



PROFILES



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

Liberato Cardellini (a cura di):

La buona scuola

**Esperienze esemplari di insegnamento
e apprendimento significativo**

**Exemplary Practices for Meaningful
Teaching and Learning**

**Prefazione di
Roald Hoffmann**

<http://www.profiles.univpm.it>



Cardellini, L. (A cura di) (2015). La buona scuola. Esperienze esemplari di insegnamento e apprendimento significativo

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

The research leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme under grant agreement no 266589.



La buona scuola

**Esperienze esemplari di insegnamento
e apprendimento significativo**

**A cura di
Liberato Cardellini**

Coordinatore Italiano del Progetto PROFILES
Università Politecnica della Marche
Via Brezze Bianche, 12 - 60131 Ancona

Edizione provvisoria

Indice

Preface

Roald Hoffmann

Book 1

On Diagnosing and Enhancing Students' Understanding of the Natural World

Yin, Y., Vanides, J., Tomita, M., Shavelson, R.J., & Ruiz-Primo, M. A.

"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

Principi di educazione scientifica nell'infanzia

Anna Rita Benedetti

Degrado e deterioramento ambientale

Graziella Paravizzini

Un'esperienza di apprendimento cooperativo

Valentina Paterna

Dai profumi ai sapori: progettiamo un orto di piante aromatiche

M. Vittoria Carini

L'ideazione delle mappe concettuali per promuovere l'apprendimento significativo: Un'intervista a Joseph D. Novak

Liberato Cardellini

Progetto Marketing: diventiamo imprenditori

Francesca Foresi

Science Education Reform in the United States

Eugene L Chiappetta

FAD: Formazione A Distanza per studenti lavoratori

Francesca Bazzoni, Luciano Scattolini

Esperienze di apprendimento cooperativo

Umberto Mattioli

Episodi di didattica capovolta

Monia Grilli

Gabriele è competente?

Giuseppe Valitutti

Ejemplos para el aprendizaje de la química basado en la indagación con aspectos de la

vida cotidiana

Gabriel Pinto

When is an experiment not an experiment?

Peter E. Childs

A Scientific Approach to the Teaching of Chemistry. Evidence from Research

Norman Reid

Learning a Second Language in a Meaningful Way

Romano Firmani

Scienza e arte: Un laboratorio creativo (La tintura del cavolo)

Battistini Lorenza, Frattoni Pina, Gallina Anna, Celestina Crosa, Guardati Nadia, Lattanzi Cinzia, Stortini Silvia, Terzi Morena, Katuscia Palmili

Fiera della scienza: Matemagica

Teresa Carloni

L'insegnamento della Chimica analitica. Analisi volumetrica

Rosella Cocciaro, Maria Paola Vallesi

Energia è ... intelligenza. La nostra scuola ecocompatibile

Daniela Bianchini

Progetto didattico PBL. Il problema di Giovanni

Francesca Vergine

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

Enrica Miglioli

Programma il Futuro, un'esperienza positiva

Andrea Giannangeli

ValorizziAMOci – Amor sacro Amor profano

Chiara Falessi

La topologia dei nodi. I nodi delle cravatte e il concetto di Limite di funzione

Annamaria Paolucci

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

Mariano Maponi

Insegnare la Matematica in modo efficace

Rosa Pescrilli

Learnig by Doing. Team Work: ITT "Divini" - AM Microsystems

Elena Marini, Lidia Papavero, Matteo Piersantelli, Adolfo Russo

Apprendere per insegnare

Silvana Braccacini

Un possibile percorso didattico "alternativo" sullo studio della pressione

Fabrizio Gentili

Healthy/unhealthy diet

Chiