tipica degli alunni dei tecnici e dei professionali. Secondo Einstein: "*Se si giudica un pesce dalla sua capacità di arrampicarsi sugli alberi, passerà la sua vita a credere di essere stupido*". Tutti vorremmo una classe di studenti con motivazione profonda, su tutti i punti del programma, e magari al di là delle attitudini e degli interessi personali; con Vygotsky e Novak abbiamo scoperto però che la nuova conoscenza si struttura nella rete cerebrale agganciandosi a nodi concettuali preesistenti, strutturati a un livello inferiore. Il fatto concreto, gradino pavlovianamente più basso nei processi di apprendimento, rappresenta la fondazione dell'intero edificio cognitivo; è perciò particolarmente importante per costruire stabilmente la nuova conoscenza nelle strutture mentali a basso grado di astrazione. Questi alunni hanno spesso in comune con gli studenti poco motivati il contesto socioculturale di provenienza, solitamente svantaggiato. Per entrambi, nell'apprendimento, la realtà circostante può essere percepita come terminale bisenso: *motivazionale* dalla questione alla situazione, mentre nel verso contrario rappresenta il serbatoio psicologico da cui trarre le sensazioni di adeguatezza indispensabili (*emotivazionale*) per far fronte al compito richiesto.

Stabilire punti di contatto tra problematiche cognitive riconosciute dal punto di vista medico (i cui criteri possono però cambiare solo in nome delle esigenze di bilancio) e altre relegate nel capitolo "mancanza di interesse e di motivazione per lo studio" è compito arduo. L'introduzione dei Bisogni Educativi Speciali (2012), ha allargato il campo di attenzione per la didattica dei problemi di apprendimento,

ma si rischia di sprecare un'occasione. La maggiore responsabilizzazione verso il disagio scolastico e le difficoltà cognitive, allargata ora a tutto il consiglio di classe, non deve tradursi solo nella preoccupazione di "avere tutte le carte a posto".

Se è vero che non tutti gli insegnanti curriculari hanno le competenze per predisporre piani educativi individualizzati coerenti con le necessità di ogni singolo alunno, attraverso modalità di ricerca-azione è possibile però costruire percorsi di apprendimento alternativi alla didattica tradizionale, capaci di stimolare l'impegno e l'attenzione anche in quei soggetti che, per difficoltà proprie o per scarso interesse, non riescono a trovare la giusta motivazione. Le esperienze con alunni disgrafici e discalculici, ma soprattutto il campo dell'autismo, suggeriscono che molto spesso di fronte a noi non c'è un alunno apatico, ma una mente che ha bisogno di essere stimolata nell'attivazione di processi cognitivi "altri". Esistono metodologie di lavoro e strategie comunicative che ben si adattano a entrambi i campi, ma alla base di molti successi oltre ai motivi didattici, ci sono fondamentali questioni di professionalità pedagogica. Nel progetto *PROFILES*, che non conoscevo pur applicandone forse alcuni dei principi ispiratori e delle strategie, c'è la possibilità di un confronto fra professionisti che hanno scelto, amandolo, il proprio lavoro.

"*Se si escludono istanti prodigiosi e singoli che il destino ci può donare, l'amare il proprio lavoro (che purtroppo è privilegio di pochi) costituisce la migliore approssimazione della felicità sulla terra. Ma questa è una verità che non molti conoscono*." (P. Levi)

Bibliografia

1. V. Brianzoni, L. Cardellini, Il progetto europeo PROFILES e il suo impatto in Italia. *La Chimica nella Scuola*, 37 (3), 37-58, 2015.
2. L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo: un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli student. *La Chimica nella Scuola*, 21 (1), 18-25, 1999.
3. P. Levi, *La chiave a stella*. Einaudi: Torino, 1978.

Capitolo 54

L'uso delle tecnologie digitali nella didattica

Paolo Cutini
Liceo Linguistico e Scienze Umane "Regina Margherita" - Anagni (FR)
e-mail: cyberteacher.it@cyberteacher.it

Premessa

Le tecnologie digitali, già adottate negli anni scorsi da molti docenti nello svolgimento dell'attività didattica, sono diventate uno strumento indispensabile in un contesto come quello attuale, nel quale l'emergenza sanitaria dovuta al COVID-19 ha costretto tutti coloro che operano nel mondo della scuola a una forzata separazione e, quindi, a ricorrere – inizialmente in maniera alquanto eterogenea e, spesso, improvvisata, poi sempre più organizzata e coerente – alle risorse che la rete mette a disposizione (programmi di videoconferenza, *cloud* con applicazioni per la realizzazione di attività condivise, siti di video didattici, ecc.) per lo svolgimento quanto più efficace possibile della propria attività.

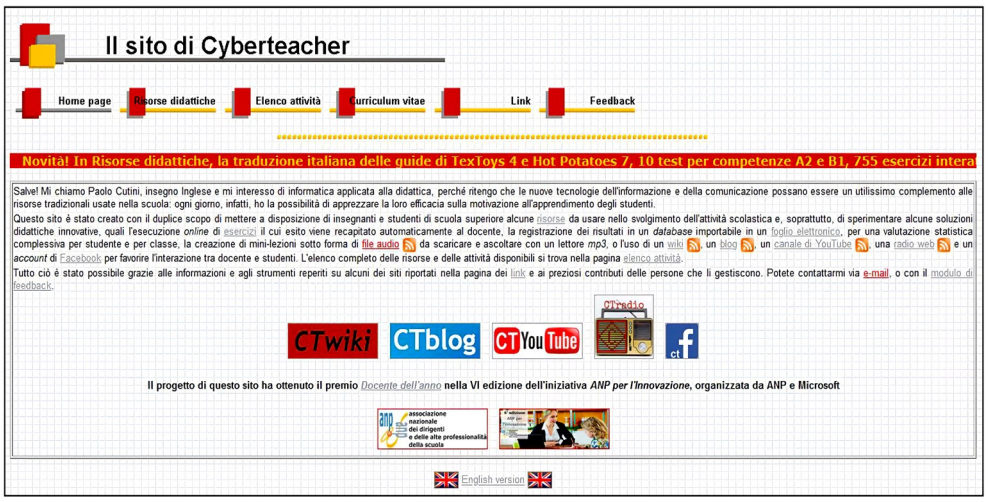
Questo articolo è costituito da tre parti, ciascuna delle quali tratta di argomenti frutto di esperienze di utilizzo di risorse, che vengono proposte come spunto di riflessione per un uso più strutturato delle tecnologie digitali applicate alla didattica.

Nella prima parte, viene descritto il *progetto Cyberteacher*, che prende il nome dal *nickname* adottato nel 1996 e assegnato a un sito *web* creato nel marzo 2002. La seconda parte offre suggerimenti sull'uso di strumenti e pratiche per una didattica differenziata della lingua inglese, in gran parte applicabili anche alla maggior parte delle altre discipline. La terza parte tratta di come si possano usare le applicazioni di uno dei *cloud* disponibili in rete per creare piattaforme digitali collaborative con la modalità del *cooperative working*. Nell'Epilogo, infine, quello che ogni insegnante si augura che possa accadere ogni volta che suona la prima campanella dell'anno scolastico …

 L. Cardellini (a cura di), *Progetto PROFILES* (pp. 499-516)

Parte prima – Il progetto *Cyberteacher*

Il progetto *Cyberteacher* è nato nel marzo del 2002, con la creazione di un sito *web* (1) che potesse fungere da contenitore di risorse e materiali utili allo svolgimento dell'attività didattica quotidiana in classi di scuola secondaria superiore.



Tutto è iniziato con la scoperta in rete del programma-autore *Hot Potatoes* (2), una *suite* di sei applicazioni che creano varie tipologie di esercizi interattivi in formato *html*, la cui collocazione naturale è, quindi, la rete; da questa considerazione, è scaturita l'idea di mettere una pagina del sito a disposizione di quei docenti che non avevano un proprio sito sul quale pubblicare gli esercizi creati. È nata, così, una piccola comunità *online* di insegnanti che hanno contribuito a costruire una raccolta di oltre 700 esercizi interattivi di 10 materie diverse. Nel corso degli anni, al sito si sono aggiunte altre risorse, tutte finalizzate alla realizzazione di attività didattiche con gli studenti:

- un sito *wiki* (cioè un sito in cui più utenti possono modificare i contenuti, caricare file, comunicare e collaborare), che raccoglie progetti e attività di vario genere, da usare a complemento dell'attività didattica quotidiana;
- un *blog*;
- un canale di *YouTube*, con video realizzati da docente e studenti;
- una radio *web*, che ospita trasmissioni prodotte con servizi forniti dagli studenti;
- un *account* di *Facebook*, usato per creare gruppi-classe che facilitino la comunicazione docente-studenti.

Finalità

Dal punto di vista didattico, gli scopi che il progetto si propone sono:

- creare un ambiente collaborativo condiviso, per mezzo di risorse didattiche da usare nello svolgimento dell'attività scolastica; il sito e tutti i materiali, le risorse e gli strumenti in esso contenuti sono pubblici e fruibili gratuitamente da chiunque;
- sperimentare soluzioni didattiche innovative, che favoriscano la comunicazione e l’interazione docente-studenti;
- coinvolgere gli studenti non solo nella fruizione delle risorse disponibili, ma anche nella loro partecipazione diretta al processo creativo attraverso la realizzazione di video, esercizi interattivi, documenti condivisi, servizi per trasmissioni radio, ecc.;
- consentire agli studenti di acquisire competenze di *cooperative working* e di utilizzo di strumenti che torneranno loro utili in futuro, quando entreranno nel mondo del lavoro;
- usare l’ambiente creato anche per la realizzazione di progetti che coinvolgano, laddove possibile, le associazioni e le istituzioni del territorio.

L’uso delle nuove tecnologie consente anche di semplificare e accelerare altre attività che sono parte integrante della vita scolastica, che possono essere

- di tipo organizzativo, con la somministrazione di questionari informativi – realizzati con applicazioni disponibili sul *cloud* – finalizzati, ad esempio, alla organizzazione di visite guidate, viaggi di istruzione o spettacoli teatrali;
- di verifica, con la creazione di *test* da svolgere con dispositivi mobili, o di sondaggi che consentono al docente di avere un riscontro immediato sull’efficacia dell’attività didattica svolta in classe.

Strumenti

Tutti gli strumenti usati nella realizzazione delle risorse e dei materiali che costituiscono il progetto sono reperibili gratuitamente in rete: per citare solo qualche esempio, *Skype* viene usato per consentire agli studenti impossibilitati ad assistere alle lezioni a scuola, di partecipare in videochiamata da casa, o per i colloqui con le famiglie; il *cloud Google Drive* per creare documenti condivisi o anche prove di verifica scritte da svolgere con i dispositivi mobili (*smartphone*, *tablet*, ecc.); *Google Calendar* per elaborare un calendario degli eventi programmati

nel corso dell'anno scolastico.

Vantaggi

L'introduzione delle nuove tecnologie nella didattica presenta indubbi vantaggi, tra cui

- la semplicità d'uso;
- la disponibilità di un'enorme quantità di materiali per lo più gratuiti;
- la possibilità di attivare una comunicazione e un'interazione collaborativa continuativa e in tempo reale tra tutti i componenti della comunità scolastica (docente, studenti e famiglie).

Le nuove tecnologie e i *social network*, inoltre, possono rappresentare, per un insegnante, uno strumento utile a captare momenti di difficoltà e di disagio, talvolta difficili da cogliere durante la normale attività quotidiana, quando si interagisce con classi di 20 e più persone.

I giovani tendono a usare rete e *social network*, manifestando senza filtri i loro stati d'animo: gioia, felicità, ma anche ansia e angoscia; ciò impone una seria riflessione sulla necessità di educare i giovani ad un uso più consapevole delle tecnologie, aiutandoli a discriminare gli aspetti positivi, da quelli deleteri o, addirittura, illegali o pericolosi: è essenziale, pertanto, che essi si abituino al rispetto della normativa sulla *privacy* (propria e altrui), sul *copyright* e sulla sicurezza, onde evitare i pericoli insiti nella rete, da quelli di natura tecnica, che possono arrecare danno ai dispositivi usati (virus, *spyware*, *malware*), a quelli relativi alla persona, al fine di prevenire fenomeni quali cyberbullismo, pedopornografia, razzismo, intolleranza.

Risultati

Dal punto di vista didattico, i risultati riscontrati nel corso degli anni sono:

- l'incremento della motivazione all'apprendimento, ottenuto con il coinvolgimento e la partecipazione attiva degli studenti non solo nello svolgimento di attività create dal docente, ma anche e soprattutto, nella realizzazione di materiali e risorse;
- l'acquisizione dell'attitudine a una modalità di lavoro collaborativo;
- la facilitazione della comunicazione e dell'interazione docente-studenti-famiglie;

- la diminuzione del numero di ore di lezione perse, grazie alla possibilità di seguire le lezioni anche da casa;
- la conseguente progressiva diminuzione del numero di voti gravemente insufficienti (3-4) a fine anno scolastico, come dimostra il grafico di Figura 1, basato su un campione di circa 140 studenti in 6 classi (pre-riforma Gelmini) e 110 studenti in 5 classi (post-riforma Gelmini) del primo biennio di scuola secondaria superiore.

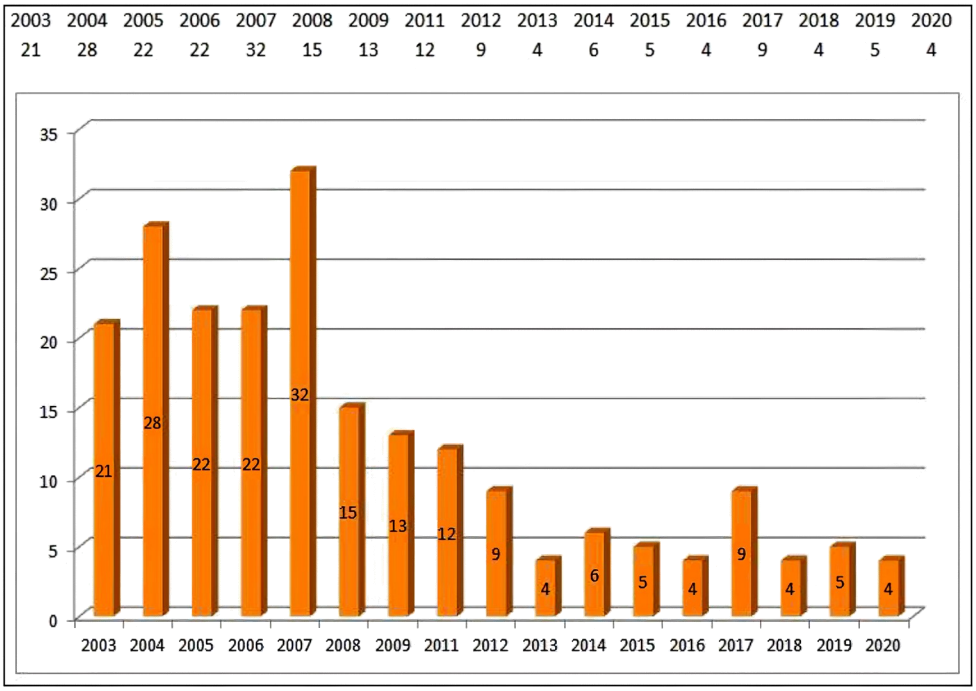
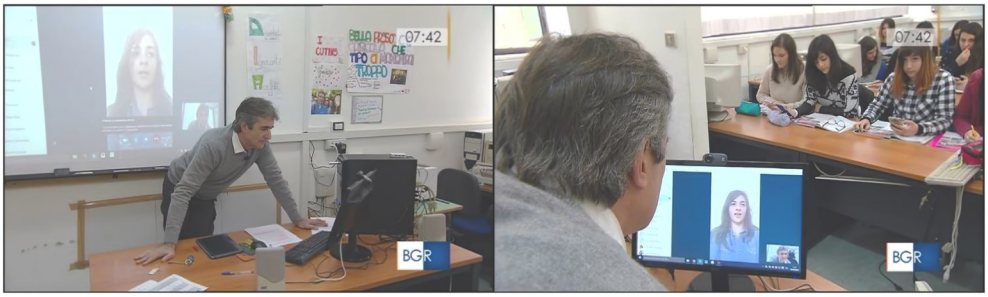


Figura 1. *Grafico del numero di insufficienze gravi nel periodo 2003-2020.*

Il progetto ha consentito di raggiungere significativi risultati anche dal punto di vista economico

- per la scuola, con una diminuzione del 90% dell'uso di carta e fotocopie per i compiti in classe;
- per le famiglie, con una significativa riduzione delle spese per l'acquisto di libri di testo e diari scolastici (sostituiti o integrati da *app* didattiche), per le lezioni private per il recupero dei debiti formativi e, infine, per il trasferimento e le richieste di permessi di lavoro per i colloqui col docente, che vengono effettuati in video-conferenza.



Conclusioni

Quelli citati sono solo alcuni esempi delle possibilità che le nuove tecnologie applicate alla didattica offrono al docente. È importante rilevare, tuttavia, che ciò che cambia non è tanto il contenuto dell'apprendimento, quanto le sue modalità: *computer* e dispositivi mobili sono strumenti complementari e non sostitutivi di quelli usati nell'attività didattica tradizionale; essi consentono di realizzare una forma di didattica collaborativa e, allo stesso tempo, stimolano gli studenti ad acquisire competenze tecnologiche, che saranno loro utili nel mondo del lavoro.

In conclusione, l'esperienza del progetto *Cyberteacher* può rivelarsi utile a chi ritiene che le nuove tecnologie possano essere un efficace supporto all'attività didattica; è, pertanto, indispensabile vincere la ritrosia al cambiamento che spesso si riscontra nell'ambiente scolastico, poiché il processo di innovazione ormai avviato è ineludibile: i giovani sono costantemente connessi alla rete ed è quindi indispensabile che i docenti vadano incontro alle loro esigenze e alle loro inclinazioni. Quanto sopra esposto trova la sua sintesi nel video *Innovation is the Solution!* (3), che rappresenta, in un certo senso, il "manifesto" del progetto *Cyberteacher*.

Sitografia

1. P. Cutini, *Il Sito di Cyberteacher*, 2002, www.cyberteacher.it
2. M. Holmes, S. Arneil, Hot Potatoes, *Hot Potatoes*, hotpot.uvic.ca
3. P. Cutini, CTYouTube, *YouTube*, 2010, www.youtube.com/watch?v=NZWe6gh8C1Q

Parte seconda – Pratiche per una didattica differenziata della lingua inglese

Introduzione

Uno dei compiti più impegnativi per un insegnante consiste nel riuscire a interessare e motivare i propri studenti con un'azione didattica che sappia valorizzare le eccellenze, garantendo allo stesso tempo, il successo formativo di tutti, dal momento che i livelli di conoscenza e competenza all'interno di una classe sono generalmente alquanto diversificati.

Le strategie cui il docente ricorre nel perseguire tali scopi sono talvolta difficili da applicare nella pratica, poiché, come spesso avviene, deve operare in un contesto nel quale convivono studenti con diversi livelli di preparazione, motivazione e interesse per la materia.

Gli strumenti comunemente usati a supporto dell'attività didattica, come i libri di testo, consentono in qualche modo di diversificare i livelli di intervento: i testi per lo studio della lingua inglese, ad esempio, contengono sia attività e risorse per i cosiddetti *fast finishers* – coloro che riescono a raggiungere prima di altri gli obiettivi proposti durante la lezione – sia materiali e strategie per il *remedial work*, l'attività di supporto per il recupero degli studenti che, al contrario, incontrano difficoltà.

In entrambi i casi, si fa comunque ricorso a risorse tradizionali; i nativi digitali necessitano tuttavia di ulteriori stimoli, che possono scaturire dall'uso di strumenti che sono parte integrante della loro vita quotidiana e che possono offrire una diversa e più efficace modalità di approccio allo studio: le tecnologie digitali applicate alla didattica anche attraverso l'uso di dispositivi mobili, consentono agli studenti di diventare protagonisti attivi del processo formativo, offrendo loro la possibilità di creare e usare risorse che ne stimolino la motivazione all'impegno e, di conseguenza, all'apprendimento.

Per questi motivi, nel corso degli anni la mia attività si è sempre più orientata al ricorso alle tecnologie didattiche, allo scopo di offrire una modalità alternativa di espressione delle capacità degli studenti, cercando di perseguirne il giusto riconoscimento.

Strumenti

In rete è possibile reperire una quantità pressoché illimitata di risorse di facile utilizzo e, per lo più, gratuite.

Quello che segue è un elenco di quelle di cui ho avuto modo di sperimentare l'efficacia:

- *Hot Potatoes* (1) e *TexToys* (2), due suite di programmi-autore che consentono

di creare varie tipologie di esercizi interattivi (3) in formato *html*;

- *Markin* (4), un programma che consente di importare testi e aggiungervi annotazioni e commenti; ogni annotazione può avere un punteggio positivo, neutro o negativo e, al termine della correzione del testo, il programma effettua un calcolo automatico del punteggio;
- un canale di *YouTube* (5), disponibile per chiunque abbia un *account di Google*, può essere usato per la pubblicazione di video realizzati in collaborazione con gli studenti;
- una *web radio* (6) può essere utile non solo per l'apprendimento delle lingue straniere, ma anche per consentire la libera espressione di opinioni, interessi e creatività e per favorire l'inclusione e l'integrazione di studenti con diverse abilità e di diverse nazionalità;
- *Skype*, può essere usato per consentire agli studenti impossibilitati ad assistere alle lezioni a scuola, di partecipare in videochiamata da casa;
- il *cloud Google Drive*, anch'esso incluso nel pacchetto *Google*, consente di creare documenti, presentazioni o fogli di lavoro condivisi;
- *Facebook*, può essere usato per creare gruppi-classe o di progetto.

Tutte le risorse citate sono raccolte nel *Sito di Cyberteacher* (7), progettato e pubblicato nel 2002 con il duplice scopo di creare un ambiente collaborativo condiviso e liberamente fruibile da chiunque, e sperimentare soluzioni didattiche innovative, che favoriscano collaborazione, comunicazione e interazione tra docenti e studenti di scuola media superiore.

Esempi di pratiche per una didattica differenziata

Gli strumenti citati consentono di diversificare l'approccio didattico sulla base delle capacità e delle necessità degli studenti: da un lato, i cosiddetti *gifted students*, quelli maggiormente dotati o predisposti allo studio di una lingua straniera che, durante una lezione, riescono spesso a portare a termine prima degli altri i compiti assegnati; dall'altro, coloro che manifestano difficoltà dovute a una scarsa attitudine allo studio di una lingua, ma che vanno comunque motivati per accrescerne l'autostima, con una conseguente possibile ricaduta positiva anche sul profitto scolastico.

Le tecnologie digitali consentono di sviluppare una serie di attività e risorse didattiche da usare in classe, sotto la guida del docente, o autonomamente da casa, sia da chi vuole ampliare e approfondire la propria preparazione, sia da coloro che hanno bisogno di un lavoro di recupero.

Quelli che seguono sono alcuni esempi di attività realizzate con gli strumenti

sopra descritti e finalizzate alla didattica della lingua inglese, ma che possono essere senz'altro usate, con esiti verosimilmente analoghi, anche in altre discipline (8):

- gli esercizi interattivi (9) possono essere assegnati in quantità e difficoltà diversificate in base al livello di abilità; oltre allo svolgimento di esercizi creati dal docente, si può proporre agli studenti di crearne di nuovi, motivandoli con la prospettiva della pubblicazione in rete;
- i video pubblicati su *YouTube* (10) e basati sugli argomenti delle unità didattiche del libro di testo, consentono agli studenti di familiarizzare con l'uso della lingua in contesti reali e, al contempo, di sviluppare abilità nell'*editing* dei materiali prodotti;
- le applicazioni del *cloud* consentono di lavorare in modalità collaborativa, con la creazione di gruppi per la realizzazione di materiali condivisi come, ad esempio, un vocabolario di classe, documenti o presentazioni (11);
- la correzione dei testi e degli elaborati prodotti dagli studenti può essere fatta in formato digitale, con risultati non solo più gradevoli dal punto di vista formale, ma anche più chiari e, quindi, didatticamente più efficaci (12).

Per rendere misurabile e, quindi, valutabile l'impegno degli studenti, a ciascuna attività viene assegnato un punteggio che si concretizza in un *badge*-premio e un *bonus* aggiuntivo sulla valutazione di fine anno scolastico, la cui entità varia a seconda del lavoro svolto; il resoconto complessivo della *web activity* viene pubblicato e periodicamente aggiornato, affinché gli studenti possano avere un immediato riscontro del loro lavoro (13).

Con l'applicazione *Moduli* di *Google Drive*, inoltre, si possono creare questionari di monitoraggio (14) del livello di apprendimento raggiunto da ciascuno studente e, laddove necessario, intervenire con eventuali attività di recupero.

Risultati

Dal punto di vista didattico, i risultati riscontrati sono:

- la possibilità di diversificare l'attività didattica, adattandola al livello di capacità e di impegno di ciascuno studente;
- l'incremento della motivazione all'apprendimento, incentivando con il *learning by doing* la partecipazione attiva degli studenti, non solo nello svolgimento delle attività create dal docente, ma anche e soprattutto nella realizzazione di materiali e risorse;

- l'acquisizione, da parte degli studenti, di competenze di *cooperative working*, che torneranno loro utili in ambito lavorativo;
- la diminuzione del numero di valutazioni gravemente insufficienti alla fine dell'anno scolastico.

Conclusioni

L'esperienza maturata nel corso degli anni mi ha consentito di apprezzare l'efficacia didattica delle tecnologie digitali, che offrono spunti e stimoli sempre nuovi per adeguare l'attività educativa ai bisogni e alle aspirazioni degli studenti, al fine di valorizzare le eccellenze e di salvaguardare il diritto al successo formativo di ciascuno studente.

Appare evidente come, per un efficace uso di risorse e strumenti come quelli descritti, sia indispensabile accompagnare i docenti con una formazione costante e qualificata.

Qualche passo in avanti è stato compiuto con l'adozione del *Piano Nazionale della Scuola Digitale*, ma ancora molto è lasciato alla buona volontà e alla disponibilità di singoli docenti, che si trovano spesso a dover superare ostacoli e opposizioni da parte di coloro che fanno fatica a mettersi in gioco e a seguire la spinta all'innovazione, che si auspica possa riuscire a coinvolgere in misura sempre maggiore coloro che operano nel campo dell'educazione.

Sitografia

1. Holmes, M., Arneil, S., Hot Potatoes, *Hot Potatoes*, hotpot.uvic.ca
2. Holmes, M., TexToys, *Creative Technology*, www.cict.co.uk/textoys
3. P. Cutini, Per i miei studenti, *Il Sito di Cyberteacher*, 2002, www.cyber teacher.it/mieistudenti.htm
4. Holmes, M., Markin, *Creative Technology*, www.cict.co.uk/markin/italiano.php
5. P. Cutini, CTYouTube, *YouTube*, 2010, www.youtube.com/user/cyberteacherit
6. P. Cutini, VoS - The Voice of the Students, *CTradio*, 2017, www.spreaker.com/ user/cyberteacher
7. P. Cutini, *Il Sito di Cyberteacher*, 2002, www.cyberteacher.it
8. Cutini, P., Esercizi di Hot Potatoes e TexToys, *Il Sito di Cyberteacher*, 2002, www.cyberteacher.it/esercizi.htm
9. P. Cutini, Risultati esercizi, *CTwiki*, 2010, ctwiki.wikidot.com/risultati-esercizi
10. P. Cutini, Video, *CTwiki*, 2010, ctwiki.wikidot.com/video
11. P. Cutini, Attività condivise, *CTwiki*, 2010, ctwiki.wikidot.com/condivisione
12. P. Cutini, Correzione testi, *CTwiki*, 2010, ctwiki.wikidot.com/correzione-testi
13. P. Cutini, Web activity, *CTwiki*, 2010, ctwiki.wikidot.com/webactivity
14. P. Cutini, Questionari, *CTwiki*, 2010, ctwiki.wikidot.com/questionari

Parte terza – *Cooperative working*: l'uso delle applicazioni di *Google* per la creazione di piattaforme digitali collaborative

Introduzione

Le tecnologie digitali possono costituire un valido supporto per l'insegnante, non solo nelle loro molteplici applicazioni in campo didattico, ma anche per l'organizzazione del lavoro di un consiglio di classe o un dipartimento disciplinare di un'istituzione scolastica.

Negli ultimi anni, si è diffuso l'uso dei *cloud*, spazi di archiviazione *online* che erogano servizi e rendono disponibili applicazioni che consentono, tra l'altro, la creazione, la trasmissione e l'elaborazione, anche in modalità condivisa, di documenti, fogli di lavoro, presentazioni e moduli. Questa modalità di lavoro offre diversi vantaggi, tra i quali:

- la possibilità di usare gratuitamente le risorse in qualsiasi momento con *computer* e/o dispositivi mobili (usando le relative *app*);
- la possibilità di condividere le risorse, il che consente di lavorare anche contemporaneamente ad altri utenti, sia da scuola, sia da casa;
- la facilità d'uso delle risorse, che consente di operare anche possedendo una minima competenza di base nell'utilizzo di un comuni programmi di videoscrittura, di creazione di fogli di calcolo o presentazioni.

Il progetto

Il progetto descritto in questo articolo si basa sulla modalità del *cooperative working* e, a livello generale, si propone di divulgare l'uso delle tecnologie digitali in tutta la comunità scolastica, come previsto dal *Piano Nazionale Scuola Digitale*, al fine di consentire di attuare pratiche innovative per facilitare e organizzare le attività didattiche e funzionali.

Più in particolare, il progetto si propone di utilizzare alcune delle applicazioni disponibili nel *cloud*, per creare una piattaforma digitale che consenta di organizzare le attività di un dipartimento disciplinare di una istituzione scolastica. Le applicazioni di *Google* cui ci si riferisce sono:

- *Calendar*, che serve a creare il calendario delle attività didattiche programmate per l'anno scolastico;
- *Documenti*, un'applicazione di videoscrittura;

- *Fogli*, per la creazione di fogli di calcolo;
- *Presentazioni*, per la creazione di presentazioni;
- *Moduli*, per la creazione di sondaggi o questionari di rilevazione, per la raccolta di informazioni che possono essere successivamente elaborate con *Fogli*, secondo le proprie esigenze.

Modalità di realizzazione

Il progetto può essere realizzato nell'ambito di un anno scolastico e si articola in due fasi, una di formazione e una di attuazione, definite come segue:

1. frequenza di un corso formativo di livello base sull'uso delle applicazioni di *Google Drive*, che può essere organizzato sulla base del modello esposto in una pagina dedicata del sito *CTwiki* (1). Non occorrono particolari prerequisiti, oltre al possesso di un *account di Google* e la conoscenza di base dei principali programmi di office automation (ad esempio, *Word* per la videoscrittura, *Excel* per i fogli di calcolo, *PowerPoint* per le presentazioni). La fase di formazione può essere attuata dall'animatore digitale dell'istituto o, eventualmente, da esperti esterni;

Figura 1. *Calendario delle attività del dipartimento realizzato con Google Calendar*.

2. creazione di piattaforme digitali per la gestione dei dipartimenti in cui è organizzata l'attività di un istituto (lingue, materie letterarie, materie scientifiche, ecc.). Grazie alla loro duttilità e semplicità d'uso, le applicazioni di *Drive* consentono di creare moduli per la raccolta e la sistematizzazione di dati, utili all'organizzazione delle attività e ai progetti di un dipartimento scolastico.

Esempio di applicazione

Sul sito *CTwiki* (2), si trova un esempio pratico di realizzazione di piattaforma, con un calendario (Figura 1) e una tabella (Figura 2) contenente *link* a risorse create a titolo dimostrativo per l'organizzazione delle attività di un dipartimento di lingue.

Lingue	Docenti	Moduli attività e progetti	Classi	Data	Riepilogo risposte	Database risposte	Riepilogo partecipanti
	Inglese Spagnolo Francese Tedesco	Calendari corsi di lingue (Riservato ai docenti)	Tutte	Dic __ - Mag __		–	–
	Inglese Spagnolo Francese Tedesco	Pagamento corsi di lingue (Riservato ai docenti)	Tutte	Entro 30/11/__		–	–
	Inglese Spagnolo Francese	Stagione teatrale 20__/__	Tutte	Nov __ - Apr __	–	–	–
	Inglese Spagnolo Francese Tedesco	Modulo di autorizzazione (Riservato ai genitori)	Tutte	Entro 30/11/__	–	–	–
	Tutti	Questionario partecipazione attività (Riservato agli studenti)	Tutte	Entro 31/10/__			
	Tutti	Proposte di attività e progetti (Riservato ai docenti)	–	Entro 30/09/__		–	–

Figura 2. *Tabella risorse del dipartimento.*

Procedendo dal basso verso l'alto della tabella in Figura 2 – secondo l'ordine cronologico in cui vengono proposte durante l'anno scolastico – tali risorse comprendono:

1. un modulo tramite il quale i docenti formulano le loro proposte di attività e progetti, con la possibilità di visualizzare il riepilogo delle risposte;
2. un questionario col quale gli studenti indicano a quali attività intendano partecipare, con il riepilogo delle risposte, un *database* con gli elenchi ordinati per classe di tutti i partecipanti alle singole attività – che i docenti possono scaricare in formato *pdf* – e un grafico riassuntivo;
3. un modulo di autorizzazione riservato ai genitori;
4. un modello di locandina con gli spettacoli nelle varie lingue della stagione teatrale;
5. un modulo col quale i docenti possono generare un foglio di lavoro per la gestione finanziaria dei corsi per il conseguimento di certificazioni linguistiche, col relativo riepilogo;
6. un modulo col quale i docenti possono comunicare le date del proprio corso, con un calendario di tutti i corsi.

I fogli di lavoro per la raccolta dei dati si generano e si aggiornano automaticamente, compilando i relativi moduli.

Conclusioni

La creazione di una piattaforma digitale di dipartimento come quella appena descritta consente di semplificare l'organizzazione e la gestione delle attività di un dipartimento scolastico attraverso l'uso di moduli collegati a fogli di lavoro che generano e aggiornano automaticamente elenchi di dati da usare nell'attuazione delle varie attività didattiche.

Le risorse create da ciascun docente, diventano disponibili e utilizzabili da tutti i docenti della stessa materia nelle proprie classi in qualsiasi momento sia a scuola, sia da casa con computer e/o dispositivi mobili, usando le relative *app*. La digitalizzazione delle attività della piattaforma di dipartimento consente anche un cospicuo risparmio economico, conseguente alla sostanziale riduzione del consumo di carta e *toner* per fotocopiatrici e stampanti.

Sitografia

1. P. Cutini, Corso di formazione "Per una didattica condivisa: le applicazioni di Google Drive" (livello base), *CTwiki*, 2010, ctwiki.wikidot.com/corso18
2. P. Cutini, Piattaforma digitale di dipartimento, *CTwiki*, 2010, ctwiki.wikidot.com/piattaformadip

Epilogo - Dalla teoria alla pratica: One day or day one… you decide!

11 settembre, ore 8.15 - Interno scuola *Primo giorno, prima ora, prima classe* *Driiiinnnn!*	
An Italian teacher of English	*A typical Italian student*
Good morning students! Welcome to your new school!	Buongiorno!
[Dunque … 5, 10, 15, 20… 23… 23 teste, 46 occhi sgranati... chissà cosa ci aspetta quest'anno … speriamo bene…]	[Ah, questo è quello di inglese… oddio, ma … parla in inglese! Speriamo bene…]
OK, solo alcune informazioni in italiano che serviranno a capire come lavoreremo quest'anno.	[Ah, menomale, torniamo all'italiano…]
Dunque... question number one: avete uno smartphone o un tablet?	Sì, certo! [Che domande!]
[Bene! Il *B.Y.O.D.* è salvo!]	Ma non è vietato l'uso a scuola?
Vietato? E perché mai?	E che ci facciamo?
Tante cose... per esempio i compiti in classe!	Compiti in classe? E le fotocopie e i fogli protocollo?
Bah, roba da Medio Evo!	[Ah, però!]
E avete un *account* di *Facebook*?	Sì, certo! [Ma per chi ci ha preso?]
Beh, naturalmente! Avete più di 13 anni, quindi potete averne uno!	[Seee … buonanotte! Ce l'ho da quando mi hanno regalato lo smartphone per la comunione …]

Bene! Allora creerò subito un gruppo di classe, così potremo comunicare più agevolmente e potrò condividere con voi informazioni, *file*, *link* utili ed eventi connessi con la nostra attività didattica...	[Andiamo bene...]
Avete anche un *account* di *Skype* e di *Google* per usare il *cloud*?	[*Skype*? *Cloud*? Ma non era quello di inglese? Ma a che serve tutta 'sta roba?]
Scommetto che vi starete chiedendo a cosa serve tutto ciò…	
[Guarda che facce … mi staranno prendendo per matto … come al solito…]	[Infatti!]
Beh, a lavorare! Per fare i compiti e imparare a parlare l'inglese!	[Compiti??? Ma … i compiti li abbiamo sempre fatti con libro e quaderno! Quando ce li davano … Uhm … qui si mette male…]
Useremo *Skype* quando, anziché a scuola, sarete a casa malati … se sarete in condizioni, ovviamente…	[Ma come? Non ci lascia in pace neanche quando stiamo male???]
Oppure potranno usarlo i vostri genitori quando vorranno parlare con me, senza dover venire necessariamente qui a scuola…	[Seee … mamma e papà che usano *Skype* … non succederà MAI!]
Con *Drive*, il *cloud* di *Google*, inoltre, potremo realizzare attività condivise, come, ad esempio, un *Class dictionary* che creerete tutti insieme aggiungendo le parole nuove che incontrerete sul vostro libro o, magari, ascoltando musica o guardando un film in lingua originale in TV...	
A proposito! Visto che avete un *account* di *Google*, potete usare anche il vostro canale di *YouTube*!	*YouTube*? E per fare cosa?

Beh, per fare dei video su argomenti e situazioni come, ad esempio, "Describe your best friend", or "Your daily routine" ...	[...uhm ... in effetti, non avevo mai pensato ad usarlo così ... ma ... vuol dire che dovrò parlare in inglese?]
Naturalmente i video saranno in inglese!	[Oh, my God!]
Inoltre, sul mio sito troverete degli esercizi interattivi che potrete fare quando volete!	[...perfetto! Ha anche un sito! Non avremo più pace, insomma ...]
E, per chi si vuole divertire, c'è anche una *web radio* alla quale, chi lo desidera, può collaborare...	[Ci mancava la *web radio*! Ma questo non ha nient'altro da fare nella vita?]
Ah, dimenticavo! Tutta la vostra *Web activity* verrà valutata e avrà il giusto riconoscimento: nelle scuole britanniche, gli studenti vengono premiati con un badge, a seconda del livello raggiunto nelle varie attività; qui, riceverete ... una medaglia. Virtuale, naturalmente!	[Una medaglia? E che ci facciamo con una medaglia? Oltretutto virtuale!]
E, a fine anno, un voto più alto, a seconda di quanto avrete lavorato!	[Ah, ora si ragiona!]
Bene, allora per raccogliere le informazioni necessarie ad avviare tutte queste attività, compilerete un questionario creato con l'applicazione *Moduli* di *Drive*, OK?	[Insomma, ci deve schedare tutti?]
Tranquilli, non voglio schedarvi! La vostra *privacy* sarà al sicuro!	[Ah, menomale!]
Driiiinnnn!	

OK guys, the bell is ringing... the lesson is over! See you after tomorrow, then! [Bene, lo sguardo si è acceso: forse si sono incuriositi ... allora possiamo incominciare ... staremo a vedere…]	[Mah, tutto sommato sembrava peggio: documenti condivisi, video, esercizi interattivi … questa storia di lavorare così non sembra poi tanto male … quasi quasi mi ha incuriosito... Quando è la prossima lezione? Ah, after tomorrow ... staremo a vedere …] Goodbye, teacher!

Capitolo 55

When is an experiment not an experiment?

Peter E. Childs
Emeritus Senior Lecturer, Dept. of Chemical and Environmental Sciences and Director, Chemistry Education Research Group, University of Limerick, Limerick, Ireland
e-mail: Peter.childs@ul.ie

> "*The ritual of the laboratory must not be confused with the spirit of science. The spirit of science cannot be weighed and measured, even if weighing and measuring are necessary for tracking it down. It is not enough to track it down, it must be captured; and not infrequently it evades capture because the reason is lethargic and the imagination dull*." (Westaway, 1947, p. 11)

Introduction

When is an experiment not an experiment? This is not a trick question, but an experiment is not an experiment in the true, scientific sense of the word:

- if you know the answer before you begin;
- if it is just an exercise in following a recipe;
- if it if just copying a procedure from the textbook into your laboratory notebook;
- if it is just skills acquisition;
- if it is just a mandatory experiment without fitting into the teacher's curriculum;
- if it is watching an experiment on a video or DVD;
- if it is a 'dry lab' experiment, involving processing data rather than obtaining data by investigation;
- if it is a computer simulation of an experiment (as distinct from datalogging).

You may be able to think of other examples of activities that make an 'experiment' not an experiment at all. This is what Henry Armstrong wrote in 1910

about the importance of experiments in teaching science in schools:

> "*If boys and girls left school properly aware what an experiment is, what is involved in making one, how far from easy it is to make a real experiment; if they acquired a true sense of exactness in work and argument: the teaching given in schools would be of great value in after-life, as life is one big never-ending experiment. I see no reason why there should be school laboratories if the main purpose of them be not to give training in the art of inquiry*." (Armstrong, 1925, p. ix)

Practical work has been seen as an essential component of teaching science at both second (secondary school) and third level (university and college). However, this tradition is not as strong in some countries as others. It is particularly strong, for example, in the U.K. in schools, going back into the 19th century. It can be argued that the laboratory-based science education started with Justus Liebig in Germany, where he set up his research teaching laboratory in 1839. W.H. Brock (1979), the famous historian of chemistry, takes this as his starting date for formal science education.

> "*My starting date, 1839, is arbitrary. It is the year in which the German chemist Liebig moved into an enlarged laboratory at Giessen, enabling him to expand the output of students. We may take this as a symbolic starting point for the development of modern science education*."

At the end of the 19th century in England, Henry Armstrong promoted his heuristic approach to teaching science, that is, through hands-on practical work by students with the aim of discovering the answers for themselves. His views were ahead of the time and are reflected today in the emphasis on inquiry-based science education (IBSE), e.g. in the PROFILES project and other EU-funded 'Science and Society' projects. There is direct line of descent from Armstrong to the Nuffield science projects of the 1960s, which re-introduced learning by discovery to a new generation of teachers and pupils. Brock (1973, p. 21) described Armstrong's heurism like this (emphasis in the original.)

> "*Armstrong's heurism embraced four intuitive theses. First, that what a child or student finds out for himself he remembers. Secondly, motivation and interest: if a student is interested and realises that something is worth learning he will do it more efficiently. Thirdly, but less clearly, the learning situation must be graded – children will learn certain things better at different ages. Fourthly, that if children keep a carefully written record of their findings this will help to correlate their mental and verbal understanding and relate a student's scientific awareness to his study of the English language. The whole emphasis is on* ***doing*** *in order to* ***understand***."

Armstrong himself defined his approach in this way (quoted in Westaway, 1947, p. 22):

> "*Heuristic methods of teaching are methods which involve our placing students as far as possible in the attitude of the discoverer – methods which involve their* ***finding out*** *instead of merely being told things*."

Now there may be nothing wrong in some of the alternatives to the experiment, and they may have some specific teaching value in themselves, but don't let us fool ourselves into thinking we are teaching a scientific approach to problem solving, or the investigative approach to science, if we never give our students a chance to solve real problems or experiment for themselves. Skill acquisition is an important part of practical work in science – students (and teachers) need to be able to use a burette, weigh an object, measure a current, dissect a frog etc. But these skills are only a means to an end – the end being the ability to conduct an experiment using those skills to solve a problem, provide an answer etc. Often we confuse the two aspects of experimental work and very often pupils are confused when we mix skills acquisition and using these skills – they can be overloaded by new information. It is better to teach the skills first (ideally in some interesting context) and then use or apply the skills to solve a problem, preferably several problems so that the skills become embedded. This is developed further in the section below (see Danger: overload!)

Too often 'experiments' are introduced in the textbook and by the teacher and everything is known from the start. Some textbooks tell you the results as well as the procedure – not a lot of point in doing the task then. Teachers often tell students what to expect and what they should observe, before they've done the 'experiment'. It becomes an exercise in verification rather than an experiment and at the end it is not unusual for students to copy out everything word for word from the textbook into their laboratory notebooks. They may well think, as I do, that you might as well eliminate the messy, expensive practical bit and just copy straight into the books (which I believe happens in some schools!) This particular approach to science should not be called experimental, as it isn't. I give some ideas below of how one could approach practical work in a different way and in a different spirit – a spirit of enquiry and discovery, using a real experimental and investigative approach.

Encouraging and developing investigation skills

Most of the mandatory or prescribed, standard experiments done in school can be recast in the form of an investigation so that they become real experiments and opportunities for the students to discover something for themselves. In the section

below I give some examples of standard experiments presented as investigations.

a) Ohm's Law rediscovered

It is much better, in my opinion, to present practical work as a problem, as a question, as a challenge – not as a cookery recipe or a verification exercise. This may mean that we cannot allow our students to see the textbooks or we must choose a different book that doesn't give away all the answers! For example, consider our old friend, Ohm's Law. This is usually presented as an exercise to verify Ohm's Law, which is usually clearly stated, with the graph, in the book. Instead, why not ask the question: is there a relationship between current and voltage across a fixed resistance? If there is a connection, how are voltage and current related? How might we find out the relationship? There might be a discussion about how to measure voltage and current, how to set up a suitable circuit, what to vary and what to measure and how to record and present the results. The students then go away (preferably in a small group) to set up the apparatus and collect some data on the relationship between voltage and current. This presupposes some familiarity with the simple circuits and electrical equipment. These results could be collected on the board. Is there any obvious trend? Does the current increase with increasing voltage or in what way? Would plotting a graph help? Which graph gives a straight line and what relationship does this suggest? The teacher of course is guiding this discussion and feeding in suggestions, but the students do the work.

What is the end result? A statement of Ohm's Law, but one that the students found out through experiment! This approach not only practises and develops experimental skills, but it also introduces and reinforces ideas about the Nature of Science (NoS) and about the presentation of results and the use of mathematics in science, all within the context of an interesting investigation.

b) The structure of a plant

How do we introduce the structure of plants? Often this is done by students studying the diagram in the book or on the board, drawing it into their notebooks and labelling the diagram. How might it be done differently to develop observational and experimental skills? Bring in several kinds of flowering plants and give one to each group of students. Ask them to draw the flower and stem and to identify the different parts and see how many different parts they can find. This requires careful observation. They should also take the plant to bits step-by-step and identify the different components. Perhaps they could draw their plant and then stick the different parts on a sheet of paper, showing where they are found. The names of the parts have not yet been introduced. Then give them the labelled diagram and ask them to identify and label the parts on their flower. Now it is time for a class discussion. Did all the different plants have the same parts or not? A table could be drawn on the board to tick off the different parts identified for each plant. At the

end of the lesson all the students should have first-hand experience of observing, identifying and naming the parts of plant and making a generalisation that all the plants they studied have the same basic structure. This is real science! Then they can draw and label the diagram of a typical flower. The lesson could then develop further to investigate the function of the different parts of a plant.

c) Introducing acids and bases and titration

The idea of titration can be introduced using droppers, dilute acids and bases and a range of indicators. (This presupposes the students have already met acids and bases and have used a simple indicator e.g. litmus or red cabbage juice to identify and classify household substances.) What colours do various common indicators have in acids and bases? Rather than learning off a list, get them to do it – set up test-tubes with a small amounts of acid in them, and a second set with small amounts of different bases. In pairs, add a drop or two of indicator to an acid and a base, and note the colours. They should draw a table with the name of the indicator and their colours in acid and base. Now ask the question: what happens to the colour if I add a base to an acid? They should be able to guess that the colour will change. Why does it change and at what point will it change? Get each pair of students to measure 20 drops of acid using a disposable plastic dropper into a small beaker or test-tube, add a drop of indicator and note the colour. They should then add the base drop by drop into the acid, shaking between drops, until the indicator just changes colour. After recording the number of drops they should repeat the experiment to check if it takes the same number of drops each time. Does the indicator used make a difference? Get the students to do it again with a different indicator and if the indicators have been chosen properly, the two answers should be almost the same (within experimental error, i.e. within 1 or 2 drops).

What is going on? Clearly from the colour change the base is destroying the acid and at some point all the acid has gone and there in an excess of base. What they have discovered is an end-point and what they have done is a titration, although we haven't yet used the terminology. The students have also found out that bases destroy or neutralise acids. **What is formed?** The students don't know yet what happens when a base is neutralised by an acid. They can do the same experiment (using droppers) but without an indicator to the same end-point and then boil the solution to dryness to find that a white solid (a salt) has been produced, which when re-dissolved in water is neither acidic nor basic. **What has happened?** A new substance (a salt) has been formed when an acid and base react with each other. The teacher can then move on to write a simple word equation for what has happened and later to do titrations with a burette and pipette. But the idea of a titration and the role of an indicator should have been firmly established in the students' minds. The apparatus is simple and cheap, only small amount of chemicals

are needed and a lot of work can be done in a short time. The method can be used to compare the concentrations of different brands of vinegar etc.

Danger: overload!

One of the problems in teaching science in school is overloading the students' short term memories. We try to do too much, too quickly and we wonder why the students cannot cope, why they don't understand what they're doing and why they often default to following the recipe or rote learning. In the example above about titrations, this is often introduced to beginners by expecting them to learn to use the equipment (which may be new to them and involves new skills); understand what a titration involves and the role of the indicator; and then doing the calculations, which use the mole concept, something students have great difficulty with. When we do it like this we are expecting students to do too much and mixing up learning manipulative skills and understanding the concepts behind titration. We wonder why they can't cope and don't understand what they are doing, but we have designed a learning experience which is too complex and overloaded. It is better to break down the task into smaller, self-contained sections and then put them together at the end.

1. First introduce the idea of acids and bases and indicators for identifying and classifying them.
2. Use droppers to introduce the idea of titration and the end-point and neutralisation.
3. Practise the skills of using burettes and pipettes to measure out volumes precisely, use pipette fillers, fill burettes etc. by measuring out volumes of water, weighing the water delivered and using the temperature and a table of density, work out the volumes delivered compared to what they should be. By repeating this simple procedure the students are introduced to the idea of accuracy (delivering the right amount) and precision or reliability (how reproducible the volumes are). The manipulative skills can be polished and precautions learnt in a non-threatening context.
4. We can now put the skills to use by doing a titration using dilute acids and bases for both safety and economy (0.01 M strong acids and bases work well) to find a reliable end-point.
5. The volumes used and the concentrations can now be related to the equation and the number of particles (moles) of acid and base used. This can be done first with known concentrations to show that the end-point is reached when the number of reacting particles of acid balances that of the base. The titration can then be repeated to find an unknown concentration.
6. Finally, the students can be encouraged to devise an experiment, using their new skills, to analyse samples of vinegar and compare value-for-money

on everyday products. For example, how do different bleaches compare for concentration of oxidant and value for money? What is the percentage of water in washing soda crystals? These experiments involve using standard laboratory skills to solve a real problem, where the answer isn't known by the pupils. Some school chemistry students in New Zealand analysed different drinks for Vitamin C and found that their samples of Ribena contained no vitamin C: the manufacturer was taken to court and fined for misleading the customer.

The overall strategy here is breaking a complex task into smaller tasks, which can be mastered separately, and then put them together at the end to solve a practical problem. Once the skills have been mastered they can be used to investigate interesting open-ended problems.

Some objections

Two main objections are often raised by science teachers when you try to encourage them to do more experiments and when you try to get them to use inquiry or discovery methods: lack of time and lack of resources, both of which have some validity.

a) The first objection is the lack of time and doing practical work, rather than reading about experiments in the books, does take more time and using inquiry takes more time than more conventional (follow the recipe) approach to practical work. This is usually true because it does take more time to investigate something, especially if the students are involved in the experimental design and planning, compared to doing a structured exercise from a worksheet. The main question, however, is whether this extra time is worth it in terms of what students get out of the practical work. It might well be a case that 'less is more' – that students will learn better laboratory skills, learn about the nature of science and learn more in-depth about some areas of science. The argument in favour is that teaching students how to fish is better than giving them fish, especially fish that has been prepared and cooked by someone else.

b) The second objection is the lack of resources and facilities to do practical work properly. Adopting an IBSE approach where all students are actively involved in practical work may well need more time in a laboratory, and more equipment and chemicals. However, a lot of real experimental work can be done with simple equipment and everyday materials and chemicals. I have heard teachers say that they don't let students in lower secondary school do practical work because 'they are not able to do it' and because 'there will be too many breakages and too much waste'. If we use this argument we would never do any practical work, because

students only become able by doing and making mistakes and practising. In fact, the more practical work they do the more proficient they will become. Isn't this true in every other area of life from riding a bicycle, cooking and learning a musical instrument?

This is what Joseph Priestley wrote about the situation in England in 1790 (quoted in Armstrong, 1925, p. 20), remembering that at that time science was called natural philosophy and that scientists were natural philosophers:

> "*.. I would observe that, if we want to lay a good foundation for a philosophical taste and philosophical pursuits, persons should be accustomed to the sight of experiments and processes* ***in early life****. They should more especially be early initiated in the theory and practice of* ***investigation****, by which many of the old discoveries may be made to be really* ***their own*** *– on which account they will be much more valued by them. And, in a great variety of articles, very young persons may be made so far acquainted with everything necessary to be previously known, as to engage (which they will do with particular alacrity) in pursuits truly original*." (Emphasis in the original)

This is a rationale for introducing inquiry into school science education as early as possible – and it was written 225 years ago. **Truly IBSE is not new at all**.

A major barrier

The objections raised above need not be insurmountable, as 'where there is a will there is a way'. The attitudes of science teachers to practical work, deficiencies in their own training and their lack of experience of IBSE are greater barriers to the use of more inquiry-based experiments in schools. If a science teacher never experiences IBSE themselves in school or in university (where set, prescribed practical work is often the norm), receives little instruction to in teacher training or in CPD courses, goes back into a school system where inquiry is not practiced, encouraged or supported, then the likelihood of the teacher implementing IBSE in their own school and laboratory is small. We have to find some way of breaking this vicious cycle (Childs, 2014) which only serves to perpetuate the *status quo* and a traditional, didactic approach to teaching science, where an experiment is only an exercise and an investigation means following a recipe.

Conclusion

I hope I have given you a flavour of what teaching science experimentally might look like. It may take more time than copying out the answers from the book or

board but I think there will more understanding and less regurgitation. After exposure to this approach the students will understand what science is about and how scientists go about investigating the world and how they find out the things written in their textbooks. They will have been exposed not only to manipulative skills (pouring and filtering) but also to thinking skills (how? why? what if?), which are the essence of real science. You never know, if exposed to real, experimental science then they might enjoy science more, they might understand it better and they might want to go on and study science further so they can ask more questions and find out the answers for themselves. These ideas are not new or original – they have been around since the late 19th. century and were then known as the heuristic method and later on as discovery learning, and influenced many of the science curriculum projects of the 1960s and 70s, and in more recent years IBSE.

Figure 1. The four aspects of the science curriculum.

To change the system we must first start with the teachers, and pre-service science teachers, in giving them the training and experience and the vision to implement IBSE. This cannot be done overnight or in a few short workshops, or through limited involvement in an EU project. Neither can it be done unless there are also changes in the curriculum – particularly in the content and expected outcomes, and

in the assessment. Pedagogy usually conforms to the curriculum, not the other way round. The whole system (Figure 1) needs to be changed and there needs to be a consistent, integrated approach to every aspect of the curriculum, if we are to change the way practical work is done and to bring real inquiry into science teaching. In the 21st. century it's surely time to put the experiment back into science.

References

1. H. E. Armstrong, *The teaching of scientific method and other papers on education.* 2nd Edition. Macmillan: London, 1925.
2. W. H. Brock, *H. E. Armstrong and the teaching of science 1880-1930*. Cambridge University Press: Cambridge, 1973.
3. W. H. Brock, From Liebig to Nuffield: A bibliography of the history of science education, 1839-1974. *Studies in Science Education*, 2 (1), 67-99, 1979, p. 68.
4. P. E. Childs, Breaking the vicious cycle in chemical education. In *Proceedings 3rd Edition New Perspectives in Science Education* (pp. 420-425). Pixel: Pixel, Florence, 2014.
5. F. W. Westaway, *Science teaching*. Blackie: London and Glasgow, 1947.

Capitolo 56

L'impatto del progetto *PROFILES*. Parte 1. Organizzazione e basi teoriche

Liberato Cardellini
Università Politecnica delle Marche, Ancona
e-mail: l.cardellini@univpm.it

Riassunto

A dieci anni dal suo inizio, viene presentata l'organizzazione e la filosofia del progetto *PROFILES*. Questo progetto europeo ha come scopo la diffusione dell'insegnamento delle materie scientifiche basato sull'inquiry, al fine di interessare molti studenti allo studio delle materie scientifiche e migliorare la loro formazione scolastica. Per raggiungere questo scopo, fondamentale è la preparazione professionale degli insegnanti, che vuole essere una formazione continua, per avere degli insegnanti capaci di svolgere la funzione di leader, orgogliosi del proprio operato e potenzialmente capaci di coinvolgere tutti gli studenti in tutte le situazioni istruttive.

Trattandosi di un progetto complesso e con grandi ambizioni, ha richiesto una robusta organizzazione operativa e in questo articolo vengono presentati i risultati di studi fatti per misurare sia l'efficacia del metodo sugli studenti che le aspettative e i miglioramenti professionali degli insegnanti coinvolti.

Nella seconda parte verranno illustrate le risultanze nelle pratiche scolastiche e nel coinvolgimento degli studenti dell'eccellenza professionale raggiunta da molti insegnanti, in attività importanti e significative per la loro formazione. Molti di questi insegnanti a sei anni dalla fine del progetto, continuano ad avere un impatto nella formazione scolastica e umana dei loro studenti.

Introduzione

Se ci si interrogasse circa la qualità dell'insegnamento, la valutazione sarebbe relativa e dipenderebbe da chi la valuta e a quali scuole si fa riferimento; si potrebbero avere risposte molto diverse e il giudizio potrebbe spaziare da uno molto positivo a

uno molto negativo. Se si volesse avere un'idea più precisa mediata su tutto il paese, ci si potrebbe riferire a studi oggettivi, ad esempio agli studi PISA (Programme for International Student Assessment). Una tabella che racchiude dati interessanti è riportata in Figura 1.

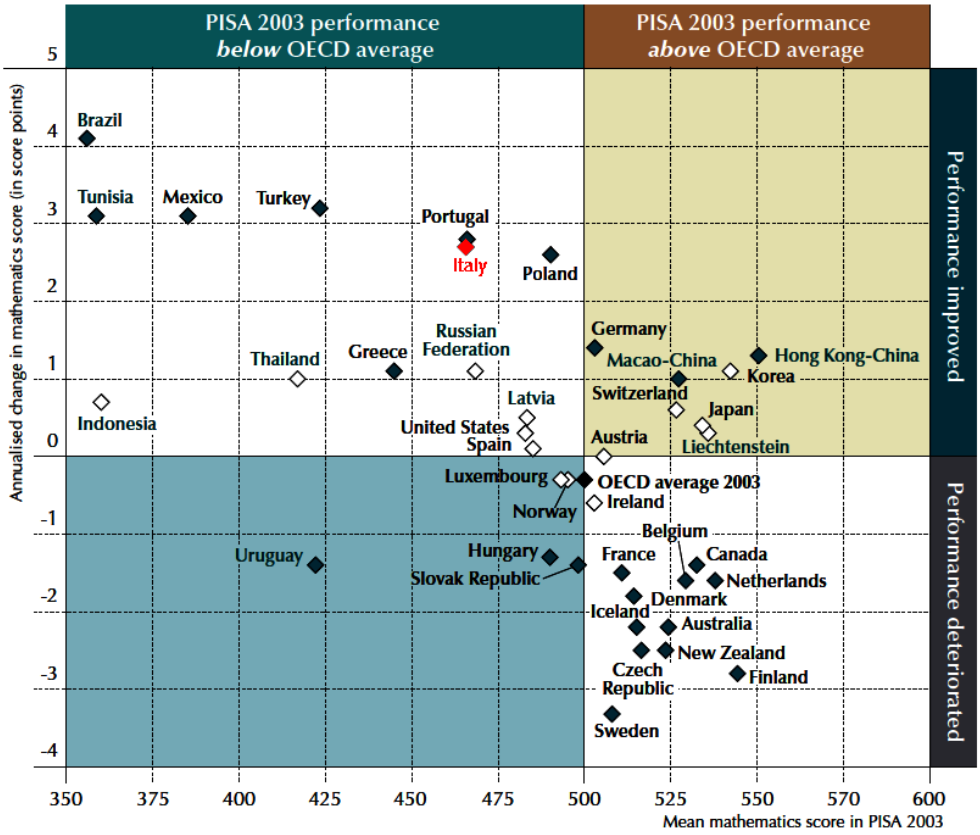


Figura 1. Variazione annuale delle prestazioni tra il 2003 e il 2012 e la media dei risultati PISA 2003 in matematica. (Modificato da OECD, 2014, p. 8).

I dati riportati in Figura 1 forniscono due informazioni importanti; la notizia positiva è che il risultato per l'Italia è migliorato passando da 470 (OECD, 2004, p. 342) a 485 (OECD, 2014, p. 5). L'altra informazione è che le prestazioni dei nostri studenti sono inferiori a quelle di molti altri paesi e inferiori alla media dei paesi OCSE. Risultati più recenti indicano un ulteriore lieve miglioramento; matematica 487 (489 media OCSE), scienze 468 (489) e lettura 476 (487). (INVALSI, 2019) Posti in forma grafica questi risultati ci mostrano una situazione internazionale per noi meno confortante. (Figura 2)

Molti paesi hanno scuole che formano studenti con prestazioni migliori dei nostri studenti; tra questi paesi consideriamo i dati dell'Estonia: matematica 523, scienze

530 e lettura 523. Questi risultati sono sensibilmente migliori sia di quelli dell'Italia che della media OCSE. Nel seguito si avranno indicazioni dei possibili motivi.

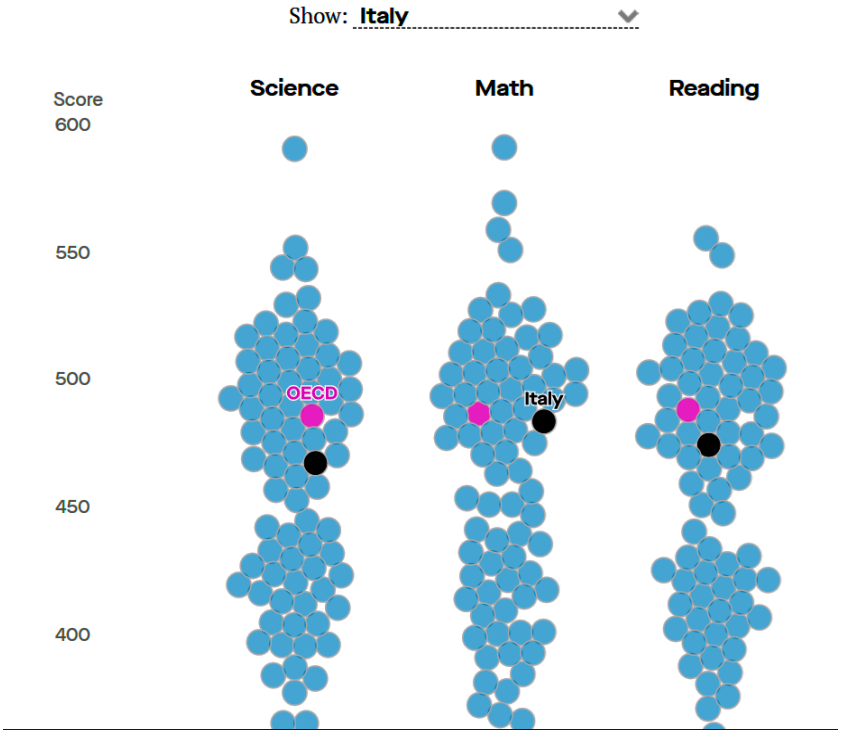


Figura 2. Risultati di OCSE PISA 2018. (Anderson, Shendruk, 2019).

Cosa viene misurato negli studi PISA

Nei nostri paesi economicamente più sviluppati, l'istruzione e l'acquisizione di abilità sono importanti per trovare una occupazione. "without an upper secondary qualification, ... have difficulty entering the labour market." (OECD, 2015, p. 2) Inoltre, in tutti i paesi OECD gli adulti con una laurea guadagnano di più degli adulti con un titolo di istruzione della scuola secondaria.

Con il presupposto di fornire dati e indicazioni per migliorare gli standard dell'istruzione, gli studi PISA monitorano l'alfabetizzazione scientifica degli studenti quindicenni. Possiamo ricordare la definizione di alfabetizzazione, che ha tre componenti (OECD, 2002, p. 12): lettura (Reading literacy) "The capacity to understand, use and reflect on written texts, in order to achieve one's goals, to develop one's knowledge and potential, and to participate in society.", matematica (Mathematical literacy) "The capacity to identify, to understand, and to engage in mathematics and make well-founded judgements about the role that mathematics

plays, as needed for an individual's current and future private life, occupational life, social life with peers and relatives, and life as a constructive, concerned, and reflective Citizen." e scienze (Scientific literacy) "The capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity."

Da queste definizioni si evince che ciò che viene misurato va oltre la conoscenza scolastica; a differenza del TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study), che monitora quanto gli studenti riescono a ricordare dall'apprendimento scolastico; "PISA was about how well 15-year-old students could apply their science knowledge from whatever source to quite new situations from the real world that involved science and technology." (Fensham, in Cardellini, 2013, p. 738)

Ad esempio, in matematica le attività proposte sono progettate per includere diversi processi generali che sono utili e pertinenti a tutti i livelli educativi: "1. *Mathematical thinking and reasoning*, ... 2. *Mathematical argumentation*, ... 3. *Mathematical communication*, ... 4. *Modelling*, ... 5. *Problem posing and solving*, ... 6. *Representation*, ... 7. *Using symbolic, formal and technical language and operations*, ... 8. *Use of aids and tools*, ..." (OECD, 2002, pp. 82-83) Queste abilità e competenze non vengono misurate individualmente; quando si usa la matematica come strumento, ad esempio per risolvere un problema di chimica, è necessario utilizzare diverse abilità tra quelle elencate.

Insoddisfazione della situazione presente

L'insegnamento in generale e quello delle scienze in particolare è ritenuto insoddisfacente, come è evidenziato dal fatto che un numero insufficiente di studenti è attratto dagli studi scientifici, (Lyons, 2006) oltre che dalle risultanze degli studi PISA. Negli ultimi decenni l'interesse verso la chimica e le altre discipline scientifiche – meglio, verso lo studio – è diminuito in tutti i paesi. I vecchi sistemi, ad esempio il brutto voto, sono divenute armi spuntate.

La ragione di questo declino di interesse, "while multifaceted and complex, generally relate to pupils' feelings that chemistry and physics are irrelevant and boring, mainly because their instruction is out of synchrony with the world outside of school." (Aikenhead, 2003, p. 115) In uno studio successivo basato su dati di ricerche, Glen Aikenhead approfondisce questa affermazione e individua quattro difetti nei curricula tradizionali. "The first major failure concerns the chronic decline in student enrollment due to students' disenchantment with school science or due to students' cultural self-identities conflicting with students' perceptions of science and technology." (Aikenhead, 2006, p. 25) Per il nostro contesto è da considerare anche il quarto difetto: "A fourth documented major failure dates back to the 1970s' research

into student learning: *Most students tend not to learn science content meaningfully* (i.e., they do not integrate it into their everyday thinking)." (Aikenhead, 2006, p. 27)

Un altro aspetto problematico dell'istruzione è l'abbandono degli studi da parte degli studenti. Questo è un trend diffuso anche nelle università ad indirizzo scientifico: un numero elevato di studenti abbandona gli studi o passa ad altre università. Alla California State University (CSU) dopo 6 anni dall'iscrizione, soltanto il 54% degli studenti arriva alla laurea (Zare, 2009). L'abbandono è anche causato dal "poor teaching and the lack of approachability on the part of faculty, who don't seem to have much time for undergraduates." (Lagowski, 1992, p. 173) Probabilmente ci sono molteplici cause e come è stato sottolineato "the collection of statistical data alone is limited in its impact on educational quality improvement, which is implicit in quality assurance objectives. One way to improve quality in regard to student retention is to identify influences and causes of student retention and attrition. Engaging students in their studies has been identified as important in retaining students and stemming attrition. Institutions have also shared responsibility to facilitate student engagement." (Crosling, Heagney, Thomas, 2009, p. 16)

Un recente studio approfondito sulla natura di queste cause riporta che "students also discussed a range of individual, social, and institutional factors that enabled their persistence in STEM. Most students credited their persistence to a complex mix of all of these factors. Students rarely cited a single factor in supporting their persistence, but often described an interaction among individual factors, such as self-efficacy or determination; behavioral adjustments, such as refining their study habits; practical behaviors, such as navigating the college system and STEM courses in a way that will best ensure their success; and social and institutional factors, such as peer support or university services." (Thiry, 2019, p. 401)

Questa tendenza all'abbandono degli studi esiste anche in Europa, anche se è in parte mascherata dalla mancanza di standard nella valutazione, così che anche studenti non sufficientemente preparati superano gli esami. La diminuzione della motivazione verso gli studi è un problema serio che necessariamente avrà anche conseguenze sociali ed economiche. Anche per questo motivo vengono intrapresi studi e suggerite soluzioni. Risulta che spesso l'istruzione scientifica è percepita come irrilevante, noiosa, astratta e difficile: "students have a perception of science education as irrelevant and difficult" (Rocard et al., 2007, p. 9), forse per i motivi addotti da Aikenhead.

In uno studio esteso riguardante i programmi di scienze che ha coinvolto studenti, genitori e insegnanti, Osborne e Collins affermano che "The subject that attracted the most antipathy was, surprisingly, chemistry. This was seen as abstruse and irrelevant to contemporary needs." (Osborne, Collins, 2000, p. 5) Per motivare gli studenti all'apprendimento delle scienze, un rapporto della Commissione

Europea raccomanda che i metodi inquiry-based science education (IBSE) siano una componente importante da inserire nelle pratiche scolastiche (Rocard et al., 2007).

Il progetto Europeo *PROFILES*

Il progetto *PROFILES* (acronimo di: *Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science*) è un progetto Europeo costituito da un consorzio di 21 istituzioni partner di 19 paesi diversi, coordinato dalla Division of Chemistry Education della Freie Universität di Berlino. Questo progetto è finalizzato all'impiego e alla divulgazione di pratiche scientifiche basate sull'inquiry (IBSE). Per raggiungere questo obiettivo, i partner *PROFILES* utilizzano e creano ambienti di apprendimento innovativi e programmi di formazione per lo sviluppo professionale continuo degli insegnanti. Si suppone che entrambe le strategie di azione di supporto aumentino l'autoefficacia degli insegnanti per facilitare la consapevolezza del proprio valore professionale e di assumere la paternità di modi più efficaci nell'insegnamento delle scienze.

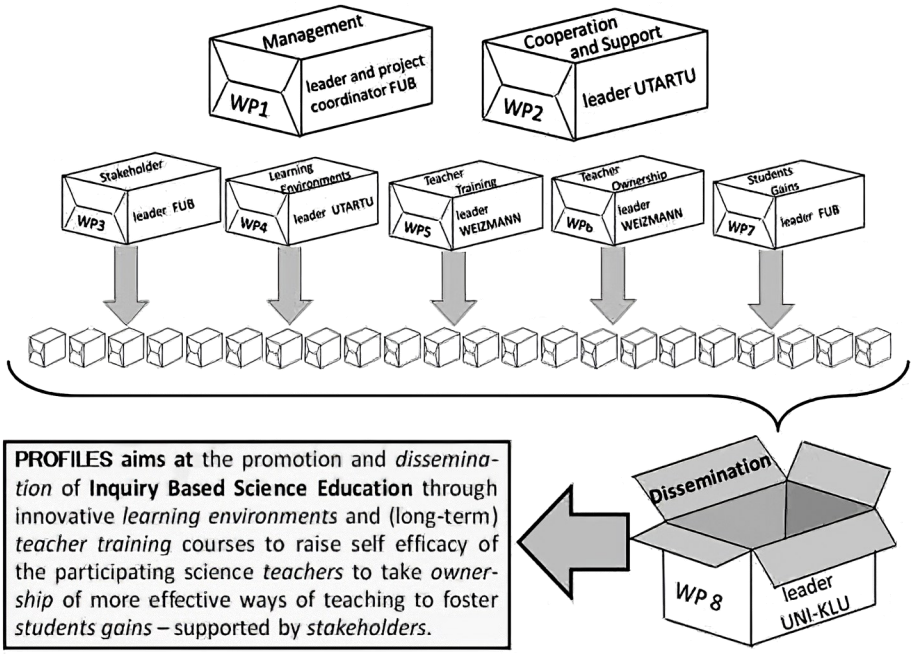


Figura 3. La suddivisione delle attività in otto pacchetti di lavoro (WP, Work Packages).

Di conseguenza, il maggior numero possibile di studenti dovrebbe beneficiare di questo metodo di insegnamento certamente più coinvolgente, dei moduli e degli

approcci di insegnamento suggeriti e sviluppati nel progetto. Tutti i partecipanti coinvolti nel progetto *PROFILES* sono supportati dai suggerimenti provenienti dalle parti interessate al mondo della scuola da diverse componenti della società. Trattandosi di un progetto complesso e molto impegnativo, le responsabilità e il lavoro da svolgere sono state suddivise in otto pacchetti di lavoro tra i quattro gruppi capofila del progetto come riportato in Figura 3.

In modo sommario, riportiamo i compiti di ciascuno degli otto WP, che hanno scandito lo svolgersi del progetto. WP 1: Gestione e valutazione. Guidato dalla Freie Universität di Berlino (FUB). Coordina la gestione complessiva del progetto che comprende, tra l'altro, i seguenti compiti principali: collegamento con la Commissione Europea in generale e coordinazione della preparazione dei due 'Rapporti periodici *PROFILES*' e in particolare del 'Rapporto finale del progetto *PROFILES*'. Inoltre, coordina la gestione finanziaria e la comunicazione tra i partner del consorzio *PROFILES*; organizza le sette riunioni del consorzio e del comitato direttivo *PROFILES*.

WP 2: Cooperazione e supporto. La responsabilità di questo pacchetto di lavoro è dell'Università di Tartu (Estonia). Fornisce il supporto professionale ai partner per guidare il progetto secondo la filosofia, gli obiettivi, i risultati e le opinioni delle parti interessate.

WP 3: Coinvolgimento degli stakeholder; FUB. Con l'obiettivo di colmare il divario tra la teoria e la pratica dell'educazione scientifica e il potenziamento delle collaborazioni tra le parti interessate viene compiuto uno studio Delphi, raccogliendo le opinioni delle parti interessate ad una maggiore efficacia dell'insegnamento e dell'istruzione scientifica basata sull'indagine e su ciò che sarebbe desiderabile all'interno dei sistemi scolastici in tutti i paesi dei partner coinvolti. In questo studio vengono coinvolti almeno quattro gruppi: studenti, insegnanti di materie scientifiche, colleghi della science education e scienziati. Si dovrebbero raggiungere 25 partecipanti per gruppo, per un totale di100.

WP 4: Ambienti di apprendimento (Università di Tartu). Preparazione dei materiali per il programma di formazione degli insegnanti e identificazione dei moduli di insegnamento relativi all'IBSE oltre alla loro modifica e valorizzazione basata sul feedback valutativo e sul coinvolgimento di altri insegnanti.

WP 5: Sviluppo professionale continuo (Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israele). L'obiettivo è formare i futuri insegnanti *PROFILES* per nuove pratiche e implementare moduli e maniere di apprendimento basati sulla pedagogia del progetto nella loro classe. Più specificamente, il modello CPD (Continuous Professional Development, sviluppo professionale continuo) ha l'obiettivo di sviluppare le conoscenze e la pedagogia degli insegnanti, in modo che possano coinvolgere al meglio i loro studenti nell'acquisizione delle competenze specifiche necessarie.

WP 6: Sviluppo del senso di ownership (appropriazione e responsabilità) degli

insegnanti (Weizmann). Alcuni insegnanti diventeranno dei leader (svilupperanno la leadership) per quanto riguarda gli sviluppi e l'implementazione del progetto. Il senso di ownership si manifesta in alcune delle seguenti azioni:

- Coinvolgimento di altri insegnanti nel progetto.
- Impiego dei valori e dei principi del progetto nelle attività di insegnamento.
- Percezione della rilevanza di un certo argomento per la loro classe.
- Presentazione delle proprie attività nelle newsletter.
- Sviluppo di moduli e attività proprie.
- Coinvolgimento nella diffusione delle attività *PROFILES* fuori dalla scuola.

WP 7: Valutazione dell'utilità dell'approccio *PROFILES* per gli studenti; FUB. Per analizzare i guadagni degli studenti si potrebbero utilizzare diversi strumenti; il comitato direttivo ha convenuto di adottare lo strumento per l'analisi dell'ambiente di apprendimento motivazionale (MoLE, Motivational Learning Environment).

Infine, WP 8: Diffusione e networking (Alpen-Adria-Universität, Klagenfurt). Gli approcci di diffusione proposti includono:

1. Sito web del progetto nazionale per ciascun partner: www.profiles.univpm.it
2. Conferenze internazionali/nazionali/regionali
3. Seminari, workshop, presentazioni
4. Utilizzo e diffusione di moduli didattici
5. Presentazione del progetto in conferenze internazionali
6. Articoli in riviste di didattica
7. Studio di casi
8. Newsletter del progetto
9. Creazione di reti di insegnanti

La filosofia *PROFILES*

Il progetto *PROFILES* si propone di migliorare lo standard dei processi di apprendimento e di insegnamento attraverso dei cambiamenti nei modi di insegnare. "*PROFILES* promotes IBSE through raising the self-efficacy of science teachers to take ownership of more effective ways of teaching students, supported by stakeholders. The proposal innovation is through working with 'teacher partnerships' to implement existing, exemplary context-led, IBSE focussed, science teaching materials enhanced by inspired, teacher relevant, training and intervention programmes." (Seventh framework programme, 2010, p. 9)

Si tratta di un progetto ambizioso che come risulta dai documenti firmati con la

commissione europea si propone di (Seventh framework programme, 2010, p. 6):

1. Establishing a well-managed and well monitored consortium, which is able to introduce *PROFILES* ideas into a multitude of individual educational systems and cultures, but especially into the systems to which the project partners relate.
2. Ensuring improved students' science learning by offering innovative learning opportunities for pre- and in-service teachers and teacher educators as well as for students within the school and non-formal education centres.
3. Taking into account stakeholder's views in seeking ways to raise teacher ownership (and hence self-efficacy) of innovative science teaching approaches.
4. Developing methods to disseminate project ideas and successes on a wide scale within Europe and promote networking to raise teacher awareness Europe-wide.

I rapidi cambiamenti sociali ed economici ridefiniscono le nuove competenze necessarie agli studenti per partecipare e contribuire alla società di oggi. *PROFILES* sottoscrive l'inclusione di tutte queste componenti come parte integrante della formazione scientifica e propone i seguenti obiettivi offrendo opportunità innovative di apprendimento scientifico per tutti gli insegnanti: (Holbrook, Rannikmäe, 2014, p. 15)

a. P stands for Professional. This refers to ways of enhancing the teacher as a professional in addressing the concerns and issues in science education.
b. The second area of focus is indicated by ROF, or the Reflection Oriented Focus of the teacher. *PROFILES* recognises the need for all teachers to reflect on any intervention in which *PROFILES* teaching is conducted.
c. A third area of concern is the IL, or Inquiry Learning. This component is heavily stressed by the EC report (2007) and thus features strongly in *PROFILES*.
d. The last area of focus is ES, or the need to interpret science teaching as fundamentally about educating students rather than seeing science teaching in schools as being solely focused on the fundamentals of science.

Nei documenti sono stati introdotti dei termini e concetti utili – anche se non necessariamente nuovi – alla comprensione degli scopi e delle finalità del progetto; iniziamo con *modulo*. Un modulo può essere considerato come una unità di insegnamento, che rende più interessante una parte del programma. Come esempi utili per veicolare le novità e per dare suggerimenti agli insegnanti, sono stati tradotti alcuni moduli del progetto *PARSEL* (2006; Acronimo di: *Popularity and Relevance of Science Education for Scientific Literacy*)

Alfabetizzazione scientifica (scientific literacy). L'alfabetizzazione scientifica è qualcosa di più vasto dell'apprendimento delle materie scientifiche e delle esperienze di laboratorio: "For many science educators, efforts to promote greater

scientific literacy have been shaped by the image of laboratory science. Science courses are often a means of pushing students into the world of scientists rather than a way of helping them cope with their own life worlds." (Roth, Calabrese Barton, 2004, p. 22) Il termine scientific literacy è stato usato in molti contesti e con significati diversi (Holbrook, Rannikmae, 2009); come definizione operativa può essere adottata la seguente: "It is a mix of facts, vocabulary, concepts, history, and philosophy. It is not the specialized stuff of the experts, but the more general, less precise knowledge used in political discourse." (Hazen, Trefil, 2009, p. xii)

Conoscenza pedagogica dei contenuti (Pedagogical Content Knowledge, PCK). Sono i modi e le strategie usate dall'insegnante per presentare un argomento per renderlo più facilmente comprensibile agli studenti. Questo costrutto è stato introdotto come "A second kind of content knowledge is pedagogical knowledge, which goes beyond knowledge of subject matter per se to the dimension of subject matter knowledge *for teaching*." (Shulman, 1986, p. 9)

Recentemente, il concetto è stato ulteriormente raffinato e arricchito di significato. "The ... limitation is that PCK as I originally conceived it was devoid of emotion, affect, feelings, and motivation, all of the non-cognitive attributes. ... The affective aspects of teacher understanding, and action are important both because a lot of what teachers 'know and do' is connected to their own affective and motivation states, as well as their ability to influence the feelings, motives, persistence, and identity formation processes of their students. [inoltre,] doesn't make much sense to be reflective about practices you're not skilled at performing, and teaching IS a form of skilled performance. ... Culture and context are huge envelopes within which we find many of the determinants of teaching and learning. ... The relationship between measured teaching and measured learning is not only an artifact of the accountability policies of government agencies; we have a moral obligation to ask how our teaching is affecting the minds and hearts of our students." (Shulman, 2015, pp. 9-10)

Rilevanza. La rilevanza è un aspetto importante perché stimola e aumenta l'interesse degli studenti verso ciò che viene chiesto loro di studiare. È stato suggerito che "the teaching of a sequence of chemistry lessons begins from a relevant socio-scientific context. The teaching progresses from the societal (the familiar), to the chemistry concepts (the unknown), which are needed to better appreciate the issues, or concerns, and then proceeds to the socio-scientific decision making needed (the purposeful learning involving all educational domains). Teachers need to recognise that curricula promoting chemistry fundamentals, grouping chemistry concepts for scientific convenience, rather than for popularity, is not the approach to promote education through chemistry. Such an approach leads to an academically perceived course that is likely to be abstract, difficult ad irrelevant." (Holbrook, 2005, p. 4)

La conoscenza scientifica necessaria nel mondo del lavoro è molto specifica

rispetto al contesto; la formazione scolastica importante è la conoscenza concettuale e la comprensione procedurale (Duggan, Gott, 2002, p. 674) che raccomandano la riduzione radicale del programma di insegnamento: "what is needed is a radical reduction in the taught conceptual content and its associated assessment." (Duggan, Gott, 2002, p. 675) Ciò che gli studenti hanno bisogno di conoscere "*and understand the principle concepts of evidence and the overarching concepts of validity and reliability. ... how to use and apply concepts of evidence such that they can critically evaluate scientific evidence. ... how to: access conceptual knowledge which is directly relevant to topical issues; apply and use such knowledge in 'real' issues*." (Duggan, Gott, 2002, pp. 674-675)

A differenza di ciò che accade, "the concept of 'relevance' was invoked to persuade us that the content of the curriculum would appeal to pupils but it was often an adult view rather than a pupil view of what was meaningful for young people." (Rudduck, Flutter, 2000, p. 84) In *PROFILES*, la rilevanza è considerata dal punto di vista degli studenti ed è il catalizzatore che ha attivato tutte le esperienze didattiche svolte.

Ci sono tre dimensioni di potenziale rilevanza immediata e futura con impatto differente sulla motivazione degli studenti: (Eilks, Hofstein, 2017, p. 174)

- *Relevance for the individual*: meeting students' curiosity and interest, giving them necessary and useful skills for coping in their everyday life today and in future, or contributing the students' intellectual skill development.
- *Relevance for a future profession*: offering orientation for future professions, preparation for further academic or vocational training, or opening formal career chances (e.g. by having sufficient courses and achievements for being allowed to study medicine).
- *Relevance for the society*: understanding the interdependence and interaction of science and society, developing skills for societal participation, or competencies in contributing society's development.

Insegnante come leader. L'adagio 'il dirigente dirige e l'insegnante insegna' spesso descrive la realtà della scuola. Negli ultimi decenni si è compreso che lo sviluppo delle abilità personali degli insegnanti è nell'interesse di tutte parti coinvolte (stakeholder), dirigenti inclusi. Infatti, gli insegnanti esemplari sono la risposta alla domanda fondamentale della scuola "How do we provide the best possible educational experience for young people as they move through schools? (Townsend, 2019, p. 8)". Si trovano molte definizioni; forse la più semplice è "Teachers who lead leave their mark on teaching." (Little, 1988, p. 84)

Molto impegno è stato posto nel programma di sviluppo professionale perché l'insegnante capace di trasformare e rendere efficaci i processi di insegnamento e

apprendimento, capace di collaborare con i colleghi, configurare atteggiamenti positivi ed entusiasmo verso il proprio lavoro e dedicare tempo a fare tutto il necessario per dare agli studenti la migliore formazione possibile è stata la garanzia del successo del progetto. Infatti, "teacher leadership is a critical component or crucial element of school improvement." (Murphy, 2005, p. 43)

Una prova indiretta del valore dell'approccio e della pedagogia del progetto è data dagli ottimi risultati ottenuti in questi ultimi anni dagli studenti estoni nelle indagini OCSE PISA: un probabile motivo è da ricercare nei metodi usati per I programmi di sviluppo professionale degli insegnanti, svolti secondo le indicazioni dei professori Miia Rannikmae e Jack Holbrook dell'università di Tartu che condividono la filosofia del progetto *PROFILES*.

Il progetto *PROFILES* in Italia

Questa grande avventura per me è iniziata nel dicembre 2010, con l'incontro d'inizio del progetto, con il gruppo-guida e i coordinatori rappresentanti il Consorzio, a Berlino. Incidentalmente, il viaggio è stata un'avventura: il volo che da Monaco mi portava a Berlino delle 20:15 è stato annullato a causa del ghiaccio. Ho passato parte della notte in piedi in aeroporto e verso le 1:30 mi è stata fornita una brandina. Il giorno dopo ho fatto il viaggio in treno, che a causa di alberi caduti per la neve sulle rotaie è tornato indietro facendo un percorso molto più lungo. Sono arrivato a Berlino dopo un giorno e mezzo di viaggio.

All'incontro sono stati presentati gli otto pacchetti di lavoro e le scadenze nei successivi 48 mesi di ciascun pacchetto: ciò avrebbe richiesto un impegno imponente. Per la prima volta ho sentito parlare delle questioni socio-scientifiche nell'istruzione e di formazione attraverso la scienza, come percorso didattico contrapposto all'usuale insegnamento scientifico per mezzo dell'istruzione. (Holbrook, Rannikmae, 2007)

Clonazione, cellule staminali, OGM, riscaldamento globale, virus, genoma e carburanti alternativi sono concetti conosciuti dalla pubblica opinione e sono argomenti di dibattiti politici. I progressi della scienza medica e della biologica molecolare accoppiati con le sfide ambientali prodotte da una popolazione umana in crescita alimentano l'interesse di questo tipo di problemi. A causa dei ruoli centrali di fattori sia sociali che scientifici in questi dilemmi, sono stati definiti *questioni socio-scientifiche* (socio-scientific issues). (Sadler, 2004)

All'incontro è risultato che i vari coordinatori avevano il supporto di un gruppo di lavoro ed ho avuto la impressione di essere uno dei pochi a non avere precedenti esperienze di lavoro con insegnanti delle scuole medie e superiori. Al ritorno mi sono sentito sopraffatto dall'enorme mole di lavoro che mi aspettava. Dalle notizie ricevute dall'amministrazione della mia università la prospettiva di questo impegno mi è sembrata ancora meno motivante. Dall'amministrazione mi è stato detto che

non avrei ricevuto alcun compenso per il mio lavoro nel progetto e, non avendo il supporto di un gruppo di lavoro, avrei dovuto contare unicamente sulle mie forze. Due opzioni erano possibili: ritirarsi dal progetto o accettare la sfida.

Dato l'interesse per ciò che riguarda la didattica e la formazione e l'opportunità di migliorare lo standard di preparazione degli studenti che arrivano nella mia università, ho intrapreso questa avventura. Il primo compito era familiarizzare con la filosofia del progetto per poi adattarlo alla situazione e alle condizioni delle scuole in Italia. I fondamenti del progetto *PROFILES* sono costituiti dallo sviluppo professionale continuo dei docenti e dal coinvolgimento attivo degli studenti nel processo di apprendimento; le strategie suggerite nella classe sono il ragionamento e l'apprendimento visibile e l'argomentazione socio-scientifica: su queste fondamenta insegnanti motivati possono edificare robuste pratiche di insegnamento.

Figura 4. Il progetto *PROFILES* in Italia: luoghi con insegnanti coinvolti.

Pratiche di insegnamento efficaci

Affinché un progetto di sviluppo professionale sia efficace e produca risultati significativi, non è sufficiente mettere insieme alcune idee, magari interessanti, ma è necessario avere un obiettivo chiaro di dove si vorrebbe arrivare. Per migliorare i processi di apprendimento e insegnamento, dobbiamo considerare ciò che la ricerca educativa ha evidenziato. Le persone imparano in molti modi diversi e usano diverse strategie di apprendimento e processi mentali per farlo. In particolare, i

bambini e gli adolescenti imparano studiando, osservando, ascoltando, ripetendo, esplorando, sperimentando (facendo), riflettendo, facendo inferenze e ponendo domande. (Bransford et al., 2000; Hattie, Yates, 2014; Ormrod, 2017)

Dalla ricerca sul funzionamento del cervello e dalle sue implicazioni sono stati formulati sette principi utili per la didattica efficace e basati sulle solide fondamenta della scienza cognitiva. Il volume che propone questi principi è stato oggetto di tre recensioni molto lusinghiere. (Brent, Felder, 2011; Nyquist, Jubran, 2012; Criddle, 2016) L'apprendimento viene definito come: "a *process* that leads to *change*, which occurs as a result of *experience* and increases the potential for improved performance and future learning." (Ambrose et al., 2010, p. 2) e presentati i sette principi: (Ambrose et al., 2010, pp. 4-6)

- *Students' prior knowledge can help or hinder learning.*
- *How students organize knowledge influences how they learn and apply what they know.*
- *Students' motivation determines, directs, and sustains what they do to learn*.
- *To develop mastery, students must acquire component skills, practice integrating them, and know when to apply what they have learned.*
- *Goal-directed practice coupled with targeted feedback enhances the quality of students' learning.*
- *Students' current level of development interacts with the social, emotional, and intellectual climate of the course to impact learning.*
- *To become self-directed learners, students must learn to monitor and adjust their approaches to learning*.

Questi principi sono indipendenti dalla disciplina e valgono per l'insegnamento di tutte le materie, non solo di quelle scientifiche, e sono anche indipendenti dall'esperienza, sia degli studenti che degli insegnanti e vengono così spiegati in modo sintetico: "... any meaningful piece of knowledge is a chunk formed by an interconnected cluster of neurons, ... The basic distinction between a chunk and other connections is that a chunk is a single entity. It might be a relatively small thing, like the visual image of a ball. Or it might be something quite large like our understanding of what a bird is or what "balls" in general are. We often refer to these larger chunks as concepts. ... Connections can exist between these separate chunks ... The micro-architecture of the brain, our knowledge, is made up of these connections. We interconnect specific information about individual things into larger and larger chunks. We interconnect chunks into associated groupings sometimes called schema in the literature. *The building of these connections is basically what school is all about*." (Shell et al., 2010, pp. 35-36)

L'apprendimento è un evento rimarchevole e comporta una modifica nelle reti neurali del cervello. "As people acquire knowledge, there are significant changes in their brain activity, brain structure, or both that complement the rapid increase in processing speed and effort needed to use the acquired knowledge. ... [Questi cambiamenti suggeriscono] a bidirectional relationship between learning and brain development: Learning promotes brain development, and brain development promotes learning. A number of studies have found that experts in particular disciplines (such as sports or music) have an increase in the density of both gray matter (containing neurons) and white matter (containing neurons' connections to other neurons) that connect task-related regions of their brains, in comparison with nonexperts. These changes appear to be associated with long-term training." (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2018, pp. 63-64)

L'apprendimento è connesso alla conoscenza acquisita e su questa viene costruito il nuovo apprendimento: "Learning and knowledge are doubly related. On the one hand, knowledge is the outcome of learning. On the other hand, knowledge is one of the inputs into the learning process. New skills are constructed within the context provided by prior knowledge. This is no less true of technical domains such as mathematics, science, and engineering than of common-sense domains such as cooking and travel planning. ... procedural knowledge forms a closed loop: Problem solving methods generate problem solving steps which, in turn, generate the experiences from which new problem solving methods are induced." (Ohlsson, 1993, p. 148)

Nel brano precedente viene menzionata la conoscenza procedurale. Dagli studiosi della cognizione sono state definite differenti tipi di conoscenza. "Our working definition of the cognitive goals, which we call "science achievement" when expected of students, involve "knowing that" – *declarative* (factual, conceptual) knowledge. For example, force equals mass times acceleration. Achievement also involves knowing how to do something – *procedural* (step-by-step or condition-action) knowledge. For example, knowing how to measure the density of an object. And we also seek to teach *schematic* knowledge – "knowing why". For example, schematic knowledge involves knowing why New England has a change of seasons. Finally, we want students to develop *strategic* knowledge – knowledge of when, where and how their knowledge applies, and to check to see if their application of this knowledge is reasonable." (Shavelson, Ruiz-Primo, Wiley, 2005, p. 414)

Analogamente alla distinzione tra teoria e pratica, è utile conoscere la distinzione tra conoscenza dichiarativa e procedurale e la loro importanza: "Procedural knowledge is prescriptive and use-specific. To a first approximation, it consists of associations between goals, situations, and actions. ... Declarative knowledge, on the other hand, is descriptive (as opposed to prescriptive) and use-independent. To a first approximation, it consists of facts and principles. ... The function of

procedural knowledge is to control action; the function of declarative knowledge is to provide generality. Intelligent behavior requires both types of knowledge." (Ohlsson, 1993, pp. 149-150)

Uno studio Delphi sull'insegnamento delle materie scientifiche

A fondamento del programma di sviluppo professionale dei docenti, è stato raccolto un ampio spettro di punti di vista delle diverse parti interessate (stakeholder) sullo scopo e sul valore dell'istruzione scientifica. È stato condotto uno studio Delphi sull'insegnamento delle materie scientifiche con l'obiettivo di individuare i principali aspetti dell'educazione scientifica ritenuti rilevanti e pedagogicamente significativi, nonché i concetti, i temi e i metodi che dovrebbero essere trattati e usati per rendere le lezioni più interessanti, per migliorare l'apprendimento e l'insegnamento.

Il metodo Delphi è stato sviluppato da ricercatori della RAND Corporation negli anni '50. Il suo scopo è quello di ottenere un consenso che sia il più affidabile possibile sull'opinione di un gruppo di esperti: "Its object is to obtain the most reliable consensus of opinion of a group of experts. It attempts to achieve this by a series of intensive questionnaires interspersed with controlled opinion feedback." (Dalkey, Helmer, 1963, p. 458).

Per questo studio gli esperti interessati ai risultati scolastici sono stati individuati nelle seguenti categorie: insegnanti, studenti, genitori, professionisti al di fuori della scuola, dirigenti scolastici e politici. Sono stati inviati dei questionari in forma scritta a oltre 600 esperti, chiedendo loro di esprimere la propria opinione rispondendo a queste domande:

1. **Situazione/Contesto e/o Motivo**: *Come dovrebbero essere organizzate le lezioni delle materie scientifiche per stimolare, interessare e appassionare gli studenti alle scienze? Quali* ***motivazioni e situazioni*** *potrebbero rendere più interessanti le lezioni?*
2. **Contenuto**: *Quali* ***contenuti, metodologie e temi*** *relativi alle materie scientifiche si dovrebbero trattare nelle lezioni?*
3. **Abilità**: *Quali* ***abilità o competenze*** *e attitudini sono da sviluppare e migliorare per istruire gli studenti nelle materie scientifiche?*

I dati sono stati raccolti in un periodo di tempo di circa 4 mesi. Al questionario hanno risposto 173 partecipanti, così suddivisi: 44 studenti delle scuole superiori; 59 studenti universitari iscritti al primo anno della Facoltà di Ingegneria; 28 insegnanti di materie scientifiche; 42 professori universitari. Dall'elaborazione dei risultati, basata sulle parole chiave e i concetti espressi nelle risposte, è stato possibile evidenziare un quarto aspetto: le **metodologie** ritenute importanti per

l'insegnamento e l'apprendimento.

Sono state individuate nume rose categorie per ciascuno dei quattro aspetti indagati. Con riferimento al punto 1, "situazione/contesto e/o motivo", sono state individuate in generale 19 categorie; per il punto 2, contenuti/temi e materie specifiche che dovrebbero essere trattati nelle lezioni (42 categorie); abilità e competenze che dovrebbero essere sviluppate negli studenti (19 categorie); infine, metodologie (8 categorie).

Nella seconda fase dello studio, ai partecipanti al primo questionario è stato chiesto di valutare la priorità e la reale applicazione (pratica) degli aspetti ritenuti fondamentali per l'insegnamento delle scienze, individuati nella fase I del presente studio. Calcolando i valori medi dei punteggi (da 1 a 6; 1 = priorità molto bassa/ molto poco praticata; 6 = priorità molto alta/molto praticata) assegnati a ciascuna categoria, è stato possibile definire gli aspetti che, secondo l'intero campione degli intervistati, sono in assoluto prioritari unitamente a quelli che dovrebbero essere maggiormente potenziati.

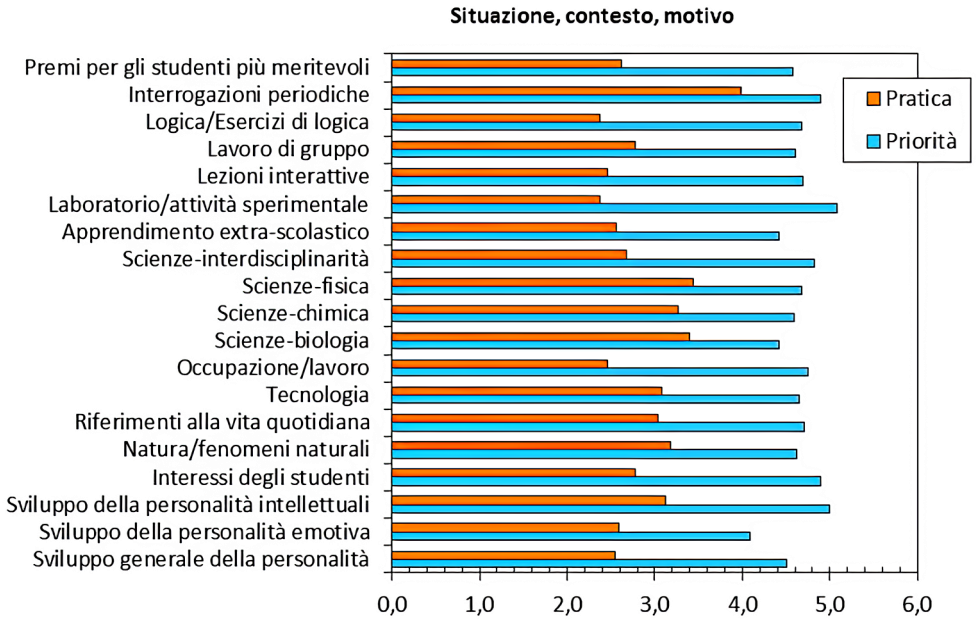


Figura 5. Situazione, contesto, motivo; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

Tra i contesti e situazioni ritenuti importanti per appassionare gli studenti alle scienze, sono state giudicate prioritarie tre categorie: le attività sperimentali, lo sviluppo della personalità intellettuali e la capacità di andare incontro agli interessi degli studenti, incuriosendoli ed appassionandoli (Figura 5). L'importanza riconosciuta

a queste categorie non sembra tuttavia trovare un grande riscontro nella pratica. Con riferimento in particolare alla categoria "Laboratorio/attività sperimentale" il divario tra priorità e pratica è tra i maggiori (pari a 2,7), denotando una evidente carenza di uno degli strumenti potenzialmente più efficaci per appassionare gli studenti allo studio delle scienze.

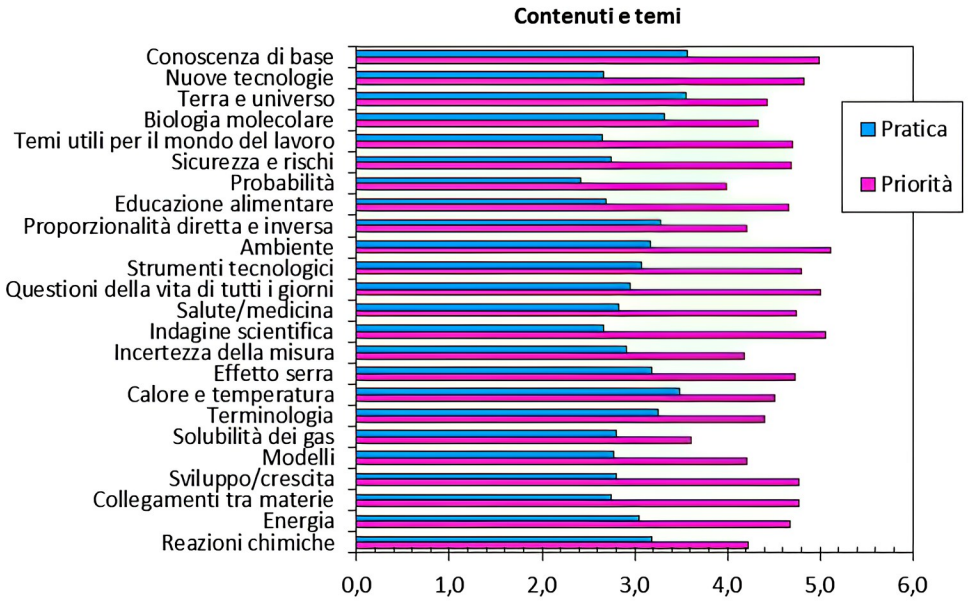


Figura 6. Contenuti e temi; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

Tra i contenuti e temi che dovrebbero essere trattati nelle lezioni, è stata confermata l'importanza di due categorie, già riconosciute come prioritarie nella prima fase dello studio: la conoscenza di base e i collegamenti con questioni della vita di tutti i giorni, ma in quest'ultimo caso il divario rispetto alla "pratica" è ben più marcato (Figura 6). Inoltre, in Figura 5 si può osservare come anche l'indagine scientifica, che rientra tra i primi cinque contenuti prioritari, trovi in effetti poco spazio nelle realtà scolastiche italiane.

Passando ad analizzare l'aspetto delle abilità e delle competenze (Figura 7) la categoria più penalizzata, in termini di differenza tra priorità e pratica, risulta essere quella della "motivazione/interesse/curiosità". L'importanza di tale categoria, infatti, è elevata (il valore medio delle valutazioni risulta fra i più alti e pari a 5,4), ma gli intervistati ritengono che non rientri tra le abilità maggiormente sviluppate dalla scuola. Uno degli obiettivi del progetto *PROFILES* è proprio quello di motivare gli studenti e di incuriosirli, portandoli a ragionare in modo autonomo e critico.

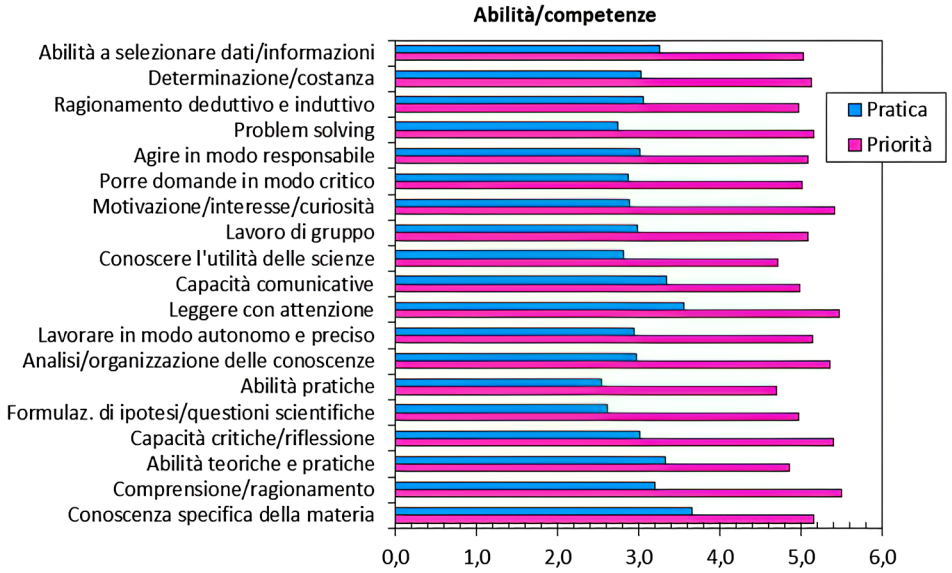


Figura 7. Abilità e competenze; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

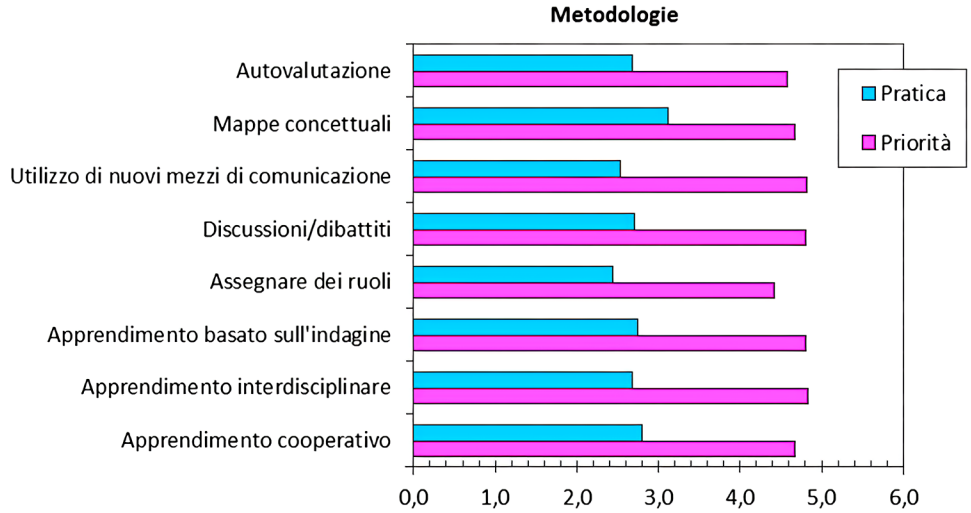


Figura 8. Metodologie; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

Infine, per quanto riguarda le metodologie, in Figura 8 si può osservare come tutte le categorie sottoposte agli intervistati siano considerate fondamentali, ma non sufficientemente applicate; in particolare, si dovrebbe dare più spazio all'utilizzo di

nuovi mezzi di comunicazione, alle discussioni/dibattiti e all'apprendimento interdisciplinare, ad oggi poco presenti.

Successivamente, tra tutte le risposte individuate nella prima fase dello studio e per ognuno dei quattro aspetti oggetto dell'indagine, ciascun partecipante ha selezionato le cinque categorie ritenute più importanti. In fase di elaborazione dei dati, tramite la tecnica del clustering gerarchico, è stato tracciato il relativo dendrogramma e sono stati individuati, in ordine di importanza, tre cluster, che racchiudono le diverse categorie. A ciascun cluster è stato associato un diverso concetto che, secondo i partecipanti, dovrebbe essere alla base dell'educazione scientifica attuale. In seguito, è stato chiesto agli intervistati di esprimere il proprio parere circa la "priorità" e la "pratica" di ciascuno dei tre concetti, distinguendo in particolare tra quattro diversi livelli di istruzione: scuola materna, scuola elementare, scuola media e scuola superiore.

Clustering gerarchico e concetti di base nell'insegnamento delle scienze

Ai partecipanti è stato chiesto non solo di esprimere la propria opinione sulle singole categorie individuate nella prima fase dello studio, ma anche di selezionare e raggruppare quelle di maggiore interesse. Le risposte fornite sono state successivamente elaborate tramite la tecnica del clustering gerarchico, che ha permesso di individuare tre cluster ai quali sono stati associati altrettanti concetti, ciascuno espressione di un diverso approccio di apprendimento e insegnamento scientifico:

Concetto A. *Catturare l'interesse degli studenti, favorire l'interazione tra i ragazzi e migliorare le loro capacità comunicative*. Questo concetto comprende molti aspetti e temi volti ad incrementare l'interesse e la curiosità degli studenti. Si sottolinea come lo studente dovrebbe innanzitutto acquisire le conoscenze di base della materia, per poi essere in grado di rielaborare in modo critico le informazioni. Inoltre, le lezioni interattive e il miglioramento delle capacità comunicative aiutano a promuovere lo sviluppo della personalità emotiva.

Concetto B. *Sviluppo della personalità intellettuale, tramite riferimenti alla ricerca scientifica attuale, alla tecnologia e alle possibilità di occupazione*. Si pone l'accento principalmente nello sviluppo tecnologico e nella ricerca scientifica attuale. La motivazione e la determinazione hanno un ruolo fondamentale, così come l'impegno e la capacità di lavorare in modo autonomo. Le discussioni e i dibattiti inoltre aiutano ad incoraggiare la curiosità e l'interesse degli studenti.

Concetto C. *Sviluppo generale della personalità, attraverso aspetti metodologici innovativi che promuovono l'apprendimento delle scienze basato sull'indagine*. Questo concetto si riferisce principalmente ai diversi aspetti metodologici che possono essere utilizzati per incoraggiare l'apprendimento basato sull'indagine. L'apprendimento cooperativo, le mappe concettuali e il problem solving favoriscono lo sviluppo della personalità e della capacità di ragionamento degli studenti. Deve

essere promosso anche un approccio interdisciplinare. Si sottolinea inoltre come l'attività sperimentale, i riferimenti alla vita quotidiana e il lavoro di squadra siano molto importanti per aumentare l'interesse degli studenti nelle materie scientifiche e migliorare il loro apprendimento.

Analogamente a quanto fatto per ogni singola categoria con il secondo questionario, con il terzo questionario (Questionario 1, riportato in Appendice) è stato chiesto ai partecipanti di assegnare un punteggio, in una scala da 1 a 6, ad ognuno dei tre concetti, sia con riferimento alla "priorità" che alla "pratica". I dati sono stati elaborati statisticamente utilizzando il Test dei ranghi di Wilcoxon e il Test di Mann-Whitney. Nella Figura 9 sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dall'intero campione, suddivisi a seconda del livello di istruzione (scuola materna, scuola elementare, scuola media, scuola superiore).

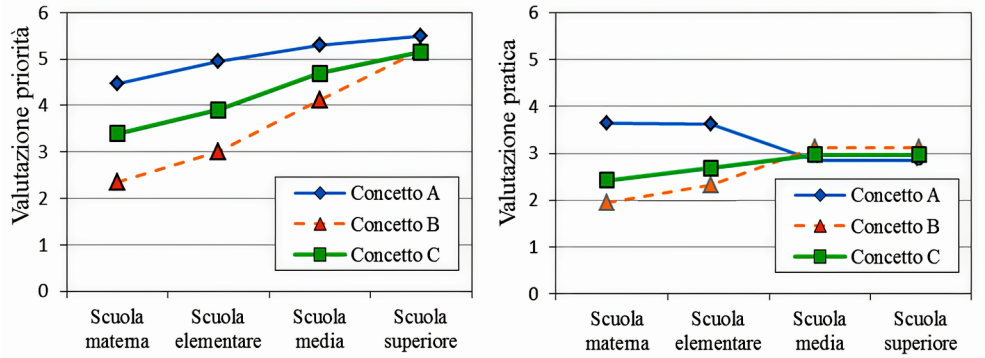


Figura 9. Priorità e applicazione dei tre diversi approcci di insegnamento al variare del livello di istruzione.

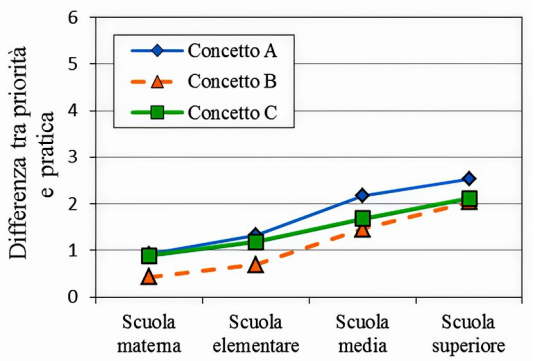


Figura 10. Differenza tra priorità e pratica dei tre diversi approcci di insegnamento al variare del livello di istruzione.

I risultati mostrano che l'importanza di ciascun concetto aumenta con il grado di istruzione. I due concetti giudicati più importanti sono, in generale, i concetti A e C, soprattutto nelle scuole materna ed elementare, in cui si reputa fondamentale

catturare l'interesse degli studenti e avvicinarli ad un tipo di apprendimento basato sull'indagine. Con riferimento alle scuole medie e superiori tutti e tre i concetti sono ritenuti egualmente rilevanti, tuttavia non sono sufficientemente applicati (la valutazione media per la "pratica" è pari a 3) e la differenza fra priorità e reale applicazione è elevata (Figura 10).

Questo studio, anche se condotto su un campione poco rappresentativo, ha permesso di indagare i principali aspetti e metodologie ritenuti importanti per migliorare l'educazione scientifica. Sembra che gli approcci ritenuti più efficaci siano in realtà poco diffusi nell'attuale panorama scolastico, specialmente nelle scuole medie e superiori. Gli studenti infatti dovrebbero essere motivati e incuriositi trattando tematiche di loro interesse. I collegamenti a questioni socio-scientifiche e i riferimenti alla vita quotidiana aiutano a rendere l'apprendimento più significativo. Così aumenta la probabilità che gli studenti possano imparare a rielaborare le informazioni in modo critico e a risolvere autonomamente i problemi.

Il programma di sviluppo professionale

Ai primi insegnanti partecipanti nel progetto è stato proposto un questionario sui loro bisogni rispetto agli argomenti da svolgere nel programma di sviluppo professionale. Il questionario era composto da 35 domande; per ciascuna domanda erano possibili 4 risposte, rispetto alla propria confidenza e 4 risposte, rispetto all'enfasi che un certo aspetto ricevesse nel programma di sviluppo professionale. Le 35 domande erano così suddivise: 3 riguardavano la natura della scienza; 3 l'alfabetizzazione scientifica e tecnologica; 3 gli scopi della didattica e della formazione scientifica; 3 la didattica scientifica basata sull'indagine; 6 l'ambiente scolastico di apprendimento; 4 la motivazione degli studenti; altre 4 riguardavano la valutazione; 4 le teorie sulla didattica e le ultime 5 riguardavano la riflessione su sé stessi. (Bianchini et al., 2018, pp. 88-89)

Dai dati risultanti dall'elaborazione dei 16 questionari e dalla discussione con alcuni insegnanti è stato deciso di focalizzare il programma di sviluppo professionale su tre argomenti principali: la cooperative learning (Cardellini, Felder, 1999), l'uso delle mappe concettuali (Novak, Cardellini, 2004) e il problem solving (Cardellini, Tsaparlis, 1998). Negli incontri venivano presentati gli argomenti teorici ai quali seguivano workshop applicativi e discussioni. Ai partecipanti veniva fornito materiale per approfondire gli argomenti trattati.

Sono stati resi disponibili 54 moduli in inglese, realizzati nell'ambito del progetto *PARSEL* (2006; *Popularity and Relevance of Science Education for Science Literacy*; http://icaseonline.net/parsel/www.parsel.uni-kiel.de/cms/indexe435.html?id=home). I moduli riguardavano gli insegnamenti di: Biologia (5 moduli); Chimica (16 moduli); Fisica (6 moduli); Matematica (6 moduli); Scienze (14 moduli) e 7 moduli sono interdisciplinari. Alcuni di questi moduli sono stati tradotti in italiano

(https://www.profiles.univpm.it/node/8). Biologia (La macchina della verità; Lara (16 anni) è incinta); Chimica (Qual è il sapone migliore; Usiamo troppa plastica?); Fisica (Incidente stradale); Matematica (La campagna pubblicitaria); Scienze (Usiamo troppa plastica?); Interdisciplinare (Dolciumi: che buoni!); Scuola media (Il terreno e la coltivazione delle piante; Il ghiaccio nel mio bicchiere)

Nello svolgersi del progetto, molto materiale è stato prodotto dagli studenti con i loro insegnanti e sono stati riportati soltanto i moduli quelli che sono stati sviluppati in accordo con la struttura dei moduli *PROFILES* (https://www.profiles.univpm.it/node/23): Biologia ... che pizza!; Chimica ... che pizza!; Quanti mi costi!; Bis ... cotti e mangiati!; Il problema di Giovanni; Estrazione del DNA; Learning a Second Language in a Meaningful Way; I modelli femminili nella Roma arcaica; Ossa: A chi appartiene questo scheletro? CSI (Crime Scene Investigation) in classe; La topologia dei nodi.

Il programma di sviluppo professionale non si limitava ad alcuni incontri, ma voleva essere un programma a lungo termine per incoraggiare gli insegnanti a diventare dei leader; insegnanti con una forte componente professionale con una aumentata auto-efficacia nel coinvolgere attivamente gli studenti e capace di sviluppare proprie innovazioni didattiche. Queste idee sono schematizzate nella Figura 11.

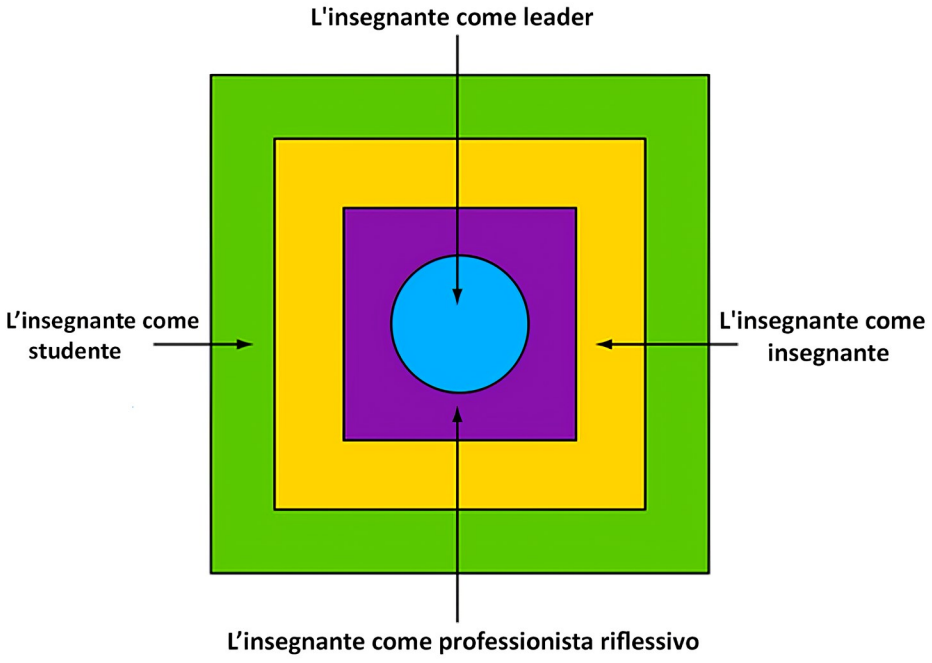


Figura 11. Implementazione delle quattro fasi interconnesse di un programma di sviluppo professionale continuo e a lungo termine.

Apprendimento cooperativo

In diversi modi gli insegnanti sono venuti a conoscenza del progetto *PROFILES*: dal passaparola tra colleghi alla partecipazione alle conferenze con nomi importanti della didattica internazionale. Nella maggioranza dei casi però, nel modo che segue. Il progetto veniva prima presentato al/alla dirigente, che sempre acconsentiva alla presentazione del progetto a tutti i docenti nella prima riunione in programma (in cui vengono solitamente trattati problemi e novità burocratiche). Nomi e recapiti degli insegnanti interessati venivano raccolti e per alcuni, l'avventura aveva inizio.

Dobbiamo riconoscere che lo scarso interesse verso le materie scientifiche – compresa la chimica – non è dovuto ad una insufficienza cognitiva degli studenti, ma alla loro mancanza di interesse. Ecco perché il coinvolgimento attivo degli studenti nel processo di apprendimento è uno degli scopi qualificanti del progetto. Il lavoro per gruppi cooperativi è un concetto familiare per tutti gli insegnanti coinvolti in questo progetto. La pratica di divertirsi in gruppo, anche online, per giocare, scambiarsi compiti, ecc. è utilizzata dagli studenti; dovrebbe essere una pratica didattica naturale, ma così non è. Lavorare secondo il metodo cooperativo richiede un procedimento strutturato ed è conveniente l'utilizzo dei ruoli.

Non tutte le esperienze che gli studenti fanno in gruppo possono essere considerate cooperative learning; come pure studenti seduti attorno ad un tavolo che studiano insieme, oppure un'attività di gruppo in cui solo alcuni studenti fanno il lavoro e gli altri copiano, o gruppi di studenti che bisticciano a causa di conflitti che li dividono. Un esercizio di apprendimento in gruppo si qualifica come attività cooperativa se sono presenti i seguenti cinque elementi: (1) Positiva interdipendenza; (2) Responsabilità individuale; (3) Interazione faccia a faccia; (4) Uso appropriato delle abilità nella collaborazione e (5) Valutazione periodica del lavoro di gruppo. (Cardellini, Felder, 1999, p. 19)

Esperienze con il lavoro di gruppo sono importanti anche nel mondo del lavoro: un importante sito web per l'impiego per studenti universitari elenca il lavoro in team come una delle "abilità speciali" richieste per i dirigenti. (Galanes, Adams, 2019, p. 5) L'apprendimento cooperativo è un metodo di istruzione nel quale gli studenti lavorano insieme in gruppi, con lo scopo di assolvere un compito specifico e che produce significativi miglioramenti: "There is a large body of research literature that provides substantial evidence of the effectiveness of cooperative learning as a pedagogical practice that promotes socialization and learning in students with diverse learning and adjustment needs across different age levels." (Gillies, Ashman, Terwel, 2008, p. 258)

Tra i vantaggi del lavoro in gruppo possiamo elencare: le abilità interpersonali; le abilità nella comunicazione; migliora l'autostima e diminuisce il livello di ansia (meno enfasi sulla competizione); la comprensione dell'ambiente professionale; la

frequenza in classe; migliora le relazioni tra gli studenti; maggiori capacità di ragionare. Altri vantaggi: è un tipo di apprendimento attivo ed interattivo, gli studenti sperimentano e apprendono strategie alternative, i gruppi, a differenza degli individui, davanti alle difficoltà spesso non si arrendono, maggiori e migliori domande in classe da parte degli studenti, elaborazione e ripetizione cognitiva; gli studenti, come noi insegnanti, imparano meglio insegnando. Inoltre, funziona bene con gli approcci che utilizzano l'indagine e il costruttivismo, promuove lo sviluppo sociale, la crescita umana e cognitiva degli studenti, assiste nell'avere la disciplina in classe, migliora l'attitudine verso la materia e la motivazione ad impararla.

Ma usare questo metodo in classe richiede la sua padronanza e rappresenta spesso una sfida "is a challenge that many teachers find difficult to accomplish. Difficulties may occur because teachers often do not have a clear understanding about how to establish effective cooperative groups, the research and theoretical perspectives that have informed this approach, and how they can translate this information into practical classrooms applications." (Gillies, Ashman, Terwel, 2008, p. 2)

Questo metodo viene usato con una efficacia variabile poiché costituisce una novità e richiede dei cambiamenti rispetto alla lezione tradizionale. Inoltre, le situazioni in cui viene applicato sono molto varie: esperienze in laboratorio; richiamare alla memoria il materiale già spiegato; formulare una domanda; spiegare perché un risultato dato può essere sbagliato; rispondere ad una domanda; pensare ad un esempio o a un'applicazione. Ma ci sono situazioni che hanno obiettivi cognitivi impegnativi, come fare il passaggio successivo in una dimostrazione, iniziare a risolvere un problema su un nuovo argomento, attività di brainstorming, ecc. Tutte queste attività richiedono una sicura gestione della classe da parte dell'insegnante.

La gestione comporta una corretta scansione del tempo, il porre domande e compiti adatti al livello cognitivo della maggior parte degli studenti e in armonia con il proprio bagaglio di esperienza acquisita nel metodo, la valorizzazione dei ruoli, la formazione dei gruppi. Il metodo è utile anche per indurre processi cognitivi di ordine superiore, ad esempio nel problem solving. Gli studenti possono imparare gli uni dagli altri in molti modi: dando e ricevendo aiuto, riconoscendo e risolvendo le contraddizioni tra il proprio modo di ragionare e quello altrui, interiorizzando processi e strategie di problem solving che emergono durante il lavoro di gruppo.

Per meglio comprendere la funzione dell'insegnante in questo contesto, viene riportato uno studio sulla soluzione da parte di gruppi cooperativi di età corrispondente alla seconda classe della scuola superiore di primo grado del seguente problema: "*Find the cost of a 30-minute telephone call to prefix 771 where the first minute costs $0.22 and each additional minute costs $0.13*." (Webb, Farivar, Mastergeorge, 2002, p. 14) Per quanto riguarda gli scambi tra studenti, si va dal "ti faccio copiare quando ho finito" nei gruppi a bassa interazione a scambi di alto livello cognitivo per dare aiuto nei gruppi che comprendono l'importanza del lavorare insieme.

Importante è il ruolo dell'insegnante e le sue responsabilità. "The importance of having students understand how to solve the problems was a recurring and explicit theme in the activities that students carried out during the preparation for group work, the conduct of group work itself, and in the teacher's instructions to the class. ... teachers can structure the task in ways that support learning and understanding. Making understanding the goal of group work is a key element. teachers should model desired behaviors in their interactions with the whole class and with small groups. ... could explicitly address the misconceptions underlying students' errors, trying to discover the basis for them, and providing appropriate explanations." (Webb, Farivar, Mastergeorge, 2002, p. 18)

Considerando il problema del costo, invece di limitarsi a correggere errori ("the first one is 19 cents and then what?" or "and then you have to multiply 12 times what?" or "they cost 12 cents each, so how much is that?"), l'insegnante dovrebbe spiegare le basi concettuali per le procedure, come spiegare la struttura della telefonata con costi separati per il primo minuto e i minuti aggiuntivi e di conseguenza la necessità di separare il tempo della chiamata in due gruppi di minuti. Inoltre, gli insegnanti devono monitorare attivamente il lavoro di gruppo. Certamente assicurarsi che gli studenti lavorino insieme e non escludano nessuno, siano cooperativi e disposti a dare aiuto se richiesto, disposti a chiedere aiuto ai loro compagni nel team e fornire spiegazioni anziché risposte. (Webb, Farivar, Mastergeorge, 2002, pp. 18-19)

Mappe concettuali

Esiste una grande differenza nell'organizzazione della conoscenza tra esperti e studenti: mentre quella degli studenti è frastagliata e spesso formata da isole, quella degli esperti è strutturata e organizzata in efficienti schemi. Infatti, "Experts have a vast repertoire of knowledge that is relevant to their domain or discipline, but only a subset of that knowledge is relevant to any particular problem. Experts do not have to search through everything they know in order to find what is relevant." (Bransford et al., 2000, p. 42)

L'organizzazione della conoscenza è importante perché "*How students organize knowledge influences how they learn and apply what they know*" (Ambrose et al., 2010, p. 4) Infatti, "A challenge in curriculum design and teaching is to enhance students' ability to organize information in a way that makes it available for efficient recall in response to an appropriate context, and with sufficient generality to be applied in new situations (e.g., critical thinking and problem solving). Increasing emphasis in modern society is placed on enhancing public literacy of major ideas in the disciplines, especially an ability to explain our thoughts and to mobilize arguments to support well-reasoned positions." (Anderson, 2011, p. 45) Uno strumento utile e conosciuto può essere le mappe concettuali, che hanno il potenziale per il miglioramento dell'apprendimento e dell'insegnamento della

chimica e delle scienze. (Novak, Gowin, 1984)

Le mappe concettuali "sono integrate nei sei principi che Novak propone per l'insegnamento e l'apprendimento: (1) gli studenti dovrebbero essere motivati a imparare ... altrimenti non ci sarà alcun apprendimento; (2) gli insegnanti dovrebbero far emergere e attivare le conoscenze pregresse degli studenti, che si tratti di concettualizzazioni corrette o meno; (3) i docenti dovrebbero *organizzare* le conoscenze concettuali che intendono insegnare; (4) i docenti dovrebbero organizzare il contesto educativo in modo da favorire l'apprendimento; (5) i docenti devono essere consapevoli e sensibili verso le conoscenze e le emozioni dei loro studenti; (6) gli insegnanti dovrebbero valutare continuamente le acquisizioni degli studenti allo scopo di orientare opportunamente la didattica e l'apprendimento e motivare gli studenti." (Shavelson, 2013, p. 11)

Cosa si intende per mappa concettuale? Essenzialmente, una relazione gerarchica tra concetti. "A concept map is a structural representation consisting of nodes and labelled lines. The nodes correspond to important terms (standing for concepts) in the domain. The lines denote a relation between a pair of concepts (nodes), and the label on the line tells how the two concepts are related. The combination of two nodes and a labelled line is called a proposition. A proposition is the basic unit of meaning in a concept map and the smallest unit that can be used to judge the validity of the relation (line) drawn between two concepts." (Ruiz-Primo, Shavelson, 1996, p. 570) Cosa si intende per concetto? "The fundamental unit of symbolic knowledge ... is the **concept**–an idea about something that provides a means of understanding the world." (Sternberg, Sternberg, 2012, p. 322)

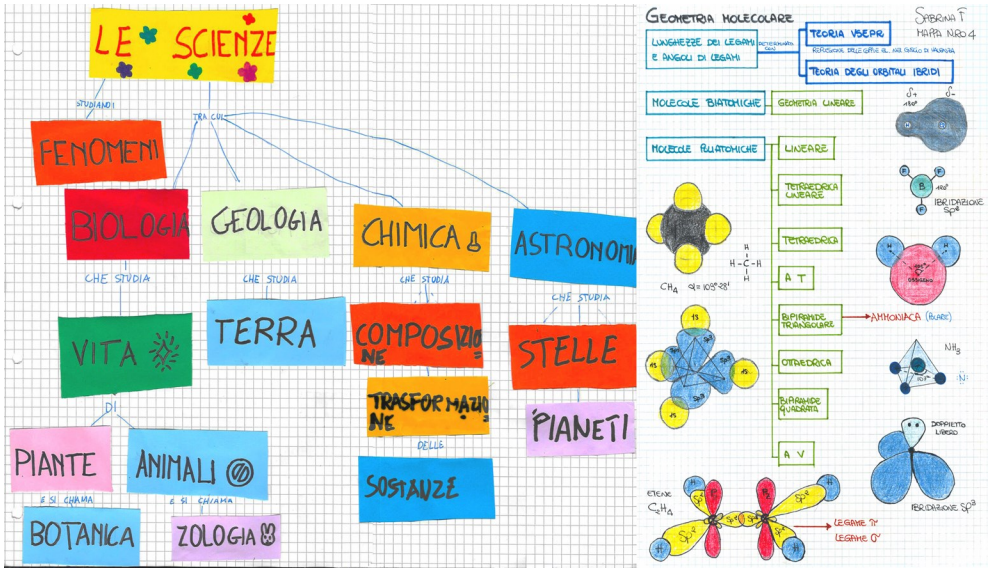


Figura 12. Le mappe concettuali sono utili per tutti gli studenti di ogni ordine e grado.

Le mappe concettuali dovrebbero quindi rappresentare alcuni aspetti importanti della conoscenza dichiarativa di uno studente in un certo argomento di una certa materia (ad es. Chimica, Biologia, Fisica, Matematica, Latino, ecc.), come è strutturata nella propria mente. Nelle Figure 12 e 13 vengono riportati alcuni esempi di mappe concettuali fatte da studenti.

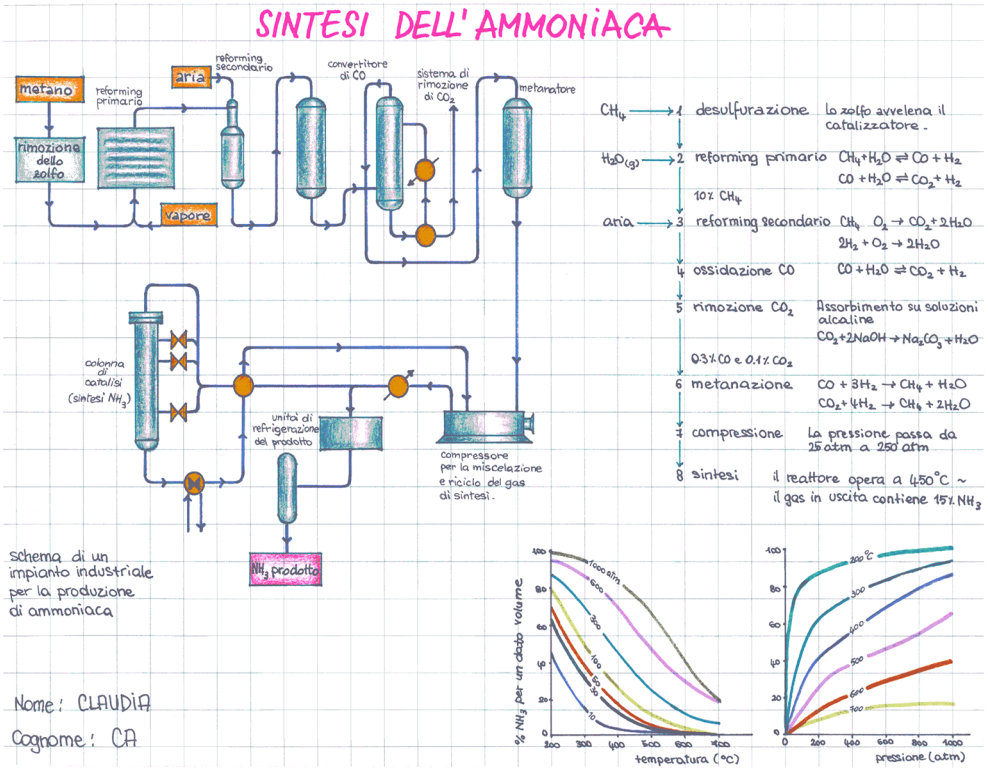


Figura 13. Mappa concettuale sulla sintesi industriale dell'ammoniaca.

Queste mappe si prestano per alcune considerazioni. La mappa "Le scienze" fatta da allievi di quarta elementare che lavoravano in gruppo, riporta una serie di concetti associati, con una certa gerarchia e collegati con delle preposizioni significative. È una mappa 'dinamica' in cui i concetti sono riportati in forma mobile, per poter essere spostati all'occorrenza. Le altre due mappe riportano dei concetti, con esempi, numerose figure e diagrammi e uno schema di un impianto industriale per la sintesi dell'NH_3, con le reazioni e le condizioni operative. Anche queste rappresentazioni sono schemi concettuali utili per l'autore: la conoscenza viene costruita e memorizzata in modo idiosincratico da ogni individuo.

Come è stato notato, "the same set of concepts can be represented in two or more valid hierarchies. Although we do not understand the specific mechanisms operating in the brain that allow us to store information, it is clear that the neural networks

that become established are complex, with many cross connections between functioning brain cells. These networks may account in part for the alternative patterns of meanings available to us when we employ stored concepts to perceive meanings." (Novak, Gowin, 1984, p. 17)

In questi ultimi anni viene studiato il processo cognitivo derivante dal ritrovamento e dalla ricostruzione di informazioni e della conoscenza dalla memoria e questo processo ripetuto produce apprendimento significativo. (Karpicke, 2012) Secondo alcuni dati quantitativi derivanti da uno studio, questo processo cognitivo risulta essere più efficace delle mappe concettuali. (Karpicke, Blunt, 2011)

Problem solving

L'importanza del problem solving nell'acquisizione di capacità cognitive di ordine elevato non deve essere sottovalutata. Lavorare sulla soluzione dei problemi, potenzialmente permette di sviluppare sia la comprensione concettuale che le abilità procedurali: "In understanding procedural knowledge we start with problem solving because it seems that all cognitive activities are fundamentally problem solving in nature." (Anderson, 1995, p. 237) Inoltre, "… problem solving is the most authentic and therefore the most relevant learning activity that students can engage in. … research has shown that knowledge constructed in the context of solving problems is better comprehended, retained, and therefore more transferable. … problem solving requires intentional learning. … Therefore, the primary purpose of education should be to engage and support learning to solve problems." (Jonassen, 2011, pp. xvii-xviii)

Diversi studiosi ritengono il problem solving essere l'attività centrale della cognizione umana: "It is peculiar that causal inference does not get more play in mainstream cognitive psychology because it has to be one of the key organizing constructs of human cognition. It is central to problem solving, and some of us (Anderson, Newell, Tolman) see problem solving as particularly central to human cognition." (Anderson, 1990, p. 150)

Diverse abilità e variabili cognitive vengono attivate nella risoluzione di un problema: "One of the important factors that affect problem solving is the relevant knowledge of basic scientific definitions and principles that exist in the problem solver's mind. ... Another important factor that affects problem solving is the integrating and assimilating (subsuming) effects of the cognitive structure. ... meaningful learning involves effective linking between new knowledge and existing cognitive structure. Three aspects of linkage are important in learning processes in science. These include: (1) internal linkage in a cognitive structure; (2) activation of a particular part of cognitive structure for learning; and (3) external linkage between an existing cognitive structure and the new learning content." (Lee et al., 1996, p. 693)

Dagli studi sulle difficoltà degli studenti nella soluzione dei problemi si possono trarre utili insegnamenti per rendere il processo un evento significativo. Spesso si ricorre all'uso delle formule o di algoritmi risolutivi senza comprendere il significato concettuale richiesto: "Sue views her primary task in the educational system as memorizing rules and algorithms. She must then practice those rules until she can apply them flawlessly. ... she does not associate the symbols and numerical answers that she generates with real objects and events. She applied rules correctly when the context of the application was clear from the problem statement. However, when problems required the integration of algebra, chemistry, and reasoning, she was unsuccessful." (Herron, Greenbowe, 1986, p. 530)

Non è possibile risolvere con successo i problemi in modo significativo se non si possiedono le abilità necessarie e la conoscenza concettuale: "problem solving could be made more meaningful and students might become more successful if problems were presented in such a way that students could see the relationship between the problem, the phenomena on which the problem is based and the microscopic representation of that phenomena." (Gabel, Bunce, 1994, p. 320)

Un modo efficace e potente di apprendere e ragionare è il ricorso al ragionamento analogico: si tratta di un processo mentale complesso che può essere decomposto e meglio compreso in una serie successiva di step. "one or more relevant analogs stored in long-term memory must be *accessed*. A familiar analog must be *mapped* to the target analog to identify systematic correspondences between the two, thereby aligning the corresponding parts of each analog. The resulting mapping allows analogical *inferences* to be made about the target analog, thus creating new knowledge to fill gaps in understanding. These inferences need to be evaluated and possibly *adapted* to fit the unique requirements of the target. Finally, in the aftermath of analogical reasoning, *learning* can result in the generation of new categories and schemas, the addition of new instances to memory, and new understandings of old instances and schemas that allow them to be accessed better in the future."(Gentner, Holyoak, Kokinov, 2001, pp. 9-10)

Esiste una differenza profonda tra ciò che la sfida cognitiva del problema propone e la soluzione di un esercizio. Un esercizio è quando le informazioni disponibili del compito affrontato sono complete, il metodo è conosciuto e lo scopo è definito. (Johnstone, 1993, p. v) Esiste un problema "Whenever there is a gap between where you are now and where you want to be, and you don't know how to find a way to cross the gap, you have a problem." (Hayes, 1989, p. xii) Un'utile definizione di problem solving è la seguente: "A strategy used to apply all previously acquired knowledge and experience to new situations and challenges." (Collins III, O'Brien, 2011, p. 369) Si può parlare di problem solving se si verificano due condizioni: 1) c'è un gap tra dove si è e dove si vuole arrivare; 2) non è immediatamente evidente il processo che permette di risolvere il problema. Questa attività si esplica al meglio in base alle conoscenze ed esperienze precedentemente

acquisite in modo significativo.

La soluzione riflessiva dei problemi è una delle attività importanti nelle scuole elementari; ad esempio un compito in una classe seconda che segue il metodo Montessori: "*Nel problema elimina i dati inutili, trascrivi quelli utili, poi risolvi. Sara ha comprato due scatole di matite colorate e 3 quaderni. Ogni scatola contiene 5 matite colorate. Quante matite colorate ha comprato in tutto Sara? Nel seguito: Dati; Operazione; Risposta*." L'operazione di eliminare i dati inutili e quella di suddividere il processo risolutivo in più step (Dati, Operazione, Risposta) sono utili anche per ridurre il carico cognitivo della memoria di lavoro, il che permette una capacità maggiore di elaborare le informazioni.

Questionario sull'autoefficacia

Nel 2014, verso la fine del progetto è stato proposto agli insegnanti maggiormente coinvolti un questionario sull'autoefficacia. L'autoefficacia (Self-efficacy) è la convinzione di ciò che si è in grado di fare e non è la stessa cosa che sapere cosa fare. Una definizione: "*Self-efficacy* ... refers to perceived capabilities to learn or perform behaviors at designated levels. Self-efficacy is a cognitive belief." (Schunk, 2012, p. 58) Il questionario che consiste di 20 affermazioni è stato progettato per misurare quattro variabili: efficacia nel coinvolgimento degli studenti; efficacia nelle strategie didattiche; efficacia nell'insegnamento basato sull'inquiry ed efficacia nelle strategie *PROFILES*. Le risposte alla domanda "Quanto riesce a fare?" prevedevano una scala Likert a 9 alternative di risposta (1 = niente; 9 = molto).

Il questionario è stato inviato a oltre 400 insegnanti considerati tra quelli più vicini alla filosofia del progetto e 34 insegnanti hanno restituito il questionario compilato; l'autovalutazione ha prodotto un punteggio per la quattro variabili compreso tra 7,15 e 7,46. Forse non si è abituati a valutare il proprio impatto nella classe e il proprio insegnamento. Inoltre, non essendo anonimo è imbarazzante dover far conoscere questa autovalutazione. Conoscendo il valore di questi insegnanti, il punteggio è stato dato 'con manica stretta'.

Interesse e motivazione

Interesse e motivazione sono variabili psicologiche che non si possono misurare direttamente, ma che sono intimamente connesse con l'apprendimento perché in molte maniere lo influenzano. La motivazione è un processo in cui iniziano e vengono sostenute le attività dirette verso degli obiettivi: "*Motivation* is the process of instigating and sustaining goal-directed behavior. This is a cognitive definition because it postulates that learners set goals and employ cognitive processes (e.g., planning, monitoring) and behaviors (e.g., persistence, effort) to attain their

goals." (Schunk, 2012, p. 346)

Molte variabili e fattori influenzano la motivazione; è stato fatto cenno alla rilevanza del materiale. Certamente i genitori, l'ambiente sociale e la cultura della scuola, amici e compagni di scuola, l'ambiente di apprendimento e il rapporto emotivo con gli insegnanti. In molti casi gioca un ruolo importante la concezione della propria abilità: "Children's conceptions of ability play a pivotal role in their achievement motivation. During grade school and middle school, critical changes take place in these conceptions and their influence on achievement motivation. It is during this time that children come to fully understand the idea of ability as a potentially stable trait of the self; to reason fluently about the relations among intellectual ability, effort, and performance; and, perhaps most important, to show a coherent relation both among their achievement beliefs and between their ability beliefs and their motivation. As these conceptions develop, children become more concerned about their ability and more sensitive to evaluation, especially negative evaluation." (Dweck, 2002, p. 57)

Per invogliare l'impegno nella classe, la dimensione affettiva dovrebbe essere inclusa tra gli obiettivi dell'insegnamento: "We believe that the goals of teaching and learning science include knowledge (cognition), emotion and motivation." (Shavelson, Ruiz-Primo, Wiley, 2005, p. 414) L'interesse ingloba sia la dimensione affettiva che quella motivazionale; infatti, "interest ... has both an affective and a cognitive component. ... In recognizing the strong affective component of interest, many researchers went as far as arguing that interest is a basic emotion. ... An additional important aspect of considering emotions/affect to be an essential component of interest is that it allows the integration of psychological and neuroscientific approaches." (Hidi, 2006, p. 71)

Curiosità ed interesse sono altri fattori motivanti che permettono di raggiungere prestazioni migliori. Risulta che la combinazione di curiosità e impegno può essere altrettanto influente sul rendimento scolastico al pari dell'intelligenza. "Curiosity and interest can function as motivators in academic settings either directly or indirectly. ... when individuals become curious, they are more motivated to seek unknown information. This motivation to gain information is so powerful that even young infants are known to engage in exploration when faced with unexpected situations. ... even though intelligence is the strongest predictor of academic performance, the combination of curiosity and effort can be just as influential. ... Like curiosity, interest has been found to motivate learners and to eventually result in better performance." (Shin et al., 2019, p. 450)

La motivazione degli studenti è stata definita come "a student's tendency to find academic activities meaningful and worthwhile and to try to get the intended learning benefits from them." (Brophy, 2004, p. 249) Gli aspetti motivazionali sono fondamentali nel progetto *PROFILES* e per questo molte energie sono state spese per realizzare uno studio della motivazione e dei guadagni degli studenti;

questo studio è stato pianificato dopo l'incontro del consorzio *PROFILES* in Porto (ottobre 2013) e svolto in due tempi: all'inizio e alla fine dell'anno scolastico.

Lo strumento utilizzato è stato il questionario MoLE (Motivational Learning Environment; Bolte, 2006). Si compone di 14 affermazioni (Questionario 2, in Appendice) e considera sette importanti dimensioni del coinvolgimento degli studenti: comprensione della materia / requisiti; il contenuto della materia; opportunità di partecipazione; soddisfazione personale; rilevanza della materia; cooperazione nella classe, impegno richiesto e disponibilità individuale a partecipare (Bolte et al., 2013, p. 75).

Il numero totale di questionari raccolti è stato di 2.344; 1.913 al primo round (che ha coinvolto 91 classi: 1771 studenti (ss) *PROFILES*; 142 ss non *PROFILES*) e 431 alla fine dell'anno scolastico (23 classi). Il numero inferiore di questionari alla fine dell'anno scolastico è dovuto all'impegno degli insegnanti nelle interrogazioni e compiti in classe. Hanno partecipato scuole delle Marche, di Fossano, Perugia e Torino. Le scuole coinvolte al primo round sono state: elementari (4 classi; 80 ss), scuola media (9 classi; 187 ss) e scuole secondarie (78 classi; 1.646 ss). Le scuole secondarie superiori: scuole professionali (11 classi; 170 ss), Liceo classico e scientifico (42 classi; 1.015 ss), ITIS e Geometri (25 classi; 461 ss).

Le materie coinvolte sono: Biologia (10 classi, 225 ss); Chimica (44 classi, 826 ss); Inglese (8 classi, 211 ss); Italiano (9 classi, 141 ss); Matematica (24 classi, 523 ss); Fisica (4 classi, 127 ss); Science (6 classi, 137 ss); Sistemi e reti (9 classi, 154 ss). La distribuzione delle materie scolastiche è mostrata nella Figura 14.

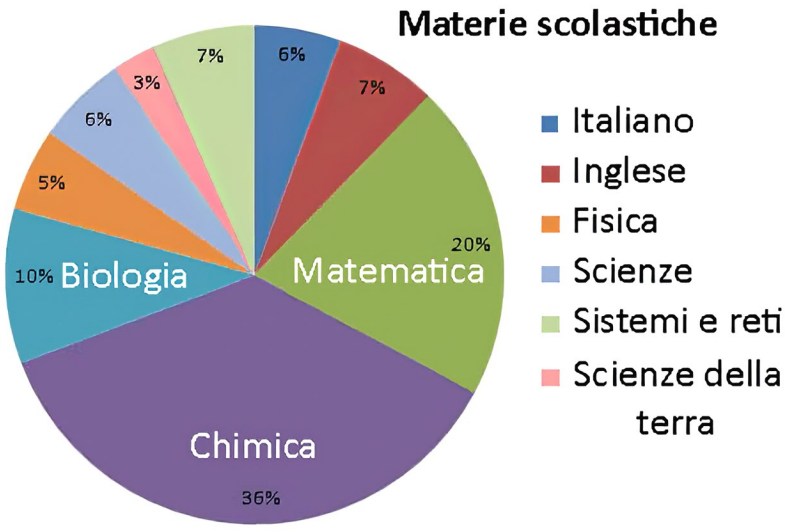


Figura 14. Chimica, matematica, biologia e inglese sono le materie con il maggior numero di questionari (N = 2.344).

Il questionario consiste di due parti; una reale e una ideale e la differenza tra la situazione ideale (l'insegnamento come lo studente vorrebbe che fosse condotto) e la situazione reale (l'insegnamento come viene condotto, dal punto di vista dello studente) dà un'indicazione dei possibili miglioramenti. I dati sono stati elaborati per trovare delle correlazioni: una prima correlazione cercata è stata quella tra gli studenti con insegnanti che utilizzano le idee del progetto *PROFILES* e i 142 studenti di altri insegnanti. Viene calcolato il valor medio di ciascuna delle sette dimensioni e fatta la differenza tra la situazione ideale e quella reale. I risultati in forma grafica, sono riportati nella Figura 15.

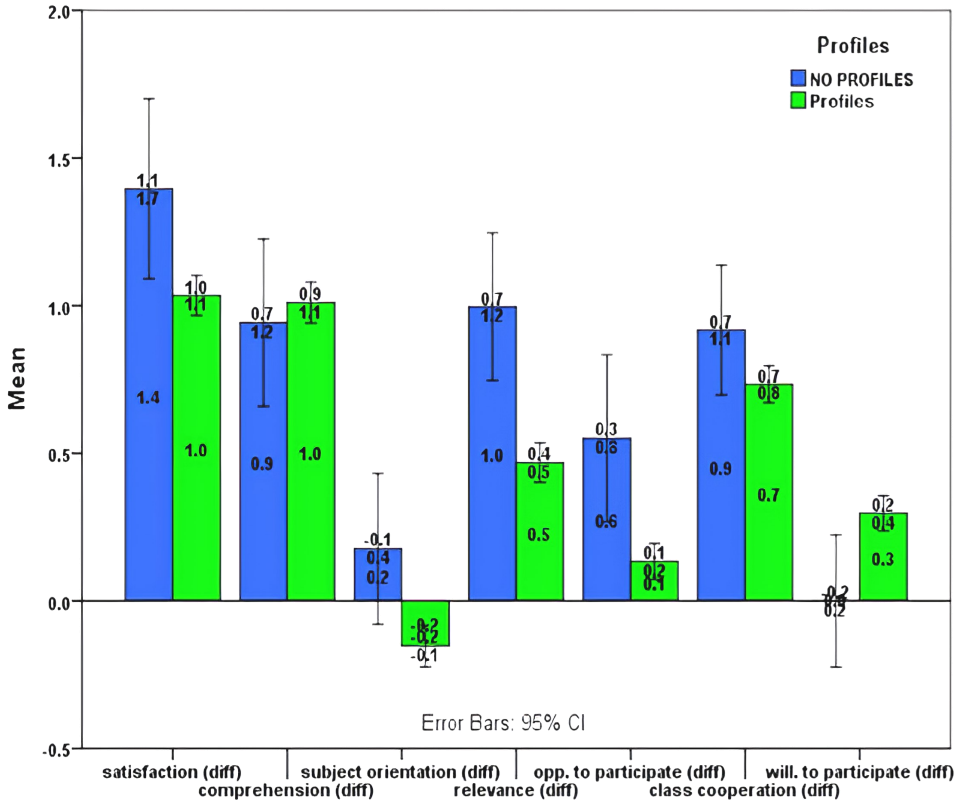


Figura 15. Differenze nelle sette dimensioni valutate dal questionario MoLE tra studenti *PROFILES* e altri studenti.

Un altro dato interessante è la differenza nelle opinioni degli studenti tra il primo e il secondo round, degli stessi studenti. I risultati in forma grafica, sono riportati nella Figura 16.

In generale, questi risultati non sono molto incoraggianti al fine di dimostrare l'efficacia delle idee del metodo per quanto riguarda la motivazione; altri indicatori, raccontano una realtà diversa. Uno dei motivi è che la motivazione è difficile da

misurare con un questionario, perché "To be motivated means *to be moved* to do something." (Ryan, Deci, 2000, p. 54) Probabilmente, misurare un comportamento oggettivo con un questionario soggettivo non sempre produce risultati affidabili.

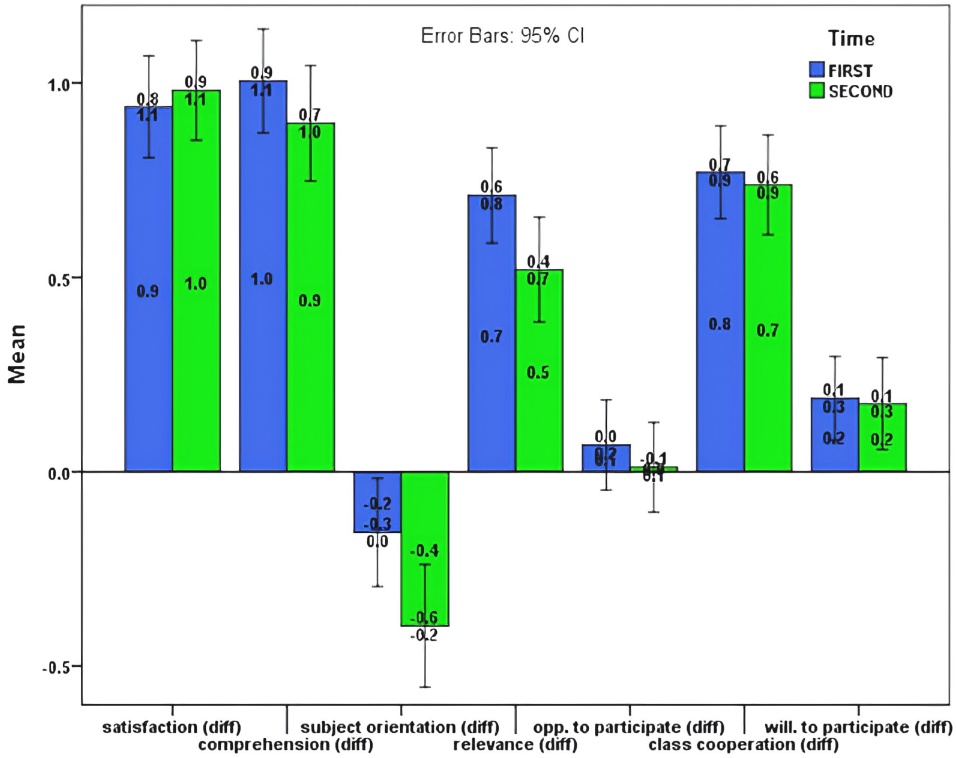


Figura 16. Differenze nelle sette dimensioni valutate dal questionario MoLE tra studenti *PROFILES* nel il primo e il secondo round.

Tra gli studenti considerati nei risultati riportati in Figura 15, sono inclusi studenti altamente motivati nello studio delle materie scolastiche e impegni legati alla scuola, studenti motivati dai loro insegnanti (Figure 17 e 18) e studenti assolutamente non motivati. Ciò che risulta dall'elaborazione dei dati non riflette la grande differenza di comportamento nei confronti dell'impegno degli studenti a scuola e nelle materie considerate. Per quanto riguarda la volontà a partecipare, ciò che risulta dall'elaborazione è che gli altri studenti sono soddisfatti, mentre vorrebbero maggiori opportunità di essere coinvolti. Considerando il contenuto della materia, gli studenti *PROFILES* si sentono avvantaggiati e questo vantaggio aumenta con il completarsi dell'anno scolastico.

I sondaggi sono utili e persino necessari per fornire dati numerici che permettono di valutare l'impatto dell'insegnamento e ottenere indicazioni per migliorarlo. Ma la misura dell'attitudine e della motivazione è difficile e i questionari sono

semplicemente meglio di niente, o, come correttamente affermato da Bolte (2006), sono "As good as it gets." Alcuni costrutti psicologici sono difficili sia da misurare che da modificare: esistono suggerimenti e osservazioni, ma non ricette per incoraggiare attitudine, interesse e motivazione: "There is not one single recipe (or set of recipes) to foster students' motivation and interest in chemistry education. Every student reacts individually to options given by teachers, be it the themes or methods." (Bolte, Streller, Hofstein, 2013, p. 83)

Figura 17. Insegnanti e studenti partecipanti all'opera rock Historock 2014. Progetto sviluppato dal Prof. Romano Firmani, Liceo scientifico 'Antonio Orsini', Ascoli Piceno.

Figura 18. Teatro Ventidio Basso e palco di Historock 2015. Quante prove sono necessarie per preparare una rappresentazione di buon livello capace di soddisfare il pubblico? © Alberto Luciani.

Ci sono molte evidenze dei vantaggi che il progetto *PROFILES* ha portato agli studenti, come verrà riportato nella seconda parte. Molti degli studenti che hanno proseguito negli studi, sono risultati tra i migliori dei corsi all'università. Inoltre, gli insegnanti sono rispettati dai loro colleghi e dai dirigenti e hanno attratto altri

insegnanti alle idee e alle pratiche del progetto. Insegnanti capaci di avere un impatto nei processi di apprendimento e insegnamento catturando l'interesse e coinvolgendo i loro studenti in entusiasmanti progetti, a volte molto impegnativi, certamente hanno raggiunto l'eccellenza nella professione, come verrà riportato nella seconda parte.

Bibliografia

1. S. A. Ambrose, M. W. Bridges, M. DiPietro, M. C. Lovett, M. K. Norman, *How learning works. Seven research-based principles for smart teaching*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2010.
2. J. R. Anderson, *The adaptive character of thought*. Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ, 1990.
3. J. R. Anderson, *Cognitive psychology and its implications*. Fourth Ed. W. H. Freeman: New York, 1995.
4. O. R. Anderson, Brain, mind, and the organization of knowledge for effective recall and application. *LEARNing Landscapes*, 5 (1), 45-61, 2011.
5. G. S. Aikenhead, Chemistry and Physics instruction: Integration, ideologies, and choices. *Chemistry Education Research and Practice*, 4, (2), 115-130, 2003.
6. G. S. Aikenhead, *Science education for everyday life. Evidence-based practice*. Teachers College Press: New York, 2006.
7. S. A. Ambrose, M. W. Bridges, M. DiPietro, M. C. Lovett, M. K. Norman, *How learning works. Seven research-based principles for smart teaching*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2010.
8. J. Anderson, A. Shendruk, *The best students in the world, charted*. 2019. Online at: https://qz.com/1759506/pisa-2018-results-the-best-and-worst-students-in-the-world/
9. D. Bianchini, F. M. Foresi, G. Paccazzocco, C. Principi, L. Cardellini, Altre esperienze dal progetto PROFILES: la chimica in cucina. *La Chimica nella Scuola*, 40 (4), 43-89, 2018.
10. C. Bolte, As good as it gets: The MoLE-instrument for the evaluation of science instruction. *Proceedings of the Annual Meeting of the National Association for the Research on Science Education* (*NARST*), San Francisco, USA, Aprile 2006.
11. C. Bolte, S. Streller, A. Hofstein, How to motivate students and rise their interest in chemistry education. In I. Eilks, A. Hofstein (Eds.), *Teaching Chemistry – A studybook. A practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers* (pp. 67-85). Sense Publishers: Rotterdam, The Netherlands, 2013.
12. J. D. Bransford, A. L. Brown, R. R. Cocking, M. S. Donovan, J. W. Pellegrino (Eds.), *How people learn: Brain, mind, experience, and school*: Expanded Edition. National Academy of Sciences: Washington, D.C., 2000.

13. R. Brent, R. M. Felder, Random thoughts: How learning works. *Chemical Engineering Education*, 45 (4), 257-258, 2011.
14. J. Brophy, *Motivating students to learn*. Lawrence Erlbaum: Mahwah, NJ, 2004.
15. L. Cardellini, Advocating science for all: An interview with Peter J. Fensham. *Journal of Chemical Education*, 90 (6), 735-740, 2013.
16. L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo: un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, 21 (1), 18-25, 1999.
17. L. Cardellini, G. Tsaparlis, Problem solving. *La Chimica nella Scuola*, 20 (3), 86-93, 1998.
18. J. W. Collins III, N. P. O'Brien (Eds.), *The Greenwood dictionary of education*, 2nd Ed. Greenwood: Santa Barbara, CA, 2011.
19. D. K. Criddle, Book review. *Journal of Adult Education*, 45 (1), 19-20, 2016.
20. G. Crosling, M. Heagney, L. Thomas, Improving student retention in higher education. Improving teaching and learning. *Australian Universities' Review*, 51 (2), 9-18, 2009.
21. N. C. Dalkey, O. Helmer, An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management Science*, 9 (3), 458-467, 1963.
22. C. S. Dweck, The development of ability conceptions. In A. Wigfield, J. S. Eccles (Eds.), *Development of achievement motivation* (pp. 57-88). Academic Press: San Diego, CA, 2002.
23. S. Duggan, R. Gott, What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, 24 (7), 661-679, 2002.
24. I. Eilks, A. Hofstein, Curriculum development in science education. In K. S. Taber, B. Akpan (Eds.), *Science education. An international course companion* (pp. 169-181). Sense Publishers: Rotterdam, The Netherlands, 2017.
25. G. Galanes, K. Adams, *Effective group discussion. Theory and practice*, 15th Ed. McGraw-Hill Education: New York, 2019.
26. D. L. Gabel, D. M. Bunce, Research on problem solving: Chemistry. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning. A project of the National Science Teacher Association* (pp. 301-326). Macmillan: New York, 1994.
27. D. Gentner, K. J. Holyoak, B. K. Kokinov, Introduction. In D. Gentner, K. J. Holyoak, B. K. Kokinov (Eds.), *The analogical mind. Perspectives from cognitive science* (pp. 1-19). The MIT Press: Cambridge, MA, 2001.
28. R. M. Gillies, A. F. Ashman, J. Terwel, Concluding Remarks. In R. M. Gillies, A. F. Ashman, J. Terwel (Eds.), *The teacher's role in implementing cooperative learning in the classroom* (pp. 258-261). Springer Science+Business Media: New York, 2008.
29. J. R. Hayes, *The complete problem solver*, 2nd Ed. Erlbaum: Hillsdale, NJ,

1989.
30. R. M. Hazen, J. Trefil, *Science matters. Achieving scientific literacy*. Anchor Books: New York, 2009.
31. J. Hattie, G. C. R. Yates, *Visible learning and the science of how we learn*. Routledge: New York, 2014.
32. J. D. Herron, T. J. Greenbowe, What can we do about Sue: A case study of competence. *Journal of Chemical Education*, 63 (6), 528-531, 1986.
33. S. Hidi, Interest: A unique motivational variable. *Educational Research Review*, 1 (2) 69-82, 2006.
34. J. Holbrook, Making chemistry teaching relevant. *Chemical Education International*, 6 (1), 2005.
35. J. Holbrook, M. Rannikmae, The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29 (11), 1347-1362, 2007.
36. J. Holbrook, M. Rannikmae, The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3), 275-288, 2009.
37. J. Holbrook, M. Rannikmäe, The philosophy and approach on which the PROFILES project is based. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 4 (1), 9-29, 2014.
38. INVALSI, 2019. *I risultati di OCSE PISA 2018*. Online at: https://www.invalsiopen.it/risultati-ocse-pisa-2018/
39. A. H. Johnstone, Introduction. In C. A. Wood, (Ed.), *Creative problem solving in Chemistry* (pp. iv-vi). The Royal Society of Chemistry: London, 1993.
40. D. H. Jonassen, *Learning to solve problems. A handbook for designing problem -solving learning environments*. Routledge: New York, 2011.
41. J. D. Karpicke, Retrieval-based learning: Active retrieval promotes meaningful learning. *Current Directions in Psychological Science*, 21 (3), 157-163, 2012.
42. J. D. Karpicke, J. R. Blunt, Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. *Science*, 331 (6018), 772-775, 2011.
43. J. J. Lagowski, Faculty attitudes and student retention. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 173, 1992.
44. K.-W. L. Lee, N.-K. Goh, L.-S. Chia, C. Chin, Cognitive variables in problem solving in chemistry: A revisited study. *Science Education*, 80 (6), 691-710, 1996.
45. J. W. Little, Assessing the prospects for teacher leadership. In A. Lieberman (Ed.), *Building a professional culture in schools* (pp. 78-105). Teachers College Press: New York, 1988.
46. T. Lyons, The puzzle of falling enrolments in physics and chemistry courses: Putting some pieces together. *Research in Science Education*, 36 (3), 285-311, 2006.

47. J. Murphy, *Connecting teacher leadership and school improvement*. Corwin Press: Thousand Oaks, CA, 2005.
48. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *How people learn II: Learners, contexts, and cultures*. The National Academies Press: Washington, DC, 2018.
49. J. D. Novak, Application of advances in learning theory and philosophy of science to the improvement of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 61 (7), 607-612, 1984.
50. J. D. Novak, L. Cardellini, Mappe concettuali: Fondamenti teorici per l'uso nell'insegnamento. *IS Informatica & Scuola*, 12 (2), 14-17, 2004.
51. J. D. Novak, D. B. Gowin, *Learning how to learn*. Cambridge University Press: New York, 1984.
52. J. G. Nyquist, R. Jubran, Book review. *The Journal of Chiropractic Education*, 26 (2), 192-193, 2012.
53. OECD, *Sample Tasks from the PISA 2000 Assessment. Reading, mathematical and scientific literacy*. Paris, 2002.
54. OECD, *Learning for tomorrow's world. First results from PISA 2003*. Paris, 2004.
55. OECD, PISA 2012 results in focus. What 15-year-olds know and what they can do with what they know. 2014.
56. OECD, What are the advantages today of having an upper secondary qualification? *Education Indicators in Focus*, 34, 2015. Online at: https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jrw5p4jn426-en.pdf?expires=1584617288&id=id&accname=guest&checksum=6B8F72191068CE9FB2BCD59E2F0296F4
57. S. Ohlsson, The interaction between knowledge and practice in the acquisition of cognitive skills. In S. Chipman, A. L. Meymwitz (Eds.), *Foundations of knowledge acquisition. Cognitive models of complex learning* (pp. 147-208). Kluwer Academic Publishers: New York, 1993.
58. J. E. Ormrod, *How we think and learn. Theoretical perspectives and practical implications*. Cambridge University Press: New York, 2017.
59. J. Osborne, S. Collins, *Pupils' and parents' views of the school science curriculum*. King's College London: London, 2000.
60. PARSEL, 2006. Online at: http://icaseonline.net/parsel/www.parsel.uni-kiel.de/cms/indexe435.html?id=home
61. M. Rocard, P. Csermely, D. Jorde, D. Lenzen, H. Walberg-Henriksson, V. Hemmo, *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*, Directorate General for Research, Science, Economy and Society, Brussels 2007. Retrieved 03/12/2016, from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.
62. W.-M. Roth, A. Calabrese Barton, *Rethinking scientific literacy*. Taylor & Francis: New York, 2004.

63. M. A. Ruiz-Primo, R. J. Shavelson, Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (6), 569-600, 1996.
64. J. Rudduck, J. Flutter, Pupil participation and pupil perspective: 'carving a new order of experience'. *Cambridge Journal of Education*, 30 (1), 75-89, 2000.
65. R. M. Ryan, E. L. Deci, Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25 (1), 54-67, 2000.
66. T. D. Sadler, Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (5), 513-536, 2004.
67. D. H. Schunk, *Learning theories. An educational perspective*. 6th Ed. Pearson Education: Boston, MA, 2012.
68. Seventh framework programme. *Supporting and coordinating actions on innovative methods in science education: teacher training on inquiry-based teaching methods on a large scale in Europe*. Grant Agreement No.: 266589, 2010.
69. R. J. Shavelson, Prefazione. In J. D. Novak, *Costruire mappe concettuali. Strategie e metodi per utilizzarle nella didattica* (pp. 9-11). Erickson: Trento, 2013.
70. R. J. Shavelson, M. A. Ruiz-Primo, E. W. Wiley, Windows into the mind. *Higher Education*, 49 (4), 413-430, 2005.
71. D. F. Shell, D. W. Brooks, G. Trainin, K. M. Wilson, D. F. Kauffman, L. M. Herr, *The unified learning model. How motivational, cognitive, and neurobiological sciences inform best teaching practices*. Springer: New York, 2010.
72. D.-J. D. Shin, H. J. Lee, G. Lee, S. Kim, The Role of curiosity and interest in learning and motivation. In K. A. Renninger, S. Hidi (Eds.), *The Cambridge handbook of motivation and learning* (443-464). Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2019.
73. L. S. Shulman, Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14, 1986.
74. L. S. Shulman, PCK: Its genesis and exodus. In A. Berry, P. Friedrichsen, J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 3-13). Routledge: New York, 2015.
75. R. J. Sternberg, K. Sternberg, *Cognitive Psychology*, Sixth Ed. Wadsworth, Cengage Learning: Belmont, CA, 2012.
76. H. Thiry, What enables persistence? In E. Seymour, A.-B. Hunter (Eds.), *Talking about leaving revisited. Persistence, relocation, and loss in undergraduate STEM education* (pp. 399-436). Springer Nature Switzerland: Cham, Switzerland, 2019.

77. T. Townsend, Changing understandings of school leadership. In T. Townsend (Ed.), *Instructional leadership and leadership for learning in schools. Understanding theories of leading* (pp. 1-12). Palgrave Macmillan: Cham, Switzerland, 2019.
78. N. M. Webb, S. H. Farivar, A. M. Mastergeorge, Productive helping in cooperative groups. *Theory Into Practice*, 41 (1), 13-20, 2002.
79. R. N. Zare, No more pencils, no more books. 2008 George C. Pimentel award, sponsored by Rohm and Haas Co. *Journal of Chemical Education*, 86 (2), 142-144, 2009.

Appendice

Questionario 1. Terzo questionario dello studio sull'insegnamento delle materie scientifiche.

Concetti Si prega di valutare i seguenti concetti rispondendo alle domande proposte	Scuola	Quale **priorità** dovrebbe avere ciascuno dei 3 concetti nell'educazione scientifica? 1 = priorità molto bassa 2 = priorità bassa 3 = priorità piuttosto bassa 4 = priorità piuttosto alta 5 = priorità alta 6 = priorità molto alta	Con riferimento all'attuale educazione scientifica, quanto pensa siano messi in **pratica** i concetti? *1 = molto poco* *2 = poco* *3 = piuttosto poco* *4 = abbastanza* *5 = molto* *6 = moltissimo*
Concetto A: Fare in modo che gli studenti siano motivati a migliorare il proprio apprendimento, favorire l'interazione tra gli studenti e migliorare le loro capacità comunicative.	Scuola materna	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*
	Scuola elementare	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*
	Scuole medie	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*
	Scuole superiori	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*
Concetto B: Sviluppo intellettuale in relazione alla ricerca scientifica attuale, allo sviluppo tecnologico e alle possibilità di occupazione	Scuola materna	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*
	Scuola elementare	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*
	Scuole medie	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*
	Scuole superiori	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*
Concetto C: Sviluppo generale della personalità tramite aspetti metodologici innovativi (cooperative learning, mappe concettuali, tecniche di problem solving ecc. ...) che promuovano l'indagine scientifica.	Scuola materna	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*
	Scuola elementare	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*
	Scuole medie	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*
	Scuole superiori	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	*[1] [2] [3] [4] [5] [6]*

Questionario 2. il questionario MoLE (Motivational Learning Environment).

PROFILES

Università Politecnica delle Marche

Cari Studenti, trovate interessanti le lezioni scolastiche? Ci piacerebbe scoprire come dovrebbero essere le lezioni secondo il vostro punto di vista. **Le informazioni fornite saranno tenute confidenziali** e utilizzate solo a scopo di ricerca. Ci interessa la sua opinione!

Nome ..... Cognome ..... Età ..... Sesso **M F**

CHIMICA 2013 Questionario 1 - **classe REALE**

Su questa pagina si chiede di esprimere la propria opinione sul corso di chimica in generale.

---

1. Per me la lezione di chimica è ...
   un evento piacevole □□□□□□□ tutt'altro che piacevole.
2. Alla lezione di chimica mi sento ...
   molto a mio agio □□□□□□□ molto a disagio.
3. Alle lezioni di chimica io giammai □□□□□□□ sempre ...
   comprendo l'argomento della materia.
4. Alla lezione di chimica io ….. mai □□□□□□□ sempre ...
   ho tempo a sufficienza per riflettere sulle domande poste durante la lezione.
5. Le lezioni di chimica riguardano... mai □□□□□□□ sempre ...
   la composizione o la formazione delle sostanze.
6. Le lezioni di chimica vertono ... mai □□□□□□□ sempre ...
   su esperimenti di laboratorio di chimica utili a comprendere meglio la teoria.
7. Gli argomenti nelle lezioni di chimica mi sembrano ...
   molto utili (per la mia vita) □□□□□□□ totalmente indifferenti (nella vita di tutti i giorni).
8. Per la mia vita sociale e con gli amici, gli argomenti delle lezioni di chimica sono di ...
   grande importanza □□□□□□□ nessuna utilità.

9. Il nostro docente di chimica...
viene incontro alle nostre necessità □□□□□□□ ignora le nostre richieste.
10. Durante la lezione di chimica possiamo ... sempre □□□□□□□ mai ...
porre domande al docente riguardo alla lezione.
11. Nelle lezioni di chimica in classe c'è collaborazione ...
per niente □□□□□□□ molta.
12. Alla lezione di chimica la classe davvero ...
partecipa con impegno □□□□□□□ non si sforza minimamente.
13. I miei sforzi per comprendere l'argomento della materia nelle lezioni di chimica sono ...
enormi □□□□□□□ minimi.
14. Nelle lezioni di chimica io ...
partecipo sempre attivamente □□□□□□□ non ho mai provato a partecipare.

CHIMICA 2013 Questionario 2 - **Corso IDEALE**

In questa pagina viene chiesto di scegliere **come vorrei che fosse** la lezione di chimica!

---

1. Per me è ...
molto importante □□□□□□□ assolutamente ininfluente ...
che le lezioni di chimica siano piacevoli.
2. Per me è ...
molto significativo □□□□□□□ assolutamente ininfluente ...
il potermi trovare a mio agio durante le lezioni di chimica.
3. Per me è ...
indispensabile □□□□□□□ assolutamente ininfluente ...
capire l'argomento spiegato durante la lezione di chimica.
4. Per me è ...
molto utile □□□□□□□ assolutamente ininfluente ...
l'avere tempo per ragionare sulle domande poste durante le lezioni di chimica.

5. Per me è ...

fondamentale □□□□□□□ assolutamente ininfluente ...

che le lezioni di chimica spieghino la composizione o la formazione delle sostanze.

6. Per me è ...

fondamentale □□□□□□□ assolutamente irrilevante ...

che le lezioni di chimica riguardino esperimenti di laboratorio.

7. Per me è...

molto importante □□□□□□□ assolutamente irrilevante ...

che gli argomenti trattati nelle lezioni di chimica mi siano utili (per la vita di tutti i giorni).

8. Gli argomenti trattati nelle lezioni di chimica per me è ...

molto importante □□□□□□□ assolutamente ininfluente ...

che siano significativi la mia vita sociale e con gli amici.

9. Per me è ...

molto importante □□□□□□□ assolutamente ininfluente ...

che il nostro insegnante di chimica prenda in considerazione le nostre necessità.

10. Per me è ...

molto importante □□□□□□□ assolutamente irrilevante ...

il poter sempre porre domande al professore riguardo alla lezione.

11. Mi piace quando c'è spirito di collaborazione in classe ...

per niente □□□□□□□ moltissimo ... durante le lezioni di chimica.

12. Nelle lezioni di chimica preferisco quando tutta la classe ...

ci si mette d'impegno □□□□□□□ non si sforza affatto.

13. Nelle lezioni di chimica io preferirei ...

dovermi sforzare davvero □□□□□□□ non faticare.

14. Nelle lezioni di chimica mi piacerebbe ...

partecipare □□□□□□□ non partecipare.

Capitolo 57

L'impatto del progetto *PROFILES*. Parte 2. L'eccellenza in pratica

Liberato Cardellini
Università Politecnica delle Marche, Ancona
e-mail: l.cardellini@univpm.it

Abstract

A great deal of effort has been devoted to the professional development of teachers in the belief that motivated teachers, who are interested in their students and perceive the effectiveness of their skills, can improve students' academic results. Significant learning experiences in which students are actively involved and new teaching practices used by teachers involved in the *PROFILES* project are here reported.

In a vocational school, the collaboration and enthusiasm of the teachers made it possible to change the attitude and increase the motivation of the students who were initially not very interested in school teaching. This small 'miracle' is reported in the first experience, in which the interest in a school project grew during the school year and in the end the students were proud and enthusiastic about their work. The didactic experiences reported here constitute a small part of what teachers have done using the philosophy of the *PROFILES* project. A more complete report is available at the URL https://www.profiles.univpm.it. These important results have been possible thanks to two indispensable components: teachers willing to participate and the continuous professional development program. Changes are slow and can be encouraged by the perception of the teacher to teach successfully and have an impact on student education. The experiences reported here show that changes are possible and excellence in teaching is a reality.

L'eccellenza nell'insegnamento

Nella prima parte è stato considerato il grande impegno dedicato allo sviluppo professionale degli insegnanti e si è visto come l'obiettivo del programma di sviluppo professionale fosse quello di incoraggiare gli insegnanti a diventare dei

leader. Vediamo ora con qualche esempio come questo traguardo non comune sia stato raggiunto. L'esperienza che segue ha luogo in una scuola professionale di Tolentino, con le alunne della seconda classe Operatore della moda. Le scuole professionali vengono ritenute un ambiente in cui insegnare è più difficile rispetto ad altre scuole, in generale per il poco interesse degli studenti verso il percorso scolastico di formazione. "Perché dobbiamo studiare queste cose?"; "No prof.: questo non ci interessa"; "A che serve la chimica?" In questi contesti il primo intervento necessario è di riuscire a catturare e sviluppare l'interesse degli alunni.

La sfida per l'insegnante è molto impegnativa: catturare l'interesse delle studentesse per avere di fatto una 'nuova' classe. Secondo la letteratura, il processo di trasformazione di un individuo, per diventare membro di un nuovo gruppo è complesso e attraversa tre fasi distinte: (Coulon, 2004, p. 110)

- The separation of the novice from his or her previous group.
- The liminal time when the subject is at the social margins, with neither past nor future.
- The membership stage, when the subject can live naturally in the new group because he or she has been initiated into the new world through a process of routinization. He or she has become, or is becoming, a member.

La trasformazione che avviene in una classe non è così radicale, ma si tratta di un cambiamento importante, che richiede capacità professionali, umane ed etiche non comuni da parte dell'insegnante. Per catturare il loro interesse, l'insegnante dovrebbe essere un esempio anche da ammirare e che in qualche modo riesce a sedurre i propri studenti: "The real question is how one can get students interested in learning – more correctly, interested in learning those things that adults deem worthwhile. Seduction, I think." (Herron, in Cardellini, 2002, p. 57)

Nel 2013 la classe poteva partecipare al concorso nazionale "Adotta Scienza e Arte", con una produzione di elaborati grafici su stoffa ispirati da frasi di grandi personaggi del mondo della scienza e di abbinarvi un personale commento in forma scritta. Questa è stata l'occasione giusta per approfondire in modo interdisciplinare il legame tra Scienza e Arte, con lo scopo di promuovere curiosità, conoscenze e abilità creative nelle alunne. La proficua collaborazione tra nove docenti dei diversi settori disciplinari (scientifico-tecnico-umanistico) è stata con successo trasferita alle allieve, le quali nello svolgersi del processo sono diventate protagoniste attive del loro sapere, incoraggiate dalle loro docenti che hanno svolto il ruolo di facilitatrici, oltre che di detentrici del sapere.

Per le studentesse il progetto ha avuto come filo conduttore la piacevole scoperta del sapere e del saper fare. Fondamentale è stato il contributo della docente di Italiano nella fase iniziale e conclusiva in cui le alunne hanno liberamente selezionato

le frasi di interesse, analizzato le stesse ed infine elaborato un commento da abbinare all'elaborato grafico prodotto. Le studentesse hanno lavorato in coppie eterogenee formate in modo da potenziare le diverse abilità e favorire la collaborazione tra pari ed incentivare il lavoro di gruppo. La didattica laboratoriale ha rappresentato il punto di raccordo tra la realtà quotidiana e la teoria svolta in aula, ovvero, dal macro al micro.

Figura 1. Estrazione del pigmento della clorofilla dagli spinaci.

Figura 2. Cromatografia su strato sottile e prove di pittura su stoffa con estratto grezzo di clorofilla.

Un primo esperimento ha avuto luogo nel laboratorio di Chimica, in cui le alunne hanno effettuato l'estrazione del pigmento della clorofilla dagli spinaci (Figura 1) ottenuto dalla separazione dei vari componenti attraverso la cromatografia su strato sottile di silice (TLC), e utilizzato l'estratto grezzo per dipingere su stoffa; per procedere poi alla tintura e pittura con diversi pigmenti vegetali (Figura 2) per completare poi

con la produzione di originalissime shopping bags ecocompatibili.

Un aspetto importante è la collaborazione tra insegnanti di diverse materie che hanno partecipato a questo progetto interdisciplinare. Si è partiti promuovendo osservazioni e quesiti (brainstorming) da parte degli studenti, circa il fenomeno del colore. Le principali domande emerse sono state: cosa è il colore? a cosa sono dovuti i numerosi colori presenti nel mondo vegetale (fiori, frutti, piante)? come è possibile utilizzare questi colori per tingere e dipingere la stoffa? Alla formulazione dei quesiti hanno fatto seguito ipotesi volte alla spiegazione del fenomeno colore; per scoprire la validità di tali ipotesi si è proceduto alla sperimentazione (didattica laboratoriale).

In Fisica, attraverso il disco di Newton sono stati affrontati il tema del colore e dell'interazione luce-materia. Nel laboratorio di Biologia le studentesse hanno potuto osservare i cloroplasti al microscopio (Cellule di Elodea canadensis con cloroplasti. Foto realizzata al microscopio ottico (40x) con obiettivo collegato alla macchina fotografica digitale) e realizzare 'in situ' la produzione di ossigeno durante il processo della fotosintesi clorofilliana (Figura 3).

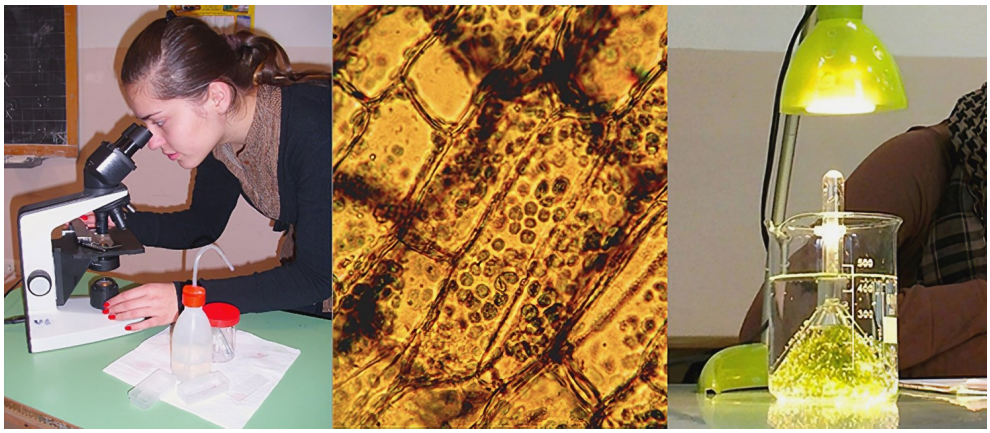


Figura 3. Osservazione dei cloroplasti in cellule di Elodea canadensis e dimostrazione della produzione di ossigeno.

In seguito, il lavoro pratico svolto nella classe ha riguardato il processo di tintura delle stoffe; in particolare riguardo l'uso, le caratteristiche principali e le proprietà chimiche di sostanze di natura vegetale quali: zafferano, indaco e cavolo rosso. Tra le numerose osservazioni e proposte delle allieve vi è stata quella di usare anche il caffè per tingere alcune stoffe (Figure 4 e 5).

Le molecole dei coloranti di natura vegetale si legano alle molecole della stoffa da colorare, in maniera stabile, per la formazione di legami chimici e impartiscono una colorazione alle fibre. Si tratta di sostanze che contengono particolari molecole con dei doppi legami capaci di assorbire luce di particolari lunghezze d'onda. (Figura 6)

Figura 4. Preparazione dei coloranti (cavolo rosso e spinaci) e prove di tintura.

Figura 5. La preparazione dei colori.

Figura 6. La tintura delle stoffe. I coloranti non legati vanno asportati dalle stoffe.

Eliminato il colore non assorbito, le stoffe colorate sono state asciugate: in mancanza dell'asciugatrice, è stata stesa una corda tra due alberi, Figura 7.

Figura 7. Le stoffe colorate sono asciugate per le successive lavorazioni.

Il lavoro delle alunne è proseguito nel laboratorio di Tecnologie e Tecniche di Rappresentazione Grafica (TTRG) dove le studentesse sono state impegnate nel disegno, pittura (eseguita sempre tramite utilizzo di pigmenti vegetali) e cucitura delle borse per la spesa. (Figure 8 e 9)

Figura 8. Preparazione dei bozzetti.

I diversi gruppi hanno realizzato borse diverse (Figura 10) e a conclusione del lavoro le studentesse hanno preparato le presentazioni per il resto della classe degli esperimenti fatti sull'estrazione della clorofilla (Chimica e laboratorio) e sintesi clorofilliana (laboratorio di Biologia). Per terminare in tempo utile per la consegna degli elaborati nella data stabilita dal concorso, le studentesse hanno lavorato in orario extracurriculare. Un grande motivo di soddisfazione per le allieve è stato

l'arrivo in finale di tre delle cinque shopping bags realizzate dalle studentesse, di cui una risultata infine vincitrice del secondo premio. Questo progetto è stato anche presentato ad un congresso internazionale. (Battistini et al., 2014)

Figura 9. Trasferimento dei bozzetti sulle stoffe e cucitura.

Figura 10. Sfilata delle studentesse con le borse realizzate.

Nell'ambito del progetto *PROFILES* la collaborazione tra insegnanti è ritenuta importante ed è stata sempre incoraggiata, perché questo permette di avere un potente ambiente di apprendimento, che facilita il coinvolgimento e l'impegno di tutti gli studenti. La collaborazione positiva tra gli studenti viene generata e alimentata dall'entusiasmo degli insegnanti. L'entusiasmo degli insegnanti è una variabile complessa che coinvolge diverse dimensioni ed è stata definita come "the *conjoined occurrence of positive affective experiences, that is, teaching-related enjoyment, and the behavioral expression of these experiences, that is (mostly nonverbal), behaviors of expressiveness*." (Keller et al., 2016, p. 751)

L'entusiasmo, un senso di ottimismo accademico, il piacere di insegnare, la percezione della propria efficacia e delle proprie capacità di insegnamento sono indicatori importanti di un insegnamento di qualità che influisce molto positivamente sui risultati scolastici degli studenti. (Tschannen-Moran, Woolfolk Hoy, 2001) Sono da considerare anche le componenti affettive percepite dagli studenti: "When experienced and displayed enthusiasm co-occur within a teacher, (s)he is experiencing an 'authentic enthusiasm', which is characterized by both experienced enjoyment, pleasure, and passion and by observable behaviours such as vigour, involvement, and high expressiveness. This kind of authentic enthusiasm has been shown to favour students' interest and emotional experiences by triggering higher enjoyment and lower boredom" (Burić, Moè, 2020, p. 2)

La letteratura offre interessanti osservazioni sulla consistenza dell'ottimismo accademico: "A person can express enthusiasm because he/she thinks it is a fruitful way to transmit knowledge or – more authentically – because he/she feels positive affect, mainly joy. This latter is, of course, the best occurrence. Actually, up-regulating positive affect (not really felt) is an effortful strategy that can lead to stress and burnout but can also increase psychological functioning if the teacher directs this emotional regulation toward valued, long-term goals. ... teachers experience positive affect in a wide range of situations, such as seeing students make progress, having responsive students, spending more time with students, parents supporting teachers' efforts, feeling competent and perceive self-efficacy. Following an appraisal perspective, emotions arise in the face of goal relevance, goal congruence and ego-involvement. All these factors affect the tonality and the intensity of the emotions that teachers feel." (Moè, 2011, p. 372)

Per ottenere i risultati di coinvolgimento presentati in questo articolo, le qualità di un buon insegnante che svolga nella classe un lavoro professionale, potrebbero non essere sufficienti; è anche necessario amare il proprio lavoro. "We need teachers who teach well and adopt good strategies and praxes, but who also love their work, where 'love' means both 'liking', obtaining positive affect from working with students and colleagues, and at the same time 'managing', feeling capable and believing themselves able to overcome the difficulties encountered in teaching." (Moè, Pazzaglia, Ronconi, 2010, p. 1151)

Insegnare con questi standard elevati è molto impegnativo e l'insegnante si sente gratificato dalle soddisfazioni sul lavoro. Gli studenti si trovano meglio in un ambiente di apprendimento nel quale percepiscono l'entusiasmo dell'insegnante e, come se avvenisse una sorta di contagio, aumentano la loro motivazione verso l'impegno. Come si evince dalle Figure 4-6, questa esperienza è stata resa possibile dalle pentole e scodelle portate da casa dagli insegnanti e dalle studentesse che hanno lavorato oltre l'orario scolastico, alcune superando i disagi dovuti ai pochi mezzi pubblici per il ritorno a casa.

Nuovi approcci pedagogici e nuove pratiche

Riferendosi alla prova del nove della moltiplicazione imparata in modo meccanico alle elementari, John Bruer sostiene che "Many students don't know why the math procedures they learn in school work. Students leave school having the computational skills to solve standard problems but lacking the higher-order mathematical understanding that would allow them to apply their skills widely in novel situations. Too often, math instruction produces students who can manipulate number symbols but who don't understand what the symbols mean." (Bruer, 1993, p. 81)

Probabilmente ancor oggi la prova del nove viene insegnata come una successione di operazioni da compiere, e usato come un algoritmo che funziona (anche se non esaustivo: 12x12 = 144; anche 153 soddisfa la prova del nove, pur essendo un risultato sbagliato). Ma il punto sollevato da Bruer è sostanziale: gli algoritmi, per essere realmente utili devono essere compresi. In questo modo l'apprendimento è produttivo e si possono applicare le abilità imparate in situazioni diverse.

Il progetto *PROFILES* è basato sul coinvolgimento attivo degli studenti e sui processi di inquiry proprio con lo scopo di rendere più profonda la comprensione. Anche per l'influenza del costruttivismo, l'apprendimento per scoperta è stata un'idea importante nell'istruzione. In una estesa review, Richard Mayer dimostra che la scoperta guidata è superiore alle altre forme di inquiry: "Pure discovery did not work in the 1960s, it did not work in the 1970s, and it did not work in the 1980s, so after these three strikes, there is little reason to believe that pure discovery will somehow work today." (Mayer, 2004, p. 18)

Per avere un impatto, anche i metodi di inquiry hanno la necessità della figura dell'insegnante come guida ed esperto, perché l'obiettivo è aiutare gli studenti a raggiungere il massimo delle loro potenzialità attraverso delle opportune esperienze significative. "Teachers must be able to teach and guide inquiry-based learning from a solid understanding of the structure and organization of knowledge within the discipline as well as its foundational facts and principles. And they need to be familiar with the means of discourse or ways of knowing and knowing how or habits of thinking within a discipline. ... For students, disciplinary literacy involves developing expertise in the content and the rhetorical processes, genres, methods, inquiries, and strategies of a discipline. ... It means understanding what counts within the discipline as a good question, evidence, problem, or solution." (McConachie, 2010, p. 21)

Un importante articolo di grande impatto (oltre 7.000 citazioni) argomenta e spiega la necessità da parte degli studenti di essere guidati: "Inquiry-based instruction requires the learner to search a problem space for problem-relevant information. All problem-based searching makes heavy demands on working memory. Furthermore, that working memory load does not contribute to the accumulation of knowledge in long-term memory because while working memory is being used to search

for problem solutions, it is not available and cannot be used to learn." (Kirschner, Sweller, Clark, 2006, p.77)

Un articolo in risposta a quello appena citato difende l'apprendimento basato sui problemi e i metodi di inquiry, ma contesta il fatto che siano metodi di apprendimento per scoperta e afferma il ruolo fondamentale dell'insegnante per il successo di questi metodi. "Both PBL [Problem-Based Learning] and IL [Inquiry Learning] are organized around relevant, authentic problems or questions. Both place heavy emphasis on collaborative learning and activity. In both, students are cognitively engaged in sensemaking, developing evidence-based explanations, and communicating their ideas. The teacher plays a key role in facilitating the learning process and may provide content knowledge on a just-in-time basis." (Hmelo-Silver, Golan Duncan, Chinn, 2006, p. 100)

Questo dibattito ha a che fare con la questione centrale della costruzione della conoscenza a scuola e rende conto della caduta delle idee del costruttivismo come pratica pedagogica, almeno di quelle che propongono approcci radicali. (Solomon, 1994) Viene riconosciuta l'importanza centrale dell'insegnante che con la sua competenza può agire come facilitatore dell'acquisizione della conoscenza da parte dello studente: posizione ampiamente condivisa da questo progetto.

Figura 11. Lavoro cooperativo nelle scuole materne e all'elementari.

Figura 12. Lavoro cooperativo nelle scuole superiori.

Con l'aumento delle conoscenze teoriche acquisite e della fiducia del loro impatto nell'insegnamento, negli insegnanti aderenti al progetto è scaturito il desiderio di mettere in pratica quanto appreso e sono state pianificate delle esperienze basate sulle nuove pratiche; in molte classi l'apprendimento cooperativo è divenuto una pratica comune per coinvolgere gli studenti (Figure 11 e 12). Molti bambini sono naturalmente portati a lavorare insieme ad altri e anzi, lo trovano divertente; in altre età l'interazione con gli altri diventa a volte più problematica, ma non per questo meno utile dal punto di vista della crescita cognitiva.

Diversi progetti sono iniziati nel 2011 e negli anni sono aumentati in numero e consistenza: uno dei primi corposi progetti è nato dalla collaborazione di due insegnanti, di Biologia e di Chimica, che hanno trovato il modo di rendere entusiasmanti le loro materie, ponendosi degli obiettivi didattici molto impegnativi. (Bianchini et al., 2018) Insegnanti di matematica hanno cercato di utilizzare delle esperienze per rendere gli argomenti del programma più interessanti, sia collaborando tra loro, che con altri colleghi insegnanti di altre materie. Diverse di queste collaborazioni tra insegnanti hanno continuato nel tempo e ancora oggi producono importanti risultati pedagogici.

La geometria e la teoria delle proporzioni trovano applicazioni in molti ambiti e discipline; una sua utilizzazione la si può vedere nell'ambito dell'arte ed in particolare nella pittura delle icone. Da questa idea è stato sviluppato un vivace progetto che ha coinvolto gli studenti in uno studio storico dello sviluppo delle icone e nella ricerca delle strutture geometriche. Il progetto "imparare la geometria con le icone" è stato pianificato in risposta ad un alunno, cui non piaceva la geometria, che chiedeva a cosa servisse studiare tale disciplina. L'insegnante ha spiegato alla classe che cos'è un'icona, le tecniche di scrittura e soprattutto lo studio propedeutico e geometrico che ne è la base fondamentale.

Figura 13. Studio delle forme geometriche nelle icone; un gruppo presenta il proprio lavoro; una suora riproduce delle icone.

Gli alunni divisi in gruppi cooperativi, hanno eseguito ricerche riguardanti l'aspetto pittorico, tecnico, storico e critico relativamente alle Icone Bizantine. Gli

studenti approfondiscono l'aspetto geometrico di base con particolare attenzione ai vari tipi di prospettiva e ciascun gruppo prepara una relazione e la presentazione del proprio lavoro. Il progetto si conclude con la visita ad un monastero in cui vengono riprodotte le icone. (Figura 13)

Figura 14. Studenti riproducono i suoni con strumenti dell'epoca di Pitagora; studentesse alle prese con la traduzione del teorema di Pitagora dal Greco e studenti che in gruppo preparano le loro lezioni.

>SPECIALE SCUOLA< 7

Pitagora: corde della lira

Alunni... in cattedra con la matematica e non solo

di ROSSANA BROZZESI*

Mi presento... sono Rossana Brozzesi e insegno matematica e fisica al Liceo "Francesco Stelluti". Nel corso dell'anno scolastico 2012 – 2013 con la classe 3ª A Nuovo Liceo, che quest'anno è classe 2.0, ho iniziato a lavorare ad un modulo pluridisciplinare su Pitagora cittando cuh che scrive la poetessa W. Szymborska: "Non ho difficoltà a immaginare un'astrologia dei più bei frammenti della poesia mondiale in cui non trovasse posto anche il teorema di Pitagora. Li c'è una gnosi che non a tutti i poeti è concessa" (2006).

Un modulo pluridisciplinare su Pitagora

I motivi sono molteplici. Evitare a me e agli alunni la tradizionale lezione frontale proponendo qualcosa di originale e stimolante e perché Pitagora non è solo la "famosa figura". Comunicare il piacere della scoperta matematica e l'aspetto creativo di questa disciplina che è ovunque, anche dove meno te lo aspetti. Stimolare la curiosità e l'interesse degli alunni, motivarli a migliorare l'apprendimento, rendendolo più significativo e duraturo nel tempo, attraverso una metodologia didattica attiva, dinamica e collaborativa grazie anche al coinvolgimento di altre discipline.

Perchè gli alunni protagonisti conoscevano del loro percorso formativo l'accezione di "salire" in cattedra a scoprire il mondo da "docenti che insegnano a compagni".

Indietro nel tempo

Una musica, enciclopedicamente con il brano di Boezio "De Institutione Musicae 1-11" fatto tradurre in classe dall'insegnante di latino, prof.ssa Carla Mancini, con particolare riferimento alla parte relativa alla scoperta dei rapporti matematici alla base dell'armonia musicale.

A questa lezione è seguita un'attività laboratoriale durante la quale il prof. Marco Agostinelli, docente di musica, ha proposto un'indagine matematica attraverso il suono, entrando in tecnicismi il fondamento della scienza armonica attraverso l'esperienza pratica dell'ascolto e della sperimentazione matematica in un'ottica fisicamente riflessa.

Il monocordo e la scala musicale

Gli alunni hanno costruito il monocordo e sui collegamenti tra matematica e filosofia. Gli alunni hanno lavorato in gruppi, ognuno con la costruzione del lavoro in forma multimediale utilizzando "Prezi" e accompagnando-la dalle "Variazioni Goldberg" di Bach che si basano sulla scelta aurea.

Nell'ambito di questa mia attività mi sono anche preoccupata di aiutare gli alunni in difficoltà nello studio di argomenti meno guidandoli nel ragionamento, senza mai dare le risposte alle loro domande ma incoraggiandoli a trovarle da soli.

Nella stesura dei moduli li ho aiutati ad analizzare e sintetizzare in modo critico le fonti. Durante le lezioni tenute dagli alunni il mio ruolo è stato volutamente quello di spettatrice: ho inoltre apprezzato come hanno organizzato le loro lezioni, la sicurezza e l'autonomia con cui hanno seguito i compagni coinvolgendoli anche quelli che a volte sono meno attenti nelle attività da loro proposte e favorendo la discussione, il confronto e la collaborazione.

Ma l'avventura non è finita qui. Gli alunni stanno approfondendo nuovi argomenti, tradurranno nuovi testi di latino, greco e inglese e organizzeranno nuove lezioni che terranno non solo durante le mie ore...

E adesso il giudizio degli alunni.

Questa esperienza ha suscitato il nostro interesse e la nostra curiosità per la sua interdisciplinarietà, per scoprire che la matematica non è solo "numeri" e "Teoremi" ma che la matematica è entrata a far parte della nostra vita, rendendola questa disciplina più vicina alla nostra sensibilità.

Esperienza utile anche perché abbiamo potuto trascorrere più tempo insieme e migliorare così i nostri rapporti interpersonali attraverso il confronto e la discussione, a volte anche accesa.

E stato stimolante organizzare le lezioni e diventare docenti per insegnare ai nostri compagni. Questo ci ha consentito di migliorare il metodo di studio e le capacità di ragionamento e comunicazione. E stato divertente stimolante lavorare in gruppo.

Esperienza unica da ripetere e più semplice quando l'insegnante che spiega dalla cattedra.

Esperienza straordinaria per conoscere le competenze disciplinari con quelle informatiche.

E' stato interessante e stimolante studiare matematica anche attraverso i testi classici di latino e greco per scoprire che "la scienza antica ha ancora tanto di attuale da insegnare" (L. Russo). Ringrazio i colleghi del Consiglio di classe che hanno collaborato e collaborerà con me, il prof. Liberato Cardellini che ha creduto in questa iniziativa anche Maché e Italian Product Consultancy che ha sempre incoraggiato e trovato nuove per migliorare il mio modo di essere insegnante, il dirigente scolastico prof. Francesco Marco Orsolini che ha sempre creduto in questo lavoro il prof. Marco Agostinelli per la sua disponibilità e soprattutto ringrazio tutti gli alunni della classe 3ªA nuovo Liceo.

*docente Liceo Classico F. Stelluti Fabriano

Prof. Agostinelli, Di Pietro, Melacrida

Caudle, Generosi, Spinozzi

Dell'Orso, Evangelisti

Matematichiamo anche in greco

Come una lingua può mettersi in relazione con i numeri: uno studio ed un progetto per verificare come questo sia possibile

L'apprendimento della teoria numerica è avvenuto contemporaneamente all'alfabeto e gli Elementi di Euclide hanno consentito l'assimilazione di un lessico matematico di base specifico che ha permesso di tradurre più agevolmente i testi e di comprendere con maggiore consapevolezza la teoria matematica proposta.

"Elementi di Euclide: definizioni 1-1, Prop. XI libro II, Prop. XXX libroVI, Libro I breve. XLVII; Fisica Aristotele 239 b. De Coelo II 290 b1

Luigia Lombardi, professoressa

Aspettando il Natale

L'ASSOCIAZIONE Noi come Prima Fabriano organizza

Il Mercatino Natalizio

23 novembre - 8 dicembre 2013

presso Piazza del Comune n°8 Fabriano

>SPECIALE SCUOLA< 9

Riflettere sulla geometria

Le Icone e l'obiettivo di andare oltre lo studio per un ampliamento

Non a tutti piace la geometria, molti fanno fatica a capirne il significato, a comprenderne la sua utilità e ciò favorisce la disaffezione e quantomeno non favorisce uno studio approfondito e non si comprende il suo valore, la sua attualità.

Cosa fare? Subire passivamente tale stato di cose o intraprendere vie alternative al fine di stimolare l'interesse e la curiosità per una materia sempre viva ed attuale? Da sempre di fronte a tali difficoltà ho cercato soluzioni alternative, cercando di trasformare la problematica in una opportunità.

Da tale premessa nasce il progetto di studiare la geometria attraverso le "Icone", con l'obiettivo ambizioso di andare oltre lo studio della geometria attraverso un ampliamento delle competenze interdisciplinari.

Dell'attuazione di tale progetto devo ringraziare due persone: la Dirigente scolastica del Liceo scientifico "Vito Volterra" di Fabriano professoressa Adriana Vecchio ed il professor Liberato Cardellini dell'Università Politecnica delle Marche, per aver creduto in tale progetto, di portarlo attuare e poi di assumo dato la possibilità di far conoscere e condividere con altri le mie esperienze lavorative incentivando e stimolando gli studi dei miei allievi finalizzando il tutto ad una loro crescita culturale e professionale.

Perché imparare la geometria attraverso le Icone? Esse è scaturita in modo estemporaneo, in risposta ad un alunno a cui non piaceva la geometria e che in modo spontaneo chiedeva: ma a che serve la geometria. Dieter tale domanda c'era tutto un mondo che ajutava scoperto, l'alunno non era svogliato, ma spontaneamente aveva detto quello che molti pensano. Di fronte a queste domande, sempre più frequenti, ho capito che non si può far fare di scilla, ma occorre che agli occhi di questi ragazzi si apra una visione diversa, porta la radicalizzazione di tale assunto con conseguente perdita di opportunità nel comprendere non solo la geometria, ma tutti i valori intrinseci che da essa scaturiscono.

Alla domanda del ragazzo ho risposto che la potenzialità della geometria non è astrattezza, ma trova applicazione concreta in molti ambiti, a volte in ambiti impensabili e per stimolare il concetto continuai nel dire che essa trova applicazione anche nella scrittura e nella pittura delle Icone religiose, di come attraverso il suo studio si arriva all' interpretazione dei messaggi teologici e spirituali contenuti nelle Icone.

Da quel momento, stimolata la curiosità, intravista la possibilità di passare dall' astrattezza alla concretezza , gli alunni opportunamente coinvolti e guidati nella ricerca e nell' approfondimento delle varie tematiche, ha preso forma, nella condivisione , il progetto, che ha diversi, ha cresciuto, ha ampliato le competenze interdisciplinari tra diverse materie quali: Geometria, Storia, Arte, religione, filosofia e comunicazione. Ciò ha favorito l'apprendimento anche degli alunni più deboli, ha integrato le abilità e le conoscenze di ciascuno attraverso scambi di aiuti vicendevoli e sviluppando competenze valorizzò ed espressive.

In particolare il progetto è strutturato in sette fasi:

Spiegazione di una cenione sul Icona religiosa, le tecniche di scrittura, il significato codificato dei colori utilizzati e la loro decodifica, e soprattutto in che cosa consiste lo studio propedeutico e geometrico che è alla base della sua realizzazione.

Successivamente si passa, attraverso un lavoro basato su più gruppi, alle ricerche riguardanti l'aspetto pittorico, l'aspetto tecnico, l'aspetto storico e critico delle Icone Bizantine;

La professoressa Rosa Pescitelli, relatrice del progetto

A questo punto viene trattata, in modo accessibile a tutti gli alunni, ma con un certo rigore, la parte fondamentale della Geometria. Si parte dai postulati e assiomi per passare ai teoremi, l'allievo è condotto a riflettere mediante una serie di domande la cui risposta fa emergere i concetti che stanno alla base per le figure piane con le loro proprietà per spaziare alle trasformazioni geometriche quali simmetrie, traslazioni, rotazioni, omotetie, similitudini.

Nella quinta fase gli alunni sintetizzano le informazioni raccolte e le organizzano in una presentazione in Power Point;

In questa fase i vari gruppi presentano i loro lavori e li presentano ai compagni di classe;

Il progetto si conclude con una visita ad un monastero, ove gli alunni possono osservare da vicino le Icone e dialogare con le vestache iconografe.

Attraverso la realizzazione di tale progetto, gli allievi raggiungono, al di là di una visione diversa della geometria, altre competenze, come l'acquisizione di un valido metodo di studio finalizzato alla ricerca ed all'approfondimento, all'organizzazione ed ad una visione interdisciplinare dello studio, sullo specifico tra geometria, disegno, storia dell'arte, religione, filosofia e comunicazione.

L'acquisizione di tali competenze permetto loro di utilizzarle in modo consapevole, autonomo, divertente, attivo e partecipato su tutti gli argomenti curriculari propri di tutte le discipline scolastiche.

Uscire dagli schemi, stimolare la curiosità, uscire dalla consequenzialità per scoprire la lateralità dà la possibilità di fornire agli alunni strumenti più efficaci per affrontare gli studi in modo creativo e divertente.

prof.ssa Rosa Pescitelli, Liceo Scientifico " Vito Volterra" Fabriano

Un disegno preparatorio di qualità

Lo studio delle icone è uno studio interdisciplinare. La scoperte delle icone inizia dalla curiosità nell' approfondire la geometria e la sua utilità.

Le icone, infatti, si basano su uno studio geometrico e sulle proporzioni. Le proporzioni sono alla base di un buon disegno dell' icona.

La realizzazione di un'icona si articola in diverse fasi. All'inizio bisogna fare il disegno preparatorio, i vari giusti utilizzati devono tipi di pennelli e colori per ottenere un' immagine di qualità e pertanto, un' operazione di estrema precisione.

Durante lo studio, abbiamo appreso quanto sia importante la geometria e la matematica in generale. Non ce ne rendiamo conto, ma la geometria è ovunque. Qualsiasi cosa che noi usiamo o tocchiamo, si basa su un progetto geometrico.

Antonio Stoppoli e Marcin Kinsoh Classe 2ª C Liceo Scientifico Vito Volterra Fabriano

Una ricerca su più aspetti

Gli alunni, divisi in gruppi, eseguono ricerche che riguarda: no l'aspetto pittorico, tecnico, storico e critico relativamente alle Icone Bizantine.

Focalizzare la conoscenza

L'esperienza di due anni fa, che ci ha portati ad approfondire le tecniche di lavorazione e la storia delle icone, è stata molto utile non solo a livello di conoscenze. Infatti, grazie all'utilizzo delle slide Powerpoint, abbiamo avuto modo di familiarizzare con diversi strumenti utili per l'adozione di un efficiente metodo di studio.

Le informazioni immediate contenute nelle slide permettevano una maggiore focalizzazione sui punti chiave dell' argomento da parte di chi ascolta e una maggiore capacità di sviluppo di un discorso coeso per chi presenta.

Didatticamente parlando possiamo dire che questo approfondimento guidato dalla professoressa Rosa Pescitelli, ha arricchito considerevolmente le nostre conoscenze artistiche permettendoci così di guardare con occhio critico e consapevole questo importante aspetto d'arte che sono le icone.

Non indifferente è stata anche l'influenza positiva che la ricerca ha avuto sulle nostre competenze in campo geometrico, grazie alle quali abbiamo potuto affrontare in maniera più matura il programma di geometria del biennio.

Classe IV B, Liceo scientifico V. Volterra

Monache iconografe

Il progetto si conclude con una visita ad un monastero in cui gli allievi possono osservare "da vicino" le icone e dialogare con le monache iconografe.

Figura 15. Pagine del settimanale L'Azione di Fabriano (AN); Pitagora e le icone. La foto riguarda la presentazione del progetto nella conferenza *PROFILES* all'UniFabriano.

Altri studenti del Liceo coinvolti in attività laboratoriali impegnati in gruppi cooperativi che si assegnano compiti di matematica e geometria e si spiegano gli argomenti a vicenda. Un progetto articolato e sviluppato dalla collaborazione di alcuni insegnanti di diverse materie in cui l'insegnane di musica ha lavorato con gli studenti ad un'indagine matematica attraverso il suono e l'indagine storicistica ha considerato la figura di Pitagora utilizzando gli strumenti dell'epoca riprodotti: il monocorde e la lira (Figura 14).

A questo progetto hanno contribuito anche gli insegnanti di storia, italiano, filosofia e greco con argomenti collegati con la figura di Pitagora. L'insegnante di matematica ha sviluppato la parte relativa allo studio dei numeri e della geometria nella scuola Pitagorica. Questi progetti hanno entusiasmato gli studenti, che hanno informato e contagiato i genitori ed hanno avuto risonanza nella stampa locale (Figura 15). Numerosi sono gli esempi di insegnanti che guidano i loro studenti, in genere lavorando in gruppi, nella preparazione di lezioni e presentazioni.

Giusto come esempio viene fatto cenno al progetto "Oggi il Latino lo spieghiamo noi!", ambientato in una seconda classe di un Liceo scientifico. L'insegnante ha diviso la classe in gruppi con ruoli e responsabilità, ed ha assegnato a ciascun gruppo un argomento del programma (dai comparativi di aggettivi e avverbi ai pronomi e aggettivi indefiniti). Mentre il resto della classe continuava a 'fare gli studenti', ogni gruppo doveva assumere il ruolo dell'insegnante: preparare la lezione e le verifiche orali, spiegare (e rispiegare) le strutture latine secondo le strategie didattiche da loro ritenute più efficaci (con l'unica richiesta di attuare un costante riferimento alla lingua italiana), interrogare (durante la lezione successiva alla spiegazione) in modo adeguato gli studenti, attribuire i voti utilizzando la griglia di valutazione fornita dall'insegnante.

Tra gli aspetti positivi di questo progetto sono stati evidenziati lo spirito di collaborazione e di autoregolazione del lavoro, la valorizzazione delle abilità di ogni membro del gruppo, una spinta a migliorare le proprie capacità espressive, un apprendimento di regole e declinazioni più efficace e più duraturo nel tempo. Molti studenti hanno apprezzato la nuova verifica orale: l'interrogazione è stata percepita come caratterizzata da una minor tensione (rispetto all'interrogazione tradizionale da parte dell'insegnante), verificare le conoscenze dei propri compagni è stato definito 'appagante' ed alcuni hanno ritenuto che la griglia di valutazione sia stata la garanzia di una maggiore oggettività della valutazione.

Tra punti di debolezza del progetto c'è la preoccupazione di affrontare da soli nuovi argomenti, temendo di non essere sufficientemente esaustivi e chiari nelle spiegazioni. Alcuni studenti hanno evidenziato l'accumularsi del lavoro in concomitanza delle numerose verifiche: probabilmente un punto di debolezza non tanto del progetto, quanto dei programmi scolastici eccessivamente carichi di argomenti, in rapporto alla disposizione all'impegno degli studenti di oggi.

Quando si giunge verso la fine dell'anno scolastico, gli insegnanti sono pressati

dalla necessità di terminare il programma e di avere un numero di compiti in classe e di interrogazioni sufficienti per dare un giudizio onesto delle capacità scolastiche degli studenti. E gli studenti? I pochi disposti a studiare pomeriggio e sera, si barcamenano tra le molte scadenze, mentre la maggioranza studia in modo superficiale o ricorre ad altri metodi, come ad esempio copiare. Analisi eccessivamente negativa? Quando al corso di chimica all'università si parla dell'atomo di Bohr e si chiede agli studenti la formula della legge di Coulomb che descrive la forza di attrazione tra due cariche elettriche, soltanto una sparuta minoranza è in grado di ricordare la formula studiata magari pochi mesi prima. Una contrazione ragionata degli argomenti nei programmi e un maggiore approfondimento degli stessi, certamente darebbe luogo ad una migliore formazione degli studenti.

Un'insegnante di matematica che con grande entusiasmo ha utilizzato le idee *PROFILES*, da subito si è sforzata di cambiare il proprio modo d'insegnare, sostituendo parte della lezione frontale con il lavoro di gruppo, usando la metodologia 'imparare facendo e riflettendo su ciò che si è fatto'. Se risolvere un'equazione, affrontare un problema di geometria, piuttosto che studiare una funzione, spesso appare come un inutile esercizio fine a sé stesso, da sapere per superare una prova, e da dimenticare al più presto, tanto non servirà a niente nella vita reale e se (a torto) la matematica è considerata astrusa, allora è necessario cambiare il modo d'insegnare e mostrare l'utilità della matematica per meglio comprendere la vita di tutti i giorni. (Figura 16)

Figura 16. Grafici rappresentanti i valori nutrizionali di alcuni alimenti e la loro composizione: la rappresentazione matematica aiuta la comprensione.

Da questa analisi sono state pensate, strutturate ed organizzate le attività ritenute più funzionali per affrontare un determinato argomento; cercando di capire quali erano i modi migliori per lo studio di quel certo argomento tenendo conto degli studenti in quel contesto di classe, in quel particolare momento dell'anno scolastico. Questo richiede l'uso di una serie di strategie da costruire e adattare alla crescita degli studenti e certamente un grande impegno da parte dell'insegnante. Gli

studenti vengono incoraggiati a studiare insieme, a fare mappe concettuali per sintetizzare quanto vanno studiando, a svolgere esercizi e a preparare presentazioni di argomenti del programma. (Figura 17)

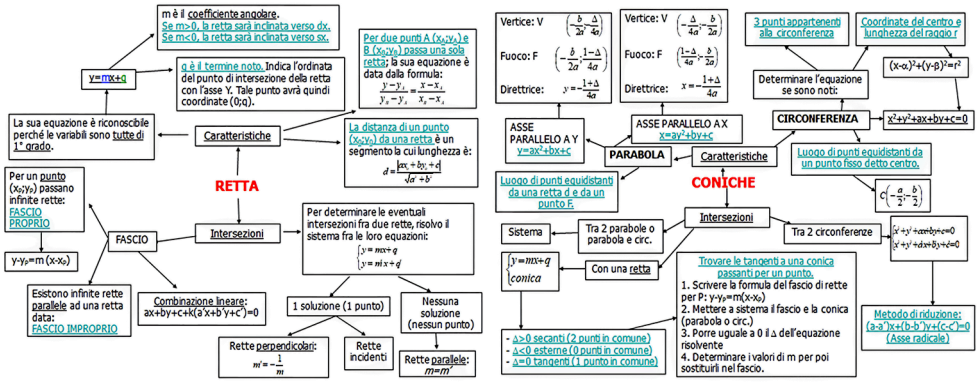


Figura 17. Mappe concettuali schematizzate dopo aver studiato la retta e le coniche.

Opportuni problemi collegati con argomenti curricolari vengono proposti per stimolare l'interesse e far lavorare gli studenti in gruppo: "*Nelle distese assolate di Zoolandia si può incontrare anche una strana coppia: una chilometrica giraffa e un minuscolo colibrì che, uno sull'altra, osservano dall'alto la vita del posto. Se insieme raggiungono l'altezza di 5 metri e 10 centimetri, e la giraffa è più alta del colibrì di 5 metri, quanto è alto il colibrì?*" Oppure, "*Al cinema con gli occhiali 3D possiamo vedere immagini tridimensionali e la realtà virtuale ci circonda, rendendoci protagonisti degli eventi della pellicola. Gli 'occhiali delle potenze' però sono ancora più potenti! Possono portarci in 4D, 5D, …. 100D e oltre, dove vogliamo noi. Compito:*"

- Sviluppate le potenze e calcolate il risultato:
  $a^4 \times a^5 = \ldots.$ $a^6 \times a^3 = \ldots.$ $a^7 : a^4 = \ldots.$
  $a^4 : a^6 = \ldots..$ $a^5 : a^5 = \ldots..$ $(a^3)^4 = \ldots.$
- Progettate un percorso per spiegare i risultati ottenuti in modo generale.
- Attribuite il segno ai risultati delle seguenti potenze:
  $(-a)^2$ $(-a)^3$ $(-a)^n$ $(a)^{-3}$ $(-a)^{-2}$
- Progettate una sintesi per spiegare i segni ottenuti.
- Provate a calcolare e spiegare il valore di a^0.

Per l'esercitazione sugli insiemi è stato usato il problema On the road (Figura 18): "*Siete sul marciapiede che costeggia una strada. Decidete di osservare le auto e i vari mezzi che passano e di classificarli a piacere. Ideate e strutturate un percorso che, attraverso l'esame delle auto e dei mezzi che transitano sulla strada, permetta di creare insiemi e sottoinsiemi, di rappresentarli nei modi conosciuti, di*

operare mediante unione, intersezione, differenza e prodotto cartesiano. Infine, definite possibili partizioni di uno degli insiemi creati. Ideate un problema reale risolvibile mediante rappresentazione con i diagrammi di Eulero-Venn, risolvetelo e successivamente proponetelo agli altri compagni di classe."

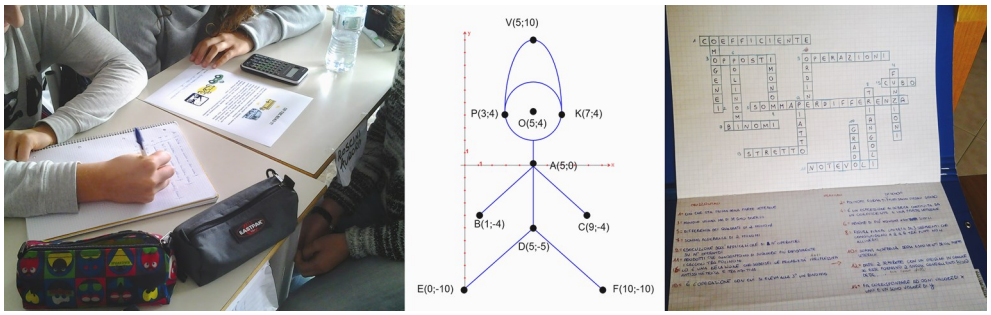


Figura 18. Studenti risolvono il problema 'On the road'; figura creata da un gruppo per presentare il piano cartesiano; uno dei molti 'cruciverba matematici'.

Questo approccio è stato messo a punto in due anni di sperimentazioni e poi usato in modo sistematico in un biennio di un liceo linguistico. Ogni argomento viene affrontato con poche lezioni frontali, il minimo indispensabile per 'indossare la tuta ed imparare a maneggiare gli attrezzi'; poi attività di gruppo volte a risolvere questioni assegnate, in cui è necessario, ma non sufficiente, utilizzare le conoscenze studiate; serve anche inventiva, creatività e piena padronanza dei mezzi che la matematica mette a disposizione. Il monitoraggio eseguito sugli esiti delle prove di verifica effettuate al termine di ogni modulo, è risultato decisamente incoraggiante. Ottenere risultati significativi in termini di apprendimento rappresenta la migliore gratificazione professionale: fare lezione e vedere interesse, curiosità, voglia di fare è di gran lunga più gratificante che osservare sbadigli e studenti distratti.

Questo modo di insegnare e i risultati positivi ottenuti sono stati presentati in un paio di conferenze (vedi oltre) e sono state molto apprezzate da altri insegnanti. Alcune considerazioni permettono di valutare l'importanza di questo approccio, che si potrebbe definire come 'imparare divertendosi'. Le emozioni, specie se positive aiutano il coinvolgimento degli studenti: secondo la terza legge della cognizione, "Feeling comes first"; importante è anche la prima: "There are no benefits without costs" (Tversky, 2019, p. 289)

Cogliere l'aspetto ludico dell'apprendimento può migliorare il coinvolgimento, la motivazione e l'impegno degli studenti e facilita il raggiungimento di quello stato che Csikszentmihalyi chiama flusso (flow): condizione di forte motivazione che permette di realizzare l'esperienza ottimale. Le condizioni che permettono lo stato di flusso includono: "Perceived challenges, or opportunities for action, that stretch (neither overmatching nor underutilizing) existing skills; a sense that one is engaging challenges at a level appropriate to one's capacities" e "Clear proximal goals

and immediate feedback about the progress that is being made." (Nakamura, Csikszentmihalyi, 2002, p. 90)

Gli studenti vanno incoraggiati ed elogiati quando persistono davanti alle difficoltà o quando fanno qualcosa di originale; va sottolineato il processo o l'originalità del ragionamento piuttosto che l'abilità (ad esempio: lavoro originale! Piuttosto che 'sei sveglio' è meglio dire 'hai ragionato molto bene', perché gli studenti possono con l'impegno sviluppare la loro intelligenza). Per favorire il 'flusso', i compiti devono estendere le abilità esistenti e la loro difficoltà deve essere calibrata, né troppo facili ma neppure troppo difficili: "solving a problem gives people pleasure, but the problem must be easy enough to be solved yet difficult enough to take some mental effort. Finding this sweet spot of difficulty is not easy." (Willingham, 2009, p. 17)

Per meglio comprendere il valore di queste prime esperienze riportate, va considerato che il programma di sviluppo professionale non mirava ad aggiungere nuove abilità al repertorio esistente, ma a trasformare il modo d'insegnare, ovvero a cambiamenti nelle convinzioni, conoscenze e abitudini derivate da pratiche profondamente radicate. Ecco perché dopo alcuni incontri con i gruppi di insegnanti seguivano incontri per lo più personali, per discutere difficoltà e successi e considerare i possibili miglioramenti. Questo programma a lungo termine ha richiesto diverse migliaia di ore di impegno. Come mai? I cambiamenti sono lenti e incerti e non possono essere imposti: "Change cannot be imposed. Teachers must be brought into the process of change as partners. ... Change is slow, uncertain, and has many backward steps as well as forward ones." (Adey et al., 2004, p. 16)

Alcuni insegnanti misurano l'impatto del proprio modo di insegnare in vari modi; ad esempio attraverso l'andamento dei voti assegnati agli studenti nel corso dell'anno nei compiti in classe. Questo può essere ritenuto un metodo oggettivo in quanto l'unica variabile è l'attitudine degli studenti e il miglioramento dei voti può essere attribuito al metodo di insegnamento. Un esempio è riportato nella Newsletter n. 7.

Per queste e per molte delle esperienze che verranno riportate, indipendentemente dalla materia insegnata, si può applicare quanto segue: "Teachers of mathematics cannot successfully develop their students' thinking, reasoning, and communication skills simply by adopting a new curriculum or by using more hands-on materials. Rather they must thoroughly overhaul their thinking about what it means to know and understand mathematics and how they can best support their students as they struggle to learn deeper and more complex mathematics. ... teachers' everyday work could become a source for constructive professional development through the development of a curriculum for professional learning that is grounded in the tasks, questions, and problems of practice. ... Unlike theories, propositions, principles, or other abstractions, the particularities of cases vividly convey the profusion of events, actions, and thought that comprise the moment-by-moment lived experience

of a classroom lesson." (Smith et al., 2005, p. 75)

Interrogazione cooperativa e apprendimento visibile

Per aiutare gli studenti nella comprensione del testo in una classe con studenti che presentano diverse criticità, una esperienza importante è stata messa a punto da una insegnante di matematica nelle scuole medie. Gli studenti sono suddivisi a coppie nei banchi con due postazioni. L'insegnante detta lentamente il testo di un problema e un alunno rilegge il problema attentamente ad alta voce. Gli studenti individuano (sottolineano o cerchiano) le parole che non si comprendono. L'insegnante deve sempre chiedere il significato di tutte le parole, anche di quelle più semplici. Non si deve dare nulla per scontato, a volte anche parole del tipo: doppio, metà, almeno, prodotto, perimetro, dimensioni, ecc. non sono capite/comprese da tutti in modo adeguato.

A turno gli alunni di ciascuna coppia cercano il significato della parola nel vocabolario e individuano la miglior definizione. Poi a turno gli alunni si spiegano il significato della parola (con parole mie). Infine, il tutto viene tradotto in termini matematici. Ad esempio: la somma di due segmenti, AB+CD; la base è il quadruplo dell'altezza, b = 4 x h). Il problema viene riscritto utilizzando parole semplici (con parole mie): ogni alunno deve scrivere il problema. Ad alcuni studenti viene chiesto di leggere il testo ad alta voce. Quello scritto in modo completo e semplice viene riletto ad alta voce e trascritto sul quaderno da tutti gli alunni (sono gli studenti a scegliere: l'insegnante funge da supervisore).

Si scrivono i dati, le richieste, la rappresentazione grafica e le eventuali domande che gli alunni pongono per poter risolvere il problema. A turno gli alunni rispondono (ad alta voce) alle domande e poi a coppie procedono alla soluzione scrivendo le operazioni (algoritmo). Accanto alle operazioni gli studenti sanno che è obbligatorio scrivere la risposta (cioè la spiegazione di cosa è stato trovato con quella operazione). Infine, uno o più alunni vengono chiamati alla lavagna per spiegare il procedimento con cui hanno risolto il problema. Un procedimento più lungo di altri possibili, ma con il vantaggio di permettere anche agli studenti con difficoltà di apprendimento, di comprendere e apprendere.

La prima esperienza di interrogazione cooperativa ha avuto luogo in una scuola media con studenti coinvolti in diversi lavori di cooperazione e, come risulta da filmati, gli studenti, sia quelli interrogati che il resto della classe prendono questo tipo di interrogazione molto responsabilmente (Figura 20). Si tratta di un'unità didattica strutturata nelle seguenti cinque fasi.

1. Divisione in gruppi di 4 alunni e assegnazione ad ogni gruppo di ruoli e responsabilità:
    a. Presidente del gruppo: coordina il lavoro.

   b. Sindaco del gruppo: garantisce l'ordine e il rispetto dei tempi.
   c. Segretario: schematizza le conclusioni, realizza mappe concettuali.
   d. Portavoce: espone alla classe il lavoro svolto, coadiuvato da tutto il gruppo.

2. L'insegnante assegna un argomento per ogni gruppo. Facciamo un esempio con le frazioni.
   e. Gruppo n. 1: l'unità frazionaria, la frazione come operatore, frazioni proprie, improprie e apparenti.
   f. Gruppo n. 2: la frazione come quoziente, frazione complementare, frazioni improprie e numeri misti, frazioni equivalenti.
   g. Gruppo n. 3: l'insieme dei numeri razionali assoluti, riduzione di una frazione ai minimi termini.
   h. Gruppo n. 4: trasformazione di una frazione in un'altra equivalente di denominatore dato, riduzione al m.c.d.
   i. Gruppo n. 5: confronto di frazioni, risoluzione di problemi diretti e inversi con le frazioni.
3. Studio del compito assegnato utilizzando il libro di testo, schematizzazione e mappa concettuale, strutturazione e preparazione dell'esposizione dell'argomento a tutta la classe. (Figura 19)
4. Esposizione alla classe e interrogazione cooperativa. In questa fase molto importante, a partire dal gruppo n. 1, ogni portavoce espone alla classe il compito assegnato utilizzando schemi, mappe e LIM. La classe è coinvolta e, per alzata di mano, gli alunni pongono domande su quanto esposto a tutto il gruppo. (Figura 20) Al termine delle domande di chiarimento, qualche alunno può chiedere che venga risolto qualche esercizio che sceglie autonomamente dal libro di testo.

In questo modo si svolge una interrogazione cooperativa dove tutti sono coinvolti. Il ruolo dell'insegnante è quello di facilitare e di effettuare approfondimenti durante ogni fase dei lavori. La fase di verifica con esercizi coinvolge sia il gruppo che espone ma anche chi ha scelto l'esercizio. In caso di risoluzione sbagliata, tutti concorrono ad individuare l'errore. A turno tutti i gruppi espongono il proprio argomento. L'insegnante valuterà ogni gruppo e la partecipazione di tutta la classe assegnando un voto orale per quanto riguarda la capacità che gli alunni hanno dimostrato nel sapere: 1) Individuare relazioni e funzioni. 2) Interpretare ed elaborare dati e previsioni. 3) Utilizzare i numeri e eseguire i calcoli numerici in modo corretto. 4) Collocare nello spazio e rappresentare con le figure gli argomenti approfonditi.

5. Conclusione: l'insegnante, dopo aver ascoltato tutti i gruppi, tira le conclusioni e propone una verifica scritta per tutta la classe.

Figura 19. Lavoro di gruppo in classe; coltivazione delle piante e produzione di oggetti nel laboratorio di ceramica.

Figura 20. Alcune fasi dell'interrogazione cooperativa sull'argomento le proprietà dei triangoli: gli studenti prendono questo tipo di interrogazione molto responsabilmente.

Figura 21. Elezione delle diverse cariche e assemblea degli eletti in consiglio comunale.

Questa modalità di apprendimento è molto coinvolgente, responsabilizza ogni alunno, sulla base delle proprie capacità, ottimizza i tempi e rende l'apprendimento più piacevole e la didattica si orienta sull'acquisizione delle competenze importanti. La classe era stata coinvolta in un progetto di educazione all'imprenditorialità e per conseguire i numerosi obiettivi del progetto, alunni, docenti e genitori, hanno creato una cooperativa scolastica regolamentata da Statuto e Atto costitutivo,

hanno eletto il Consiglio di amministrazione, il Collegio sindacale, i Cassieri che tengono aggiornato il libro cassa delle entrate e uscite. Gli alunni-soci della cooperativa scolastica svolgono, quasi mensilmente, delle assemblee che sono verbalizzate dai segretari e le loro attività sono realizzate tutte con metodologie cooperative. (Figura 21)

Apprendimento visibile, argomentazione e visualizzazioni costituiscono uno degli aspetti importanti e qualificanti di questo progetto. Rappresentare, spiegare, argomentare e illustrare sono procedure che aiutano gli studenti in molti modi, rendono significativo l'apprendimento e sono uno strumento per l'insegnante per verificare la comprensione dei passaggi, dell'uso di formule e dei concetti. La spiegazione è un aspetto importante della dimostrazione della comprensione perché uno studente potrebbe sbagliare facendo dei passaggi logici corretti, o potrebbe arrivare al risultato corretto, con ragionamenti sbagliati. Riferiamoci all'esempio riportato in Figura 22.

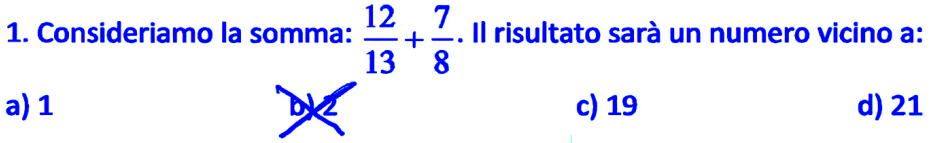


Figura 22. Il risultato corretto della somma è vicino a 2.

Se consideriamo il risultato, la soluzione è corretta. Richiesto, uno studente di seconda media ha spiegato il suo ragionamento: 13/12 è circa 1, come pure 8/7, per cui il risultato della somma è vicino a 2. Ecco come un risultato corretto può essere prodotto da un ragionamento sbagliato. L'insegnante, facendo ricorso alla sua esperienza e alla conoscenza pedagogica dei contenuti (van Driel, Verloop, de Vos, 1998) può aiutare gli studenti ad apprendere in modo significativo e profondo, favorendo lo sviluppo del ragionamento e rendendo visibili delle procedure ed evitando che risultino solo delle operazioni meccaniche. (Figura 23)

La soluzione del problema coloriamo è interessante; prima viene risolto nella mente, verbalizzando e probabilmente verificando che la soluzione non sia in contrasto con le condizioni stabilite nel testo, poi le varie parti sono state colorate. Questo è il processo di problem solving usato dall'esperto, che prima di scrivere, risolve in modo qualitativo il problema. Nella premessa alla soluzione, la/il bambina/o scrive. "Io prima di cominciare ho scritto le iniziali dei colori per non sbagliarmi". Le iniziali dei colori vengono usate per diminuire le informazioni nella memoria di lavoro e come uno strumento per pensare in modo efficace: ciò che Ron Ritchhart chiamerebbe una 'Thinking routine'. (Ritchhart, 2002, Ch. 5; Ritchhart, Church, Morrison, 2011, Ch. 3)

Il "Giardino delle farfalle" nasce come percorso in verticale tra alunni della seconda e della quinta classe di una scuola primaria per introdurre il concetto di simmetria. L'idea è nata dal desiderio dei bambini di seconda di acquisire

informazioni sulle farfalle. Dopo una prima discussione in classe, è stato deciso di chiedere aiuto alla classe quinta, dato che anche in altre occasioni i grandi erano intervenuti nella classe seconda per spiegare procedure o fornire i termini appropriati per quello che riguarda i contenuti di matematica e scienze. Perciò le insegnanti che da tempo collaboravano, si sono accordate per utilizzare una modalità diversa di tutoraggio che prevedesse l'utilizzo della LIM e del computer.

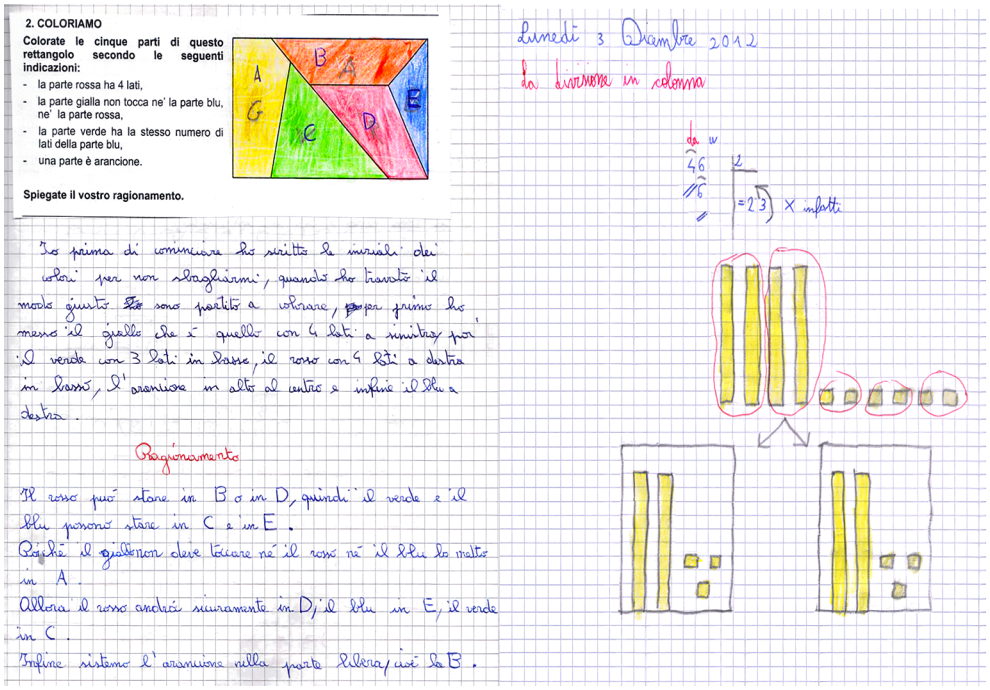


Figura 23. Il ragionamento in un problema di logica (Coloriamo) e ragionamento visibile nella divisione.

Le insegnanti hanno predisposto la bacheca di Padlet che permetteva alle due classi di scambiarsi notizie e curiosità sulle farfalle. Per riportare il compito alle simmetrie, i bambini di quinta hanno proposto al computer una farfalla priva di un'ala. I bambini di seconda hanno verificato l'impossibilità di ricostruirla con lo specchio; alla richiesta di aiuto gli studenti di quinta decidono di proporre l'uso di GeoGebra, che già sanno usare, e lo fanno attraverso un filmato che realizzano in classe. Arrivata la soluzione nella classe seconda via Padlet, tutti i bambini provano alla Lim a ricostruire l'ala mancante della loro farfalla. (Figure 24 e 25)

Le visualizzazioni sono rappresentazioni visive di dati non visibili e in chimica sono fondamentali, perché "Chemists are highly visual people who want to "see" chemistry and to picture molecules and how chemical transformations happen." (Zare, 2002, p. 1290) Le rappresentazioni permettono di 'vedere' il mondo atomico e molecolare e sono importanti nella soluzione dei problemi. Gli studenti per

comprendere hanno bisogno delle corrette rappresentazioni alle volte fornite dall'insegnante e l'insegnante per mezzo delle rappresentazioni degli studenti può rendersi conto se dei concetti sono stati compresi.

Figura 24. Dalle farfalle, agli elementi di simmetria, evidenziati con l'uso di specchi.

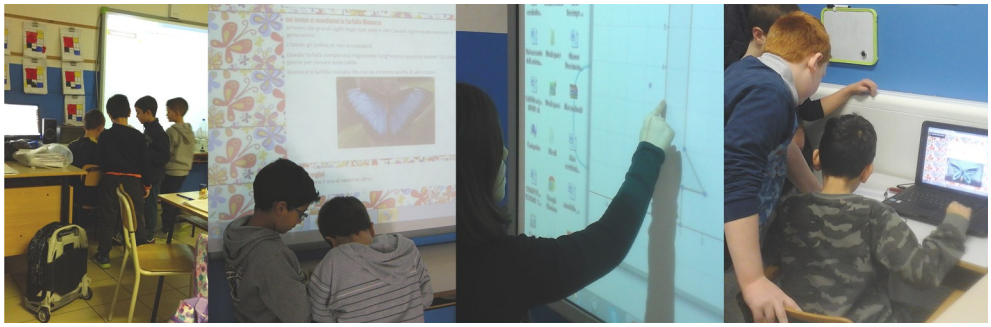


Figura 25. Scambio di informazioni: la farfalla Monarca e studio per la ricostruzione dell'ala mancante al computer .

Cosa succede nella mente quando si legge un testo e in particolare il testo di un problema che si deve risolvere? Si tratta di comprendere il testo, che viene codificato e interpretato dai propri schemi e modelli mentali: "To work on the problem, the solver must convert the string of words with which he is presented into some internal mental representation that can be manipulated in efforts to solve the problem. Understanding the problem then means constructing for it one of these internal representations." (Larkin, 1985, p. 142)

Gli studiosi distinguono le rappresentazioni in due categorie, rappresentazioni interne ed esterne: "Visual representations exist in two ontological forms. The first of these is as *internal representations* which are the personal mentally constructions of an individual, otherwise known as mental images. The second of these is as *external representations* which are open to inspection by others." (Gilbert, 2010, p. 5) Una rappresentazione è una struttura cognitiva che viene costruita in base alla conoscenza e alla sua organizzazione, che può assumere una varietà di forme: "A *problem representation* is a cognitive structure corresponding to a problem, constructed by a solver on the basis of his domain-related knowledge and its

organization.” (Chi, Feltovich, Glaser, 1981, pp. 121-122)

Per aiutare gli studenti nella soluzione dei problemi sulle titolazioni acido-base, è stata suggerita la ‘Thinking routine’ “*Cosa c’è nel becher?*”. (Figura 26) Questo si è reso necessario perché dall’analisi delle difficoltà degli alunni è risultato che la loro maggiore difficoltà era collegare e utilizzare quanto studiato nella teoria alla risoluzione degli esercizi. Era necessario contestualizzare quanto avevano studiato e utilizzarlo per la soluzione dei problemi; alcuni studenti erano incapaci di costruire una sequenza logica partendo dall’esame della situazione iniziale e di quella finale che devono raggiungere.

La routine consiste nel rappresentare il becher con le specie chimiche in esso contenute nella fase iniziale e dopo ogni aggiunta di sostanze varie, diluizioni o mescolamenti di soluzioni. I vari disegni sono collegati agli step in cui può essere suddiviso il problema ed aiutano gli studenti a capire quali sono i parametri che variano in ogni step e quelli che invece restano invariati. Il calcolo del pH e la costruzione delle curve di titolazione evidenziano le differenze di comportamento di un acido debole rispetto ad uno forte (Figura 26).

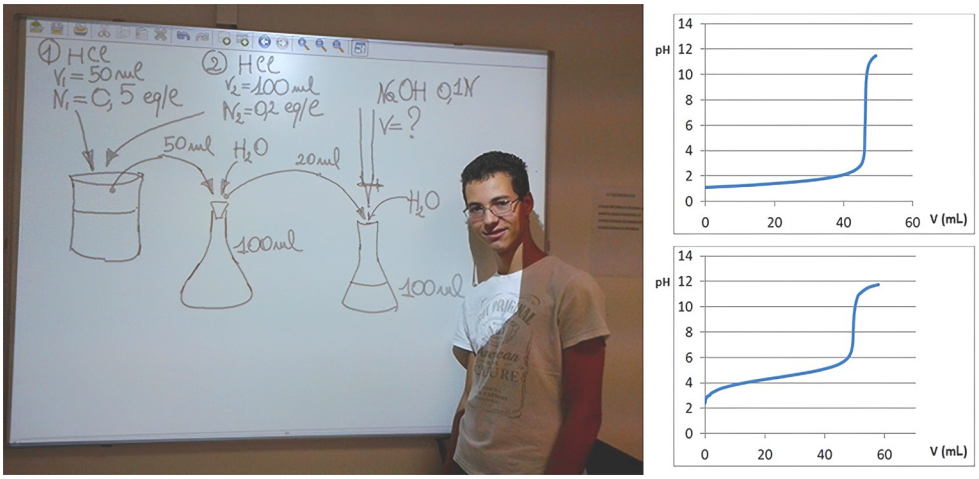


Figura 26. Rappresentazione di una titolazione acido-base e curve di titolazione.

In Fisica, la rappresentazione del problema è ugualmente importante: in un liceo scientifico e per favorire l’apprendimento significativo, l’insegnante chiede agli studenti nei compiti a casa, negli esercizi svolti alla lavagna e nei compiti in classe l’utilizzo dell’apprendimento visibile; alcuni esempi sono riportati nella Figura 27.

Queste soluzioni consentono alcune osservazioni. Gli studenti utilizzano i numeri e le unità di misura in modo efficace ed eseguono operazioni sia sui numeri che sulle unità di misura: in questo modo viene in qualche modo verificato l’uso corretto della formula, infatti, nel risultato la carica risulta in Coulomb e nella seconda soluzione, viene stimato il risultato e verificato che è ragionevole. Gli studenti utilizzano le cifre significative nei calcoli e nella prima soluzione ci si accorge dell’errore

fatto: siamo ai livelli elevati di acquisizione dell'autonomia dell'apprendimento.

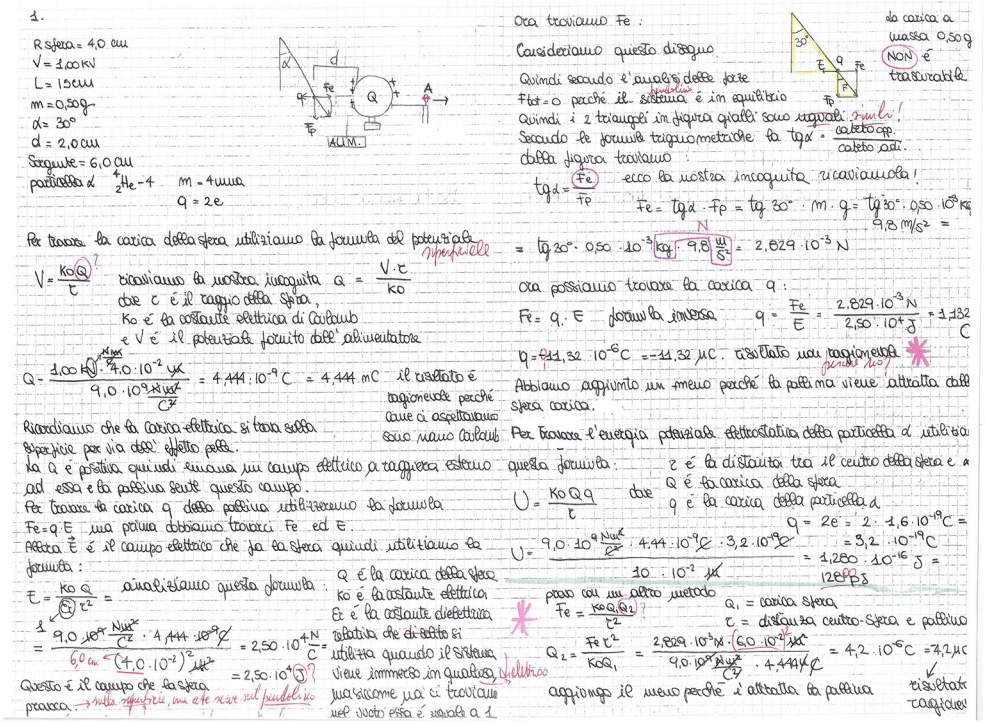


Figura 27. Esempi di problemi risolti rendendo visibile il ragionamento utilizzato nella soluzione.

Se gli studenti spiegano, argomentano, illustrano e giustificano i passaggi, quanto scritto come commenti costituisce la soluzione qualitativa del problema. Se, facendo la verifica si accorgono che il risultato non è corretto o accettabile, oppure il ragionamento fatto non convince, la verifica della consistenza logica della soluzione qualitativa è lo strumento migliore per trovare l'errore. In sua assenza, è molto meno probabile che riguardando le operazioni algebriche e i calcoli operati con i dati del problema ci si accorga di aver commesso un errore.

Compiti a casa: utili o dannosi?

In diversi paesi l'aspetto dei compiti a casa è un argomento dibattuto e il titolo riporta le due posizioni contrapposte: sono utili o dannosi per quanto riguarda l'apprendimento? Definiamo l'oggetto del contendere: per compiti a casa si intendono "tasks assigned to students by school teachers that are meant to be carried out during non-school hours." (Cooper, 1989, p. 86) Escludendo i compiti fatti a scuola magari in forma guidata, le attività extracurricolari, altri corsi di studio o esercizi, come imparare a suonare uno strumento, questa definizione inquadra bene la

questione. Intendiamo attività svolte volontariamente oltre l'orario scolastico, nel tempo che gli studenti considerano come proprio.

Nell'articolo citato, vengono proposti per la considerazione gli effetti dei compiti a casa; sia quelli positivi che quelli negativi. (Cooper, 1989, p. 86) Incominciamo con gli effetti positivi:

- Immediato impatto sull'apprendimento. Migliore ritenzione della conoscenza fattuale. Aumento della comprensione. Miglioramento del pensiero critico, formazione dei concetti ed elaborazione delle informazioni. Arricchimento del curriculum.
- Effetti accademici a lungo termine. Disponibilità a imparare durante il tempo libero. Migliore atteggiamento verso la scuola. Migliori abitudini e abilità di studio.
- Effetti non accademici. Maggiore auto-direzione. Maggiore autodisciplina. Migliore organizzazione del tempo. Maggiore curiosità. Maggiore indipendenza nella risoluzione dei problemi.
- Maggiore apprezzamento e coinvolgimento dei genitori verso la scuola.

Ora gli effetti negativi:

- Senso di sazietà. Perdita di interesse per il materiale accademico. Affaticamento fisico ed emotivo.
- Negazione dell'accesso al tempo libero e alle attività della comunità.
- Interferenza dei genitori. Pressione per completare i compiti ed eseguirli bene. Confusione sulle tecniche didattiche.
- Imbrogli. Copiare da altri studenti. Aiuto oltre il tutoraggio.
- Aumenta le differenze tra coloro che raggiungono risultati elevati e gli altri studenti.

Vengono evidenziate delle idee sbagliate diffuse sui compiti a casa (Corno, 1996, p. 28):

- *The Best Teachers Give Homework Regularly*. In fact, the best teachers vary their use of homework according to students' interests and capabilities.
- *More Homework Is Better Than Less*. The sheer amount of homework teachers assign has little to no relation to any objective indicator of educational accomplishment.
- *Parents Want Their Children to Have Homework*. Research-based surveys of parents in fact substantiate that parents want their children to do well in school.
- *Homework Supports What Students Learn in School*. Homework only supports school learning when it's explicitly used with that purpose in mind.

- *Homework Fosters Discipline and Personal Responsibility*. Of all the mistaken notions about homework, this may be the one people most want to believe. ... there is almost no evidence that homework fosters discipline and personal responsibility.

Un attacco di alto profilo ai compiti a casa, argomentato, che pone anche l'accento su considerazioni sociali e sulle diverse possibilità degli studenti derivanti da differenze familiari ed economiche afferma che: "... homework often disrupts family life, interferes with what parents want to teach their children, and punishes students in poverty for being poor. Perhaps more significantly for educators are the serious limitations of homework's pedagogical prowess. ... Some students go home to well-educated parents and have easy access to computers with vast databases. Other students have family responsibilities, parents who work at night, and no educational resources in their homes." (Kralovec, Buell, 2001, pp. 39-40)

Vengono criticati tre miti circa i compiti a casa: "*Homework increases academic achievement*. ... Lacking solid evidence, homework supporters ask us to take on faith the notion that homework can instill desirable character traits. *If our students don't do lots of homework, their test scores will never be competitive internationally*. Comparisons of student test scores often pit U.S. students against students from other countries. ... *Those who call homework into question want to dilute the curriculum and kowtow to the inherent laziness of students*. By calling homework into question, we are not questioning the work of homework, but rather the value of students completing that work at home." (Kralovec, Buell, 2001, p. 41)

La richiesta di un convincente supporto dei dati della ricerca è legittima e gli studi confermano il nesso causale tra i compiti a casa e il rendimento degli studenti: "With only rare exceptions, the relationship between the amount of homework students do and their achievement outcomes was found to be positive and statistically significant. Therefore, we think it would not be imprudent, based on the evidence in hand, to conclude that doing homework causes improved academic achievement." (Cooper, Robinson, Patall, 2006, p. 48).

Compiti a casa appropriati apportano benefici allo sviluppo dei metodi di studio e svolgono un ruolo significativo di mediazione per l'auto-efficacia dell'apprendimento: "we found that the quality of students' homework is significantly related to their development of better study habits. Overall, the results revealed significant mediational roles for self-efficacy for learning and perceived responsibility beliefs in explaining the impact of homework experiences on the course grades of college students. More specifically, the quality of the college students' homework had a significant direct impact on their grades and a significant indirect effect primarily via their self-efficacy beliefs." (Kitsantas, Zimmerman, 2009, pp. 105-106)

Un altro studio sui compiti a casa in un corso di microeconomia (Principles of microeconomics) riporta prove convincenti sul miglioramento delle conoscenze

della disciplina, soprattutto a beneficio degli studenti più deboli. Sono state trovate "considerable evidence that requiring homework is beneficial to student learning and reveal three primary results in this article on homework assignments. First, students in the treatment group (homework required) are more likely to be retained in the course. Second, they have significantly better test performance, especially so for students who initially perform poorly in the course. ... Among students who failed the first test, those in the homework-required group register between 10- to 14-percent higher test averages compared to students who are not required to submit homework. Students in the treatment group are more likely to receive good course grades (Bs) and are less likely to fail. Third, completing homework assignments has a large positive effect on test performance, approximately one-half of a letter grade for students in this study." (Grodner, Rupp, 2013, pp. 106-107)

Cosa pensano gli studenti? Si potrebbe supporre che in generale non condividano l'interesse degli insegnanti verso il lavoro da fare a casa: però anche gli studenti ne percepiscono il valore. Infatti, viene riportato che "students view completion of homework as an important task and recognize the importance of homework assignments if it is appropriate and meaningful. They view homework assignments that have a higher intrinsic value beneficial in understanding course material. However, student perception of homework assignments in high school as "busy work" creates a negative connotation for such homework assignments as incoming college freshman." (Letterman, 2013, p. 118)

Accertata l'utilità per gli studenti dei compiti a casa, un aspetto importante da valurare da parte dell'insegnante è la quantità di studio e di compiti da assegnare agli studenti. Purtroppo, per la quantità non si può stabilire una ricetta: "homework does positively influence the achievement of elementary students ... it is also important to realize that students at lower grade levels should be given far less homework than students at higher grade levels. The critical question is how much homework is the *right amount* of homework. Unfortunately, there is no clear answer on this point." (Marzano, Pickering, Pollock, 2001, p. 62)

Ora consideriamo l'impatto che hanno i compiti a casa sui risultati scolastici e come questo impatto sia reso importante. Un aspetto da considerare è quanto l'insegnante deve essere coinvolto, e non soltanto al momento di assegnare i compiti a casa: "homework assigned but not commented on generates an effect size of only .28. [John Hattie trova per i compiti a casa una dimensione dell'effetto di 0,29, che viene considerata una influenza media (Hattie, 2012, p. 256)] When homework is graded, however, the effect size increases to .78. Finally, homework on which the teacher provides written comments for students has an effect size of .83, representing a percentile gain of 30 points." (Marzano, Pickering, Pollock, 2001, p. 64) Ovvero, se i compiti sono valutati hanno un grande effetto benefico sull'apprendimento.

Queste ampie considerazioni sono state riportate per fare comprendere il giusto

valore del lavoro e della riflessione da parte degli studenti e la considerazione dei compiti a casa da parte degli insegnanti. In una scuola superiore di primo grado, con l'intento di responsabilizzare gli studenti e dare valore ai compiti a casa, l'insegnante di matematica propone la correzione vicendevole da parte degli studenti. Scrive alla lavagna i propri criteri per la correzione di relazioni ed esercizi e chiede agli studenti di copiarli, di discuterne e se il caso, di proporre modifiche. Nella lezione successiva, le osservazioni degli studenti vengono discusse e riscritti alla lavagna i criteri condivisi per la correzione.

L'insegnante assegna i compiti e fissa la data per la consegna e si organizza una tabella di corrispondenza tra i numeri dell'elenco degli studenti riportati sul registro e numeri a caso che lui assegna: lo svolgimento va fatto in fogli mobili, che vengono raccolti. L'insegnante cancella il nome e trascrive il numero di corrispondenza nella sua tabella; i compiti vengono distribuiti facendo corrispondere il numero sul foglio al nome dello studente per la correzione stabilendo la data di consegna. L'insegnante poi corregge 4-5 compiti corretti (il criterio è di privilegiare qualche studente ritenuto debole o poco interessato). La correzione dell'elaborato e della correzione viene commentata e discussa in classe; gli studenti apprezzano il metodo e nella maggioranza dei casi la correzione degli studenti è affidabile.

In una scuola superiore ogni anno viene organizzata la gara di programmazione di robot costruiti dagli studenti e, per l'assenza di documentazione sul lavoro svolto, ogni anno si riparte da zero perché sarebbe troppo complesso capire ciò che è stato fatto. Così l'insegnante di una materia di informatica chiede agli studenti un report per ogni nuova attività, una pagina con un riassunto di 5-6 righe, la descrizione dell'attività e l'eventuale bibliografia. Essendo i report in formato elettronico, in alcune occasioni organizza la correzione da parte degli studenti, con un sistema analogo a quanto sviluppato nella precedente esperienza. Anche in seguito a questa attività, tutto il lavoro fatto sui robot è stato poi documentato in modo adeguato.

In un Liceo scientifico gli studenti di Fisica hanno la possibilità di correggere i compiti per casa confrontando la loro soluzione con quella spiegata e argomentata del proprio insegnante in cui viene reso visibile il modo di ragionare dell'esperto. Un esempio tra i molti si trova all'URL: https://www.youtube.com/watch?v=rERxzQYQiw4&list=PLdy7IPaISucwIjOS1V75GnyjXAcqi_4gM&index=15 (La ballerina). Questo modo di insegnare vuole maggiormente coinvolgere gli studenti nel processo di apprendimento, in modo che risulti una comprensione più profonda della disciplina, si ispira alla flipped classroom sviluppata dal Prof. Eric Mazur dell'Università di Harvard. (Mazur, 1997)

All'inizio, questo nuovo modo d'insegnare ha comportato delle difficoltà negli studenti, abituati ad ascoltare la lezione frontale, senza la difficolta di sforzarsi a dover ragionare. L'istruzione tra pari richiede il coinvolgimento attivo degli

studenti: “Peer Instruction [PI] engages students during class through activities that require each student to apply the core concepts being presented, and then to explain those concepts to their fellow students. Unlike the common practice of asking informal questions during a lecture, which typically engages only a few highly motivated students, the more structured questioning process of PI involves every student in the class.” (Crouch, Mazur, 2001, p. 970)

Questo nuovo modo d’insegnare viene utilizzato con successo da diversi anni e gli studenti risolvono i problemi in modo visibile, come riportato nella Figura 26. L’insegnante spiega ai genitori il suo modo d’insegnare (https://youtu.be/cbZa2JX5vJo) e agli studenti il ragionamento visibile (https://youtu.be/NXOaO0crnLo e https://youtu.be/DSankZKpf1A). Le videolezioni del corso completo di Fisica si trovano al link https://www.youtube.com/channel/UC0FhM4FHMjpyY48bpiFTwLA/playlists?disable_polymer=1.

Tutto questo lavoro fatto dall’insegnante è molto utile in questo periodo con il Coronavirus: vengono assegnate agli studenti le videolezioni con la stessa regolare cadenza secondo il calendario delle lezioni (due volte a settimana al biennio e tre al triennio). Con i genitori degli studenti l’insegnante ha buoni rapporti di collaborazione e sui social media ha creato i gruppi classe sia degli studenti che dei genitori. Questo modo d’insegnare risulta soddisfacente per genitori e autorità scolastiche e molto profittevole per gli studenti, che oltre a poter approfondire senza l’assillo di prendere appunti, possono chiedere chiarimenti sulle videolezioni sia ai compagni che all’insegnante.

I compiti sono necessari per far esaminare, rivedere e riflettere sul materiale già studiato o trattato in classe. Devono essere assegnati con questo scopo, tenendo conto degli impegni degli studenti con il carico delle materie dei colleghi e dovrebbero essere valutati, anche per controllare che siano frutto di un impegno cognitivo: richiamare alla mente concetti conosciuti e svolgimento di un ragionamento logico. L’impegno cognitivo può essere definito come “students’ investment in their learning, valuing of their learning, directing effort toward learning, and using learning strategies to understand material, accomplish tasks, master skills, and achieve goals.” (Pohl, 2020, p. 254) Dai compiti per casa devono risultare dei guadagni cognitivi per gli studenti, altrimenti è necessario scoprire che cosa non funziona; “If students aren’t learning much from homework or worksheets, it’s probably because *they’re not retrieving*; they’re re-reading, reviewing, or looking up the answers.” (Agarwal, Bain, 2019, p. 158).

Learning by doing

Si impara facendo se si possiedono le conoscenze necessarie che rendono significativi i nuovi schemi mentali che permettono di interpretare i nuovi fenomeni e nessuna esperienza può avere un significato come crescita cognitiva

senza qualche elemento di riflessione. In qualche modo, tutte le esperienze sviluppate nel progetto hanno questi elementi e sono guidate dagli insegnanti, che sanno valutare ed adattare le esperienze alle conoscenze dei loro studenti. Questo aspetto è decisivo, perché "Experts perceive things differently than do novices. Recognizing patterns and learning new patterns to interpret phenomena are the prime capabilities for all those pursuing expertise development. Experts can recognize problems and the level of difficulty of problems so that they can take appropriate actions for solutions." (Jung, Kim, Reigeluth, 2016, p. 60)

Massimiliano, Michele, Melvin e Mattia (M4) sono studenti di una classe quinta della specializzazione di Informatica che hanno avuto l'idea di realizzare e collaudare un sistema di rilevazione delle presenze degli alunni a scuola, fatto dagli alunni. Era un'idea felice poiché mostrava molti aspetti positivi; gli studenti avevano la possibilità di fare un'esperienza reale e completa, dell'intero ciclo di vita dello sviluppo un nuovo prodotto e se realizzato, eliminava l'uso della carta e riduceva il lavoro di back-office del personale amministrativo della scuola che non doveva più raccogliere dai registri delle classi le informazioni relative agli alunni assenti.

Nella pianificazione del progetto sono stati considerati e curati sia gli aspetti organizzativi, l'impatto del nuovo prodotto sugli utenti e sull'organizzazione della vita della scuola, che gli aspetti tecnologici, come l'uso di tecnologie emergenti, RFID (Radio Frequency IDentification) e microcontrollore Arduino per la rilevazione dei dati e lo sviluppo dell'applicazione web per la raccolta e il monitoraggio a distanza degli stessi dati. (Figura 28)

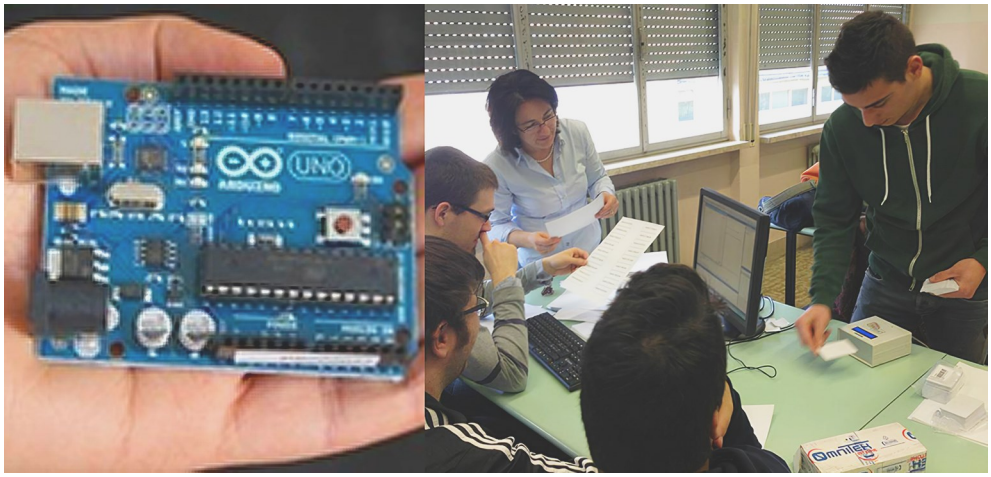


Figura 28. Il microcontrollore Arduino e l'etichettatura delle tessere RFID con l'insegnate responsabile e l'esperto.

Il progetto denominato RFIDM4+ (RFID è la tecnologia usata; M4, le iniziali dei nomi degli studenti) è stato realizzato dagli studenti con la supervisione di due

insegnanti e di un esperto esterno (un ex-allievo) coinvolto nel progetto. Gli studenti hanno lavorato in gruppi (coordinatore/reporter, progettista, amico critico) con compiti specifici, interagendo tra loro, con gli insegnanti e con l'esperto. Terminato il progetto, è stato presentato alla scuola e stato inaugurato dal dirigente scolastico il 20 aprile 2013, Figure 29 e 30.

Figura 29. Presentazione del progetto e del lavoro svolto da parte degli studenti alla scuola.

Figura 30. La dirigente inaugura il sistema di rilevazione delle presenze; uno studente utilizza il sistema.

Questo progetto ha rappresentato un'esperienza di apprendimento importante perché ha sollecitato la capacità creativa e di analisi degli studenti allenandoli ad affrontare il processo lavorativo tipico della progettazione e messa a punto di un

prodotto e di un servizio, con il supporto della consulenza di un esperto esterno per andare oltre le proprie competenze acquisite a scuola e abituandoli a documentare il lavoro svolto.

Anche altre esperienze hanno permesso agli studenti di partecipare a progetti orientati al mondo del lavoro e confrontarsi con problemi reali; come il progetto Ambientable (Ambiente + confortable), nato dalla collaborazione tra una residenza per anziani, una azienda produttrice di sistemi elettronici e una scuola. Guidati e supportati dai loro insegnanti, gli studenti, quasi come professionisti, hanno eseguito controlli e misure nella residenza, collaborato con l'azienda, scritto il software, lavorato con grande indipendenza, collaudato il sistema e installato 43 dispositivi per il controllo dei parametri temperatura, luminosità, umidità e rumore, per rendere più confortevole l'ambiente degli ospiti della residenza e di consentire ai dipendenti di lavorare in modo agevole ed efficiente.

In occasione del concorso nazionale proposto dall'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), per rendere più interessante lo studio della tavola periodica, degli studenti con i loro insegnanti hanno pensato di inventare un gioco in modo che i giocatori, divertendosi giocando, imparassero la chimica in un altro modo. L'idea di trasformare l'apprendimento in gioco e divertimento da tempo viene presa in seria considerazione e si parla di *Gamification*: "Gamification is not just designed for learner fun and enjoyment. It is also an instructional approach that can be used to enhance the effectiveness of instruction on student learning." (Kim et al., 2018, p. 5) Questo processo presenta molti vantaggi per l'apprendimento (Kim et al., 2018, p. 5):

- Increase student engagement and motivation.
- Enhance learning performance and academic achievement.
- Improve recall and retention.
- Provide instant feedback on students' progress and activity.
- Catalyze behavioral changes.
- Allow students to check their progress.
- Promote collaboration skills.

Il gioco è stato ideato, progettato e realizzato da otto alunni di una terza classe di Chimica, supportati da due loro insegnanti. Dal punto di vista didattico, questo gioco è utile per attivare un percorso di apprendimento 'attivo' che consentisse di affrontare in un modo diverso un tema che è fondamentale nella disciplina e contemporaneamente:

- Promuovere l'apprendimento cooperativo.
- Favorire l'inclusione e l'apprendimento in ambito scientifico, degli studenti

diversamente abili attraverso il gioco e l'aiuto reciproco (peer tutoring).

- Recuperare gli studenti che trovano ostici e lontani dalla realtà quotidiana alcuni aspetti della Chimica.
- Valorizzare le eccellenze.
- Promuovere negli studenti l'attitudine al confronto con gli altri in ambito scientifico, in un clima di collaborazione e crescita culturale e personale.

L'intero progetto è stato svolto dagli studenti in modo cooperativo. Particolarmente creativa, è stata la prima fase in cui i ragazzi, partendo dal confronto delle loro idee, hanno sviluppato il loro personale gioco sui 118 elementi della Tavola Periodica. Fondamentali sono stati i numerosi brain storming effettuati durante le ore di laboratorio e al di fuori dell'orario scolastico. La stesura delle regole e del libro delle domande, su tutti gli elementi della tavola e la formazione di alcuni loro composti, ha rappresentato il cuore del progetto. Il prototipo è stato realizzato da una studentessa della classe quinta Chimica utilizzando materiali di recupero come tappi di bottiglie, vecchie scatole; contenitori di formaggini, ecc. Il gioco nella forma finale è riportato nella Figura 31.

Il progetto è stato pianificato in quattro fasi: 1. Brainstorming su progettazione e stesura delle regole del gioco (livello junior e livello senior); 2. Stesura del libro delle domande e del formulario dei composti; 3. Progettazione e costruzione dei principali componenti del gioco; 4. Collaudo del gioco e revisione delle regole dello stesso. Sono previsti 12 tipi di domande:

1. Simbolo dell'elemento?
2. Metallo (alcalino, alcalino terroso o di transizione); semimetallo, non metallo; alogeni o gas nobili?
3. In che stato di aggregazione si trova l'elemento a temperatura ambiente?
4. A che gruppo appartiene?
5. A che periodo appartiene?
6. È radioattivo? (inteso come caratteristica dell'isotopo più abbondante in natura).
7. Nome in inglese?
8. Elettroni di valenza (metalli di transizione valenza da 1 a 8)?
9. Si trova in natura allo stato elementare? Se sì bisogna indicare dove.
10. Origine del nome?
11. Applicazioni?
12. Numero di ossidazione? (per i metalli di transizione da +1 a +7).

Facciamo un esempio sul suo utilizzo: Il direttore del gioco (DG) estrae il n. 20, che corrisponde all'elemento Calcio. Un giocatore si prenota e chiede due dadi (due atomi di calcio), tira i due dadi e la somma dà 8 (5+3). Il DG chiede al

giocatore: "Quanti sono gli elettroni di valenza del Calcio?" (tipo di domanda 8). Il DG trova la risposta nel libro delle domande. Se il giocatore risponde correttamente ha diritto a posizionare due dei suoi bollini (atomi) sulla sua tavola periodica in corrispondenza del Calcio. Se sbaglia, non potrà giocare al turno successivo e i bollini saranno messi sulla tavola periodica del DG (bollini quadrati grandi).

Figura 31. In gioco della Tavola periodica: la carica dei 118.

Figura 32. Gli sviluppatori del progetto e il collaudo del gioco.

Il collaudo del gioco è stato il momento di maggior soddisfazione per gli studenti che hanno visto, dopo numerosi momenti di crisi, concretizzarsi le proprie idee e i loro sforzi, Figura 32. Questo progetto ha comportato per docenti e studenti un impegno andato ben oltre l'orario scolastico, ma allo stesso tempo ha sviluppato in tutti, diverse competenze e non solo nel settore tecnico-scientifico. In particolare, gli alunni hanno sperimentato l'importanza della disponibilità all'ascolto reciproco, la forza del lavoro di gruppo e la voglia di mettersi in gioco. Ultima, ma non meno

importante, la presentazione fatta dagli studenti di fronte alla giuria e alla folta platea del concorso S-Factor, che ha rappresentato per molti di loro, la prima significativa esperienza di un discorso fatto in pubblico.

Studenti che amano la scuola

Un interessante e complesso progetto ha utilizzato l'insetto stecco per insegnare argomenti di scienze e matematica nelle classi prima e seconda in una scuola superiore di primo grado e sviluppare abilità e competenze come: effettuare connessioni logiche; riconoscere o stabilire relazioni; classificare; formulare ipotesi e trarre conclusioni basate sui risultati ottenuti e sulle ipotesi verificate; risolvere situazioni problematiche e utilizzare linguaggi specifici; presentare il lavoro svolto (Figura 33). Il lavoro è stato svolto in laboratorio, nel giardino della scuola e in aula; in tutte le attività gli studenti hanno lavorato in gruppi, sempre utilizzando i ruoli secondo il cooperative learning.

Figura 33. Le attività, abilità e competenze sviluppate utilizzando l'insetto stecco.

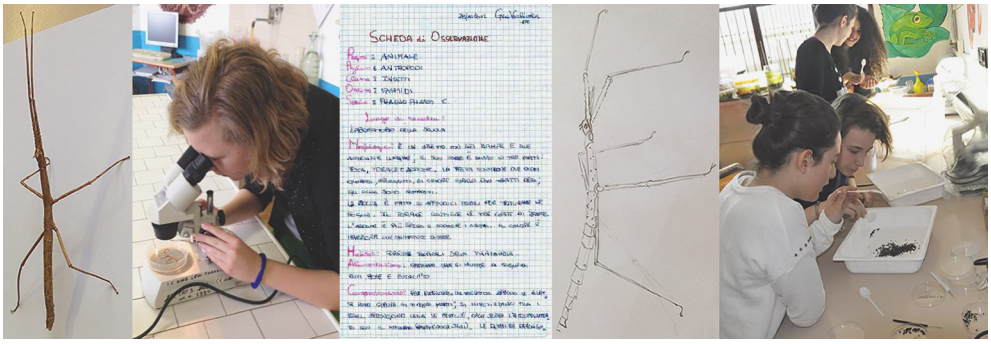


Figura 34. L'insetto stecco e alcune della attività che hanno coinvolto gli studenti.

L'insetto stecco, usato a scuola come modello, presenta numerosi vantaggi: è un organismo facile da allevare, produce molte generazioni in poco tempo, ogni

individuo produce molte uova ed è un insetto poco mobile e non è pericoloso. Anche il fascino dell'esotico gioca un suo ruolo. L'insetto stecco è un importante punto di partenza per incuriosire e avvicinare i ragazzi ad altri organismi presenti nel giardino della scuola.

Il progetto è stato svolto attraverso varie attività e fasi. Gli studenti sono stati impegnati a raccogliere informazioni sugli insetti stecco attraverso libri, riviste e internet. In laboratorio hanno osservato gli insetti, anche con l'utilizzo di lenti e microscopi; e hanno compilato una scheda-relazione con i risultati delle osservazioni e delle informazioni precedentemente raccolte, aggiungendo dei disegni, come riportato nella Figura 34.

Gli studenti collocano gli insetti stecco nel gruppo tassonomico di appartenenza e riflettono sulla necessità della classificazione. Vengono effettuati confronti con altri gruppi di insetti facendo particolare attenzione al tipo di apparato boccale, alla metamorfosi, ai meccanismi di difesa, al tipo di riproduzione, alla posizione nella rete alimentare. Tutte le attività vengono sempre svolte nel massimo rispetto verso gli organismi viventi che vengono poi reintrodotti nel giardino della scuola (ambiente di origine).

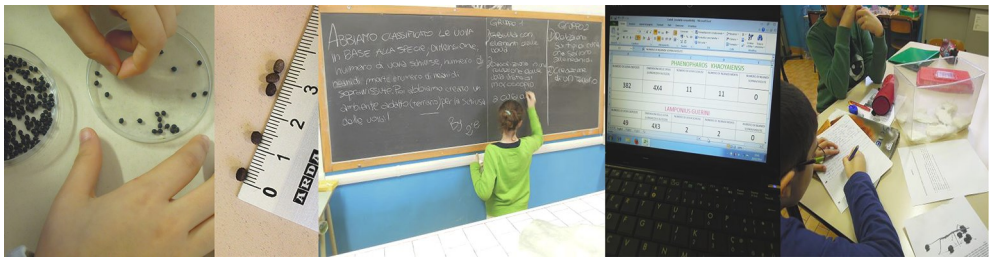


Figura 35. Conta e misura delle uova; classificazione, elaborazione statistica e progetto dei terrari.

Nel lungo periodo osservano il ciclo vitale dell'insetto stecco: dalla deposizione delle uova alla loro schiusa, dalla successione di mute delle neanidi fino all'adulto. Confrontano i cicli vitali di altri insetti (coccinelle, farfalle) e di altri animali e di vegetali: arrivano a riconoscere il ciclo vitale come caratteristica specifica degli organismi viventi. Preparano delle presentazioni in power point e alcuni studenti presentano gli insetti stecco all'Open day della scuola e rispondono alle domande dei bambini delle elementari.

Gli studenti conducono una piccola indagine statistica sulla vitalità delle specie studiate attraverso il conteggio delle uova, approfondendo il significato delle frazioni, calcolando rapporti, percentuali, rappresentando i risultati con tabelle e grafici. Scoprono l'influenza dei fattori biotici e abiotici sulla vitalità di questi organismi (Figura 35). Le attività si concludono con la progettazione e l'allestimento di due terrari, uno per la nuova generazione di insetti stecco e l'altro per un insetto autoctono del giardino e la preparazione di una mostra per il giorno

della festa della scuola a fine anno.

Figura 36. Manifesti informativi delle varie edizioni della fiera della scienza.

Il titolo del paragrafo è comune a tutte le esperienze che gli studenti fanno quando hanno la fortuna di avere insegnanti che raggiungono l'eccellenza nella loro professione, guidati da dirigenti che li sanno valorizzare. Vorrebbe dimostrare come con questi metodi di insegnamento sia possibile superare e mettere in pratica le osservazioni di Daniel Willingham, Professore di Psicologia cognitiva all'Università della Virginia che ha scritto "Why don't students like school?" (Willingham, 2009) Questa esperienza, come altre, dimostra il grande coinvolgimento degli studenti che scaturisce dalla passione degli insegnanti, dalla motivazione veicolata dal contesto, dalla possibilità di realizzare obiettivi personali, dall'ambiente di apprendimento costruito dall'insegnante e dal successo scolastico degli studenti (Turner, Patrick, 2004).

La particolarità di questo progetto fa leva sulla naturale curiosità che abbiamo verso gli organismi viventi, che spesso fanno provare delle emozioni collegate alla dimensione affettiva; non è raro che in scuole elementari con il giardino, durante la ricreazione i bambini si imbattano in grilli o lucertole e che questi animali diventino oggetto di discussione in classe. Le emozioni sono fenomeni definiti come "multifaceted phenomena involving sets of coordinated psychological processes, including affective, cognitive, physiological, motivational, and expressive components." (Pekrun, Linnenbrink-Garcia, 2012, p. 260) Se poi come in questo progetto si ha la possibilità di osservare la deposizione delle uova e la nascita di nuovi insetti, ci si sente parte di un evento che diventa oggetto di discussione con i compagni e viene comunicato nei discorsi in famiglia e con gli amici, per via della forte carica affettiva che queste esperienze comportano.

Quanto riportato è un parziale resoconto di un grande lavoro fatto nello svolgimento del progetto *PROFILES* e molte sarebbero le esperienze significative da aggiungere; altre notizie si trovano nel sito del progetto (www.profiles.univpm.it/), alle pagine Newsletters e Dissemination. Ad esempio, una esperienza nata dalla constatazione che nelle scuole tecniche spesso le relazioni di laboratorio vengono scritte in modo

sbrigativo e l'aspetto stilistico lessicale e sintattico del testo lascia a desiderare, ha prodotto una collaborazione con l'insegnante di Italiano.

In una terza classe di Elettronica il compito in classe è stato organizzato in modo da verificare le conoscenze di due materie di elettronica e il testo doveva essere scritto in modo che anche l'insegnante di Italiano con scarse competenze tecniche specifiche potesse comprenderne il significato. Gli studenti avevano tre ore per completare la verifica e potevano utilizzare manuali tecnici e il vocabolario di italiano. I risultati sono stati superiori alle aspettative. Alunni che solitamente liquidano la documentazione di laboratorio in modo troppo sintetico hanno prodotto elaborati brillanti. Questo tipo di verifica è stato poi utilizzato in altre classi e serve anche per far comprendere come le conoscenze delle varie discipline non siano compartimenti stagni e per formare uno spirito critico negli studenti.

Le manifestazioni esterne alla scuola

Queste manifestazioni nascono da una felice idea di qualche insegnante e per la riuscita richiedono la collaborazione di diversi insegnanti e di numerosi studenti. La prima fiera della scienza è stata organizzata ad Osimo (AN) nel 2012 ed è continuata per quattro anni (Figura 36). L'idea è nata in alcuni insegnanti che utilizzavano la filosofia del progetto: presentare alle scuole e al pubblico in modo festoso aspetti curiosi e interessanti della scienza attraverso le conoscenze e le abilità degli studenti.

La manifestazione ha avuto luogo in primavera per l'intera giornata di sabato, nella piazza principale del centro storico della città ed è riservata al mattino alle scuole del territorio, mentre il pomeriggio è aperta al pubblico e ogni anno ha ricevuto diverse centinaia di visitatori e curiosi (Figura 37). Gli studenti vengono preparati durante l'anno scolastico dai loro insegnanti di Biologia, Chimica, Fisica e Matematica.

Figura 37. Studentessa di chimica prepara un esperimento; le tende in piazza; studenti interessati agli esperimenti di biologia.

Gli obiettivi didattici di queste manifestazioni sono sia di diffondere e rendere interessante la scienza, presentando aspetti sorprendenti e facendola diventare alla

portata di tutti, che di responsabilizzare e potenziare le abilità di comunicazione degli alunni che si devono rapportare con un'utenza diversificata per età e scolarizzazione (Figura 38) modificando e adattando l'approccio e le spiegazioni.

Figura 38. L'interesse per gli esperimenti presentati è grande a tutte le età: dai problemi matematici allo stupore generato dalla pressione atmosferica, alle 'magie' della biologia.

L'esperienza positiva della fiera della scienza è stata presentata in una conferenza all'UniFabriano nell'ottobre 2013 (vedi dopo), ed ha ispirato alcuni insegnanti di un liceo scientifico e nella primavera 2014 è stato organizzato l'evento "ValorizziAMOci – Amor sacro amor profano" a Fabriano, dove la festa è terminata con un concerto (Figura 39).

Figura 39. Strumenti scientifici costruiti dagli studenti; la serata in musica.

Figura 40. Alcune domande e risposte del questionario.

Dopo l'estate e dopo il naturale sedimentarsi delle emozioni, l'insegnante responsabile del progetto ha lanciato l'idea di un sondaggio sviluppato dagli studenti per tutti i partecipanti, per far riflettere sull'esperienza vissuta e per conoscere meglio le loro opinioni (Figura 40). La motivazione a partecipare della

maggioranza (il 64%) degli studenti è nata dal desiderio di fare qualcosa di utile per la città. L'entusiasmo di chi partecipa a un'iniziativa interessante è 'contagioso': questa è la motivazione del 18% dei partecipanti. Su come riuscire a conciliare gli impegni scolastici e le attività del progetto, la maggioranza dice che è stato possibile 'grazie a passione, voglia di fare e tanto entusiasmo.' Circa la metà dei partecipanti ha provato gratificazione e soddisfazione e quasi un quinto si è sentito utile e importante nella realizzazione di questo progetto.

Figura 41. La locandina e le cartelle; attendendo l'inizio e bimbi attratti dalla 'pozione magica'.

Nella Newsletter n. 15 viene riportato l'evento chiamato il Tombolone scientifico al Montani. In questo evento è la città che va nella scuola. Il Tombolone è nato dall'idea che a Natale si gioca a tombola e un'insegnante di chimica ha sviluppato questa attività per emozionare ed incuriosire attraverso delle esperienze e affascinare ed attrarre i giovani allo studio delle materie scientifiche (Figura 41). A questa manifestazione partecipano gli studenti opportunamente preparati e coinvolge diversi insegnanti di chimica. La partecipazione è stata numerosa e come in altre manifestazioni l'entusiasmo e l'interesse è stato notevole e come risulta anche dal questionario degli studenti di Fabriano, questa è la soddisfazione più grande per chi lavora al successo di questi eventi (Figura 42).

Figura 42. Gli esperimenti di chimica affascinano; l'entusiasmo di chi ha lavorato alla riuscita dell'evento.

In un crescendo di successi, l'edizione 2019 ha visto il coinvolgimento di tutta la

scuola, con un numero molto grande di visitatori e con un aumento delle esperienze proposte (Figura 43). Questi fatti dimostrano le potenzialità positive delle scuole per il territorio quando dirigenza, il personale tutto e il corpo insegnante si muovono all'unisono. Una manifestazione importante, riportata in modo compiuto nella Newsletter n. 21, con circa 1500 partecipanti alla scoperta di 90 esperimenti scientifici affascinanti.

Figura 43. Tavola Periodica robotizzata; varie attività e 270 studenti tutor.

Inviti a presentare la filosofia del progetto

L'indubbio successo del progetto ha destato interesse e in tre occasioni filosofia e pratiche efficaci sono state presentate a insegnanti interessati. Nel maggio 2014 il progetto è stato presentato in una scuola di Fossano (CN).

Figura 44. La presentazione viene intervallata da qualche esperimento e gli insegnanti lavorano in gruppi cooperativi alla soluzione di problemi di logica.

Figura 45. La locandina e una presentazione; materiale per esperimenti e il Prof. Marco Falasca.

Nel 2016 il progetto è stato presentato al Ce.Se.Di. (Centro Servizi Didattici) di Torino (Figura 45). Queste opportunità sono benvenute perché permettono anche di instaurare dei rapporti con insegnanti interessati a conoscere più a fondo la filosofia del progetto.

Il terzo invito è giunto dall'associazione Proteo Fare Sapere, per un corso di aggiornamento da svolgere in tre pomeriggi. A questo corso hanno preso parte diversi insegnanti *PROFILES* come relatori, presentando sia le idee del progetto che loro esperienze, come risulta in Figura 47.

Figura 46. Alcuni dei partecipanti e un elaborato dei gruppi di lavoro.

Figura 47. Alcuni degli insegnanti *PROFILES* presentano le loro esperienze didattiche.

Figura 48. Lavoro di gruppo sulla progettazione e presentazione dei risultati.

Il corso di aggiornamento è stato organizzato in modo tale che alle presentazioni seguisse il coinvolgimento dei partecipanti in un lavoro di progettazione. Questa parte del corso ha avuto luogo in gruppi animati dagli insegnanti *PROFILES*. Nell'ultima parte ciascun gruppo ha spiegato le motivazioni del lavoro di

progettazione e la riflessione metacognitiva, le scelte e la discussione sul lavoro di gruppo con tutti i partecipanti. (Figura 48).

Le conferenze del progetto *PROFILES*

L'insegnamento efficace richiede una robusta preparazione professionale e molto impegno da parte dell'insegnante; la possibilità di presentare ad altri il meglio del proprio lavoro è una soddisfazione personale e un giusto riconoscimento da un lato e dall'altro permette a molti insegnanti di trovare idee e spunti per migliorare il proprio insegnamento. Nella prima parte si è parlato di 'proprietà': l'insegnante è proprietario delle proprie esperienze di insegnamento. Non sembri un'esagerazione, ma una esperienza di insegnamento di successo difficilmente può essere replicata con la stessa efficacia da un diverso insegnante. Questo perché la componente scientifica dell'insegnamento ha necessità della componente umana che rende l'insegnare un'arte.

Con la visita di nomi importanti della didattica internazionale, sono state organizzate alcune conferenze per dare modo agli insegnanti di presentare le loro esperienze e per far conoscere le idee e le buone pratiche ad altri insegnanti. Nella visita del Prof. Ingo Eilks della University of Bremen (Germania) sono state organizzate due conferenze, a San Severino Marche e a Fabriano (Figura 49).

Figura 49. Programmi delle conferenze: San Severino Marche e UniFabriano.

Figura 50. La conferenza a San Severino Marche; la dirigente introduce; un gruppo di studenti presenta il lavoro fatto.

Nel 2014 c'è stata la visita dei Proff. Miia Rannikmae e Jack Holbrook dell'University of Tartu (Estonia) e sono state organizzate tre conferenze, la prima a San Severino Marche, con dieci relazioni (Figura 50). Presentati da una delle loro

insegnanti, due gruppi di studenti hanno presentato i loro progetti realizzati: un sito web e la gestione del magazzino.

Sono seguite le conferenze svolte nella Sala del Consiglio della Provincia di Perugia con nove relazioni e nella Sala Ubaldi di Fabriano, con diciannove relazioni (Figure 51 e 52).

Figura 51. Le conferenze di Perugia e Fabriano.

Figura 52. Conferenza di Fabriano: presentazione del pannello fotovoltaico, dei caratteri ideografici cinesi alle elementari e dell'insegnamento della matematica usando l'apprendimento cooperativo.

Figura 53. Ancona, Ascoli Piceno e Urbino: Ad Ascoli, nella Sala della ragione, il simpatico benvenuto musicale, a cura dell'Istituto Musicale "G. Spontini".

Nel 2015, dall'University of Houston, TX, USA è venuto in visita il Prof. Eugene Chiappetta, autore, insieme a T. Koballa di *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools*, giunto all'ottava edizione. Avvicinandosi la conclusione formale del progetto, sono state organizzate sei conferenze in differenti città: Ancona, Ascoli Piceno (nove relazioni), Fabriano (venti relazioni), San Severino

Marche (sei relazioni), Tolentino (otto relazioni) e Urbino (nove relazioni), Figure 53-55.

Figura 54. Presentazione del progetto 'learning by doing' a San Severino Marche: insegnanti e studenti presentano i loro lavori.

Figura 55. Meraviglie della pressione e apprendimento visibile a Tolentino; il programma dell'ultima conferenza all'Oratorio della Carità a Fabriano.

Oltre a quanto già detto, la possibilità di presentare le proprie esperienze è una occasione per riflettere in modo critico e valutare ciò che si sta facendo rispetto al programma e agli studenti: un evento prezioso per la propria crescita professionale. "Reflection-on-practice helps us to keep our options open, to seek fresh alternatives and consolidate our learning. ... It is a commitment, willingness and enthusiasm to question the knowledge that is created, to challenge personal and collective values, and to interrogate the contradictions and paradoxes that appear from the construction of teachers' professional knowledge." (Ghaye, 2011, p. 188)

Le conferenze nazionali e internazionali

La prima occasione per presentare il lavoro degli insegnanti è stata la conferenza in Roma del 2012: 22nd International Conference on Chemistry Education e 11th European Conference on Research In Chemical Education. In questa conferenza tre sessioni sono state dedicate al progetto *PROFILES* e in quella Italiana tre insegnanti hanno presentato le loro esperienze e fatto conoscere le idee del progetto (Figura 56).

Due insegnanti hanno presentato il loro lavoro alla 1st International *PROFILES*

Conference (Berlino, 2012), mentre alla conferenza finale del progetto (Berlino, 2014) hanno partecipato quattro insegnanti (Figure 56 e 57). Nel 2017 a Paestum (SA) si è svolto il Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana e cinque insegnanti hanno partecipato e presentato il loro lavoro.

Figura 56. Presentazioni alla 22nd ICCE e la Science Fair a Berlino.

Figura 57. A Berlino, con il Prof. Claus Bolte, coordinatore del progetto e alcune insegnanti *PROFILES* al Congresso SCI.

Figura 58. La riunione a Porto e il consorzio al lavoro a Klagenfurt (Austria); riunione finale a Istanbul, dove il coordinatore si congratula per il lavoro fatto dal progetto *PROFILES*.

Importanti per lo sviluppo e la riuscita del progetto sono risultate le sette riunioni del consorzio e del comitato direttivo *PROFILES* in cui veniva valutato il lavoro fatto rispetto alle scadenze del programma e presentati argomenti teorici utili alla crescita professionale dei coordinatori nazionali. Alcuni eventi sono riportati nella Figura 58.

Considerazioni finali

In una delle frequenti visite agli insegnanti nelle scuole, alla mia osservazione circa la necessità di brevi verifiche frequenti, un insegnante ha mostrato un foglio con i numeri progressivi del registro e in alto in orizzontale le date delle lezioni. Il foglio era pieno di +, – , 1/2–, ++, 1/2+. Ad ogni lezione venivano poste delle domande a qualche studente su argomenti delle lezioni precedenti e se l'interrogato non sapeva rispondere o rispondeva in modo non corretto, qualche altro studente poteva intervenire. Questo è un modo eccellente per aiutare gli studenti ad imparare in modo che nel tempo resti qualcosa, e per fare in modo che i nuovi concetti vengano ancorati a concetti precedenti in modo significativo.

La ripetizione dei concetti è una tecnica per aumentare la persistenza e diminuire l'oblio delle informazioni memorizzate. Rievocare fatti o concetti o eventi dalla memoria è forse la pratica più efficace per aiutare gli studenti a costruire l'apprendimento significativo. "The power of retrieval as a learning tool is known among psychologists as the testing effect. In its most common form, testing is used to measure learning and assign grades in school, but we've long known that the act of retrieving knowledge from memory has the effect of making that knowledge easier to call up again in the future." (Brown, Roediger, McDaniel, 2014, p. 28)

In uno studio che ha coinvolto 180 studenti universitari è stato chiesto di studiare un brano in prosa per 5 minuti, secondo tre condizioni (S = studio, R = ricordo): studio ripetuto (SSSS), singolo test (SSSR) o test ripetuto (SRRR). Metà degli studenti hanno affrontato il test finale dopo un intervallo di 5 minuti di ritenzione e 90 studenti hanno affrontato il test finale dopo una settimana. In ciascuna delle sei condizioni hanno partecipato 30 studenti. Mentre dopo 5 minuti gli studenti nella condizione dello studio ripetuto sono risultati i migliori, nel test dopo una settimana i risultati si sono invertiti: gli studenti nella condizione SRRR hanno ricordato il maggior numero di concetti (idea units), come riportato in Figura 59.

Dopo una settimana, le parti dimenticate si invertono: gli studenti nella condizione SSSS hanno dimenticato il 52% dei concetti, gli studenti nella condizione SSSR il 28% mentre gli studenti nella condizione SRRR il 14%. (Roediger, Karpicke, 2006, p. 253) Gli studenti nella condizione SSSR dimenticano il doppio rispetto agli studenti con tre test ripetuti e ciò indica il potente effetto dei test ripetuti per prevenire l'oblio.

Se ci si dovesse preparare per una interrogazione, converrebbe studiare

ripetutamente oppure studiare e poi riflettere su quanto studiato sforzandosi di ricordare? Quali sono le strategie usate dagli studenti? A degli studenti universitari è stato chiesto di riportare le strategie usate per studiare ed era possibile riportarne più di una. È risultato che l'84% utilizza la lettura ripetuta, mentre soltanto l'11% (19 su 177) utilizza la riflessione sui concetti attraverso il ricordo. (Karpicke, Butler, Roediger, 2009, p. 474) Si può generalizzare questo risultato: la strategia utilizzata dalla grande maggioranza degli studenti è la meno efficace rispetto alla persistenza della conoscenza nel tempo.

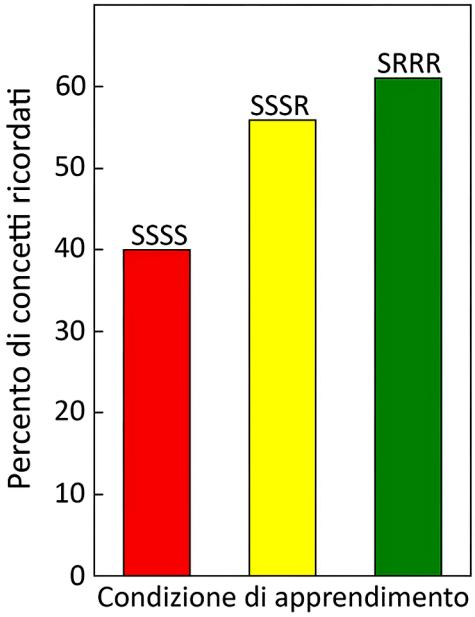


Figura 59. Percento di concetti ricordati dopo una settimana nelle diverse condizioni di apprendimento. (Figura ridisegnata da: Roediger, Karpicke, 2006, p. 253) .

La verifica delle conoscenze, magari attraverso dei test, come suggerito da questi approcci, è un sostegno importante all'acquisizione reale delle conoscenze degli studenti, che aiuta ad evitare il fenomeno chiamato 'illusione della competenza': credere di conoscere un certo argomento meglio di quanto in realtà si conosca. "People's performances as individuals, and their contributions as members of groups, depend not only on their actual competence, but also on their assessment of that competence. ... There are a variety of ways in which people can be fooled. Consider some of the assessments college students typically make in a course. They must decide if they are prepared for an upcoming test. In order to allocate study time. they must monitor the state of their own learning and comprehension across the topics for which they are responsible. ... monitoring one's own performance can rely on subjective experience and, consequently, is subject to errors that reflect cognitive illusions." (Jacoby, Bjork, Kelley, 1994, pp. 57-66)

Se gli studenti vengono valutati su argomenti che hanno studiato, essi ricorderanno di più nel lungo termine rispetto a ciò che avverrebbe se lo avessero ripetutamente studiato. Questo fenomeno "is known as the *testing effect* and shows that the act of retrieving information from memory has a potent effect on learning, enhancing long-term retention of the tested information." (Karpicke, Butler, Roediger, 2009, p. 471) Vediamo ora i benefici sull'effetto del test (Roediger, Putnam, Smith, 2011, pp. 4-26):

1. The testing effect: retrieval aids later retention.
2. Testing identifies gaps in knowledge. ... Taking a test permits students to assess what they know and what they do not know, so that they can concentrate study efforts on areas in which their knowledge is deficient.
3. Testing causes students to learn more from the next learning episode. ... when students take a test and then restudy material, they learn more from the presentation than they would if they restudied without taking a test.
4. Testing produces better organization of knowledge.
5. Testing improves transfer of knowledge to new contexts.
6. Testing can facilitate retrieval of information that was not tested.
7. Testing improves metacognitive monitoring.
8. Testing prevents interference from prior material when learning new material.
9. Testing provides feedback to instructors.
10. Frequent testing encourages students to study.

Test frequenti scoraggiano la pratica dello studio intenso quando si è vicino all'interrogazione o al compito in classe. Anche i compiti a casa dovrebbero essere distanziati; meglio pochi, ma ad ogni lezione, che molti una volta ogni tanto. Gli studenti dovrebbero conoscere la maniera migliore per imparare in modo efficace: studiare e poi a libro chiuso sforzarsi di ricostruire quanto studiato. Degli studi hanno dimostrato che maggiore è lo sforzo mentale per via della difficoltà di ricordare, migliore è la comprensione che si ottiene. (Pyc, Rawson, 2009)

Un modo per far comprendere il valore dei test nel proprio insegnamento è di proporre la verifica della conoscenza di uno/alcuni concetti nel modo seguente. Può succedere che degli studenti non avendo avuto modo di studiare, non conoscano l'argomento. Allora si può proporre 10 minuti di studio sul libro per focalizzare il materiale, oppure possono usare le mappe concettuali e poi si chiama uno studente a caso a rispondere. Nelle successive verifiche il tempo andrebbe ridotto per poi annullarlo; viene suggerito agli studenti di tenersi pronti per la prossima verifica. Dopo ogni verifica, per favorire il ripasso del materiale, andrebbero fatte conoscere le risposte esatte.

Conclusioni

Circa 700 insegnanti hanno conosciuto le idee importanti del progetto e circa il 10% ha partecipato a una o più sessioni di formazione. La formazione professionale continua ha sostenuto il lavoro qui riportato, che è una piccola parte di quanto realizzato dal progetto. In forma compiuta è riportato nel sito https://www.profiles.univpm.it, nelle pagine Modules, Newsletters e Dissemination. Forse non andrebbe detto, ma per il coordinatore questo progetto ha comportato un impegno di circa 9.000 ore. Nulla di quanto realizzato sarebbe stato possibile senza il generoso impegno, la perseveranza e l'entusiasmo di tanti insegnanti, ai quali va un grande ringraziamento. Su CnS sono stati pubblicati alcuni articoli riguardanti il progetto:

V. Brianzoni, L. Cardellini, Il progetto europeo PROFILES e il suo impatto in Italia. *La Chimica nella Scuola*, 37 (3), 39-60, 2015.

J. Holbrook, M. Rannikmae, L. Cardellini, Motivare gli studenti nelle discipline scientifiche. *La Chimica nella Scuola*, 37 (5), 65-82, 2015.

E. Mansueti, L. Cardellini, Costruire i concetti nel contesto di appartenenza. *La Chimica nella Scuola*, 39 (1), 39-64, 2017.

F. Vergine, L. Cardellini, Il sogno di Giovanni. Un progetto di inquiry al Liceo. *La Chimica nella Scuola*, 39 (4), 37-60, 2017.

E. Mansueti, L. Cardellini, L'inclusione dei BES attraverso la realtà compensativa. I mediatori concreti in un caso di autismo. *La Chimica nella Scuola*, 40 (2), 15-38, 2018.

D. Bianchini, F. M. Foresi, G. Paccazzocco, C. Principi, L. Cardellini, Altre esperienze dal progetto PROFILES: la chimica in cucina. *La Chimica nella Scuola*, 40 (4), 43-89, 2018.

L. Seghetti, L. Cardellini, Innamorarsi della Chimica. I parte - Le basi teoriche dell'approccio. *La Chimica nella Scuola*, 41 (5), 71-95, 2019.

L. Seghetti, L. Cardellini, Innamorarsi della Chimica. II parte - Pianificazione e svolgimento dei progetti. *La Chimica nella Scuola*, 42 (1), 27-58, 2020.

L. Seghetti, L. Cardellini, Innamorarsi della Chimica - III parte: Altri cinque progetti. *La Chimica nella Scuola*, 42 (2), 21-43, 2020.

L. Cardellini, L'impatto del progetto PROFILES. Parte 1. Organizzazione e basi teoriche. *La Chimica nella Scuola*, 42 (2), 57-100, 2020.

Bibliografia

1. P. Adey with G. Hewitt, J. Hewitt, N. Landau, *The professional development of teachers: Practice and theory*. Kluwer Academic Publishers: New York, 2004.
2. P. K. Agarwal, P. M. Bain, *Powerful teaching. Unleash the science of learning*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2019.

3. L. Battistini, P. Frattoni, A. Gallina, C. Crosa, N. Guardati, C. Lattanzi, S. Stortini, M. Terzi, K. Palmili, With flying colours. In C. Bolte, F. Rauch (Eds.), *Enhancing inquiry-based science education and teachers' continuous professional development in Europe: Insights and reflections on the PROFILES project and other projects funded by the European Commission* (pp. 154-157). Freie Universität Berlin (Germany) / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (Austria), 2014.
4. D. Bianchini, F. M. Foresi, G. Paccazzocco, C. Principi, L. Cardellini, Altre esperienze dal progetto PROFILES: la chimica in cucina. *La Chimica nella Scuola*, 40 (4), 43-89, 2018.
5. P. C. Brown, H. L. Roediger, M. A. McDaniel, *Make it stick. The science of successful learning*. Harvard University Press: Cambridge, 2014.
6. J. T. Bruer, *Schools for thought. A science of learning in the classroom.* MIT Press: Cambridge, MA, 1993.
7. I. Burić, A. Moè, What makes teachers enthusiastic: The interplay of positive affect, self-efficacy and job satisfaction. *Teaching and Teacher Education*, 89, 103008, 2020.
8. L. Cardellini, An Interview with J. Dudley Herron. *Journal of Chemical Education*, 79 (1), 53-59, 2002.
9. M. T. H. Chi, P. J. Feltovich, R. Glaser, Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5 (2), 121-152, 1981.
10. H. Cooper, Synthesis of research on homework. Grade level has a dramatic influence on homework's effectiveness. *Educational Leadership*, 47 (3), 85-91, 1989.
11. H. Cooper, J. C. Robinson, E. A. Patall, Does homework improve academic achievement? A synthesis of research, 1987-2003. *Review of Educational Research*, 76 (1), 1-62, 2006.
12. L. Corno, Homework is a complicated thing. *Educational Researcher*, 25 (8), 27-30, 1996.
13. A. Coulon, Becoming a member by following the rules. In A.-N. Perret-Clermont, C. Pontecorvo, L. B. Resnick, T. Zittoun, B. Burge (Eds.), *Joining society: Social interaction and learning in adolescence and youth* (pp. 109-116). Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2004.
14. C. H. Crouch, E. Mazur, Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69 (9), 970-977, 2001.
15. T. Ghaye, *Teaching and learning through critical reflective practice. A practical guide for positive action*, 2nd Ed. Routledge: Oxon, UK, 2011.
16. J. K. Gilbert, Foreword. The role of visual representations in the learning and teaching of science: An introduction. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11 (1), 1-19, 2010.

17. A. Grodner, N. G. Rupp, The role of homework in student learning outcomes: Evidence from a field experiment. *The Journal of Economic Education*, 44 (2), 93-109, 2013.
18. J. Hattie, *Visible learning for teachers. Maximizing impact on learning*. Routledge: Oxon, UK, 2012.
19. C. E. Hmelo-Silver, R. Golan Duncan, C. A. Chinn, Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42 (2), 99-107, 2007.
20. L. L. Jacoby, R. A. Bjork, C. M. Kelley, Illusions of comprehension, competence, and remembering. In D. Druckman, R. A. Bjork (Eds.), *Learning, remembering, believing. Enhancing human performance* (pp. 57-80). National Academy Press: Washington, DC, 1994.
21. E. Jung, M. Kim, C. M. Reigeluth, Learning in action: How competent professionals learn. *Performance Improvement Quarterly*, 28 (4), 55-69, 2016.
22. J. D. Karpicke, A. C. Butler, H. L. Roediger, Metacognitive strategies in student learning: Do students practice retrieval when they study on their own? *Memory*, 17 (4), 471-479, 2009.
23. M. M. Keller, A. Woolfolk Hoy, T. Goetz, A. C. Frenzel, Teacher enthusiasm: Reviewing and redefining a complex construct. *Educational Psychology Review*, 28, 743-769, 2016.
24. S. Kim, K. Song, B. Lockee, J. Burton, *Gamification in learning and education. Enjoy learning like gaming*. Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2018.
25. P. A. Kirschner, J. Sweller, R. E. Clark, Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41 (2), 75-86, 2006.
26. A. Kitsantas, B. J. Zimmerman, College students' homework and academic achievement. The mediating role of self-regulatory beliefs. *Metacognition and Learning*, 4 (2), 97-110, (2009).
27. E. Kralovec, J. Buell, End homework now. *Educational Leadership*, 58 (7), 39-42, 2001.
28. J. H. Larkin, understanding, problem representations, and skills in physics. In S. F. Chipman, J. W. Segal, R. Glaser (Eds.), *Thinking and learning skills. Vol. 2: Research and open questions* (141-159). Lawrence Erlbaum: New York, 1985.
29. D. Letterman, Students' perception of homework assignments and what influences their ideas. *Journal of College Teaching & Learning*, 10 (2), 113-122, 2013.
30. R. J. Marzano, D. J. Pickering, J. E. Pollock, *Classroom instruction that works. Research-based strategies for increasing student achievement*. Association for Supervision and Curriculum Development, ASCD: Alexandria, VA, 2001.

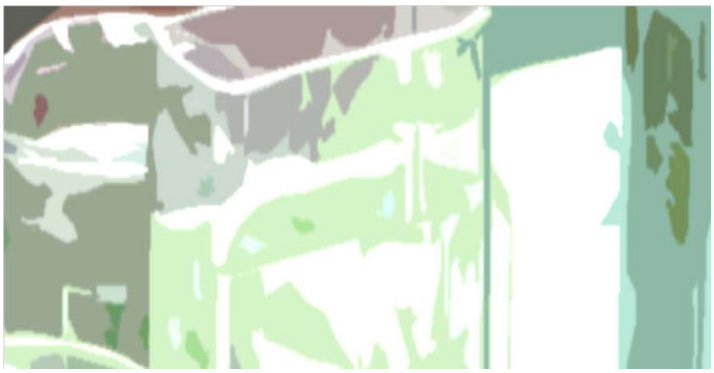
31. R. E. Mayer, Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59 (1), 14-19, 2004.
32. E. Mazur, *Peer instruction. A user's manual*. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, 1997.
33. S. M. McConachie, Disciplinary literacy. A principle-based framework. In S. M. McConachie, A. R. Petrosky (Eds.), *Content matters. A disciplinary literacy approach to improving student learning* (pp. 15-31). Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2010.
34. A. Moè, Emotional contagion in the classroom: How much can a teacher's enthusiasm increase students' achievement motivation? In J. P. Henderson, A. D. Lawrence (Eds.), *Teaching strategies* (pp. 367-376). Nova: New York, 2011.
35. A. Moè, F. Pazzaglia, L. Ronconi, When being able is not enough. The combined value of positive affect and self-efficacy for job satisfaction in teaching. *Teaching and Teacher Education*, 26 (5), 1145-1153, 2010.
36. J. Nakamura, M. Csikszentmihalyi, The Concept of flow. In C. R. Snyder, S. J. Lopez (Eds.), *Handbook of positive psychology* (pp. 89-105). Oxford University Press: New York, 2002.
37. R. Pekrun, L. Linnenbrink-Garcia, Academic emotions and student engagement. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 259-282). Springer: New York, 2012.
38. M. A. Pyc, K. A. Rawson, Testing the retrieval effort hypothesis. Does greater difficulty correctly recalling information lead to higher levels of memory? *Journal of Memory and Language*, 60 (4), 437-447, 2009.
39. A. J. Pohl, Strategies and interventions for promoting cognitive engagement. In A. L. Reschly, A. J. Pohl, S. L. Christenson (Eds.), *Student engagement. Effective academic, behavioral, cognitive, and affective interventions at school* (pp. 253-280). Springer Nature Switzerland: Cham, 2020.
40. R. Ritchhart, *Intellectual character. What it is, why it matters, and how to get it*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2002.
41. R. Ritchhart, M. Church, K. Morrison, *Making thinking visible. How to promote engagement, understanding, and independence for all learners*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2011.
42. H. L. Roediger, J. D. Karpicke, Test enhanced learning. Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, 17 (3), 249-255, 2006.
43. H. L. Roediger, A. L. Putnam, M. A. Smith, Ten benefits of testing and their applications to educational practice. In J. Mestre, B. Ross (Eds.), *Psychology of learning and motivation. Cognition in education* (pp. 1-36). Elsevier: Oxford, 2011.
44. M. S. Smith, E. A. Silver, M. K. Stein, with M. A. Henningsen, M. Boston, *Improving instruction in geometry and measurement. Using cases to transform mathematics teaching and learning*, Vol. 3. Teachers College Press: New York,

2005.
45. J. Solomon, The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23 (1), 1-19, 1994.
46. M. Tschannen-Moran, A. Woolfolk Hoy, Teacher efficacy: capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education*, 17 (7), 783-805, 2001.
47. J. C. Turner, H. Patrick, Motivational influences on student participation in classroom learning activities. *Teachers College Record*, 106 (9), 1759-1785, 2004.
48. B. Tversky, *Mind in motion. How action shapes thought*. Basic Books: New York, 2019.
49. J. H. van Driel, N. Verloop, W. de Vos, Developing Science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (6), 673-695, 1998.
50. D. T. Willingham, *Why don't students like school? A cognitive scientist answers questions about how the mind works and what it means for your classroom*. Jossey-Bass, San Francisco, CA, 2009.
51. R. N. Zare, Visualizing chemistry, *Journal of Chemical Education*, 79 (11), 1290-1291, 2002.

Edizione definitiva

Marzo 2022

PROFILES

Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry Learning and Education through Science

The research leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme under agreement no 266589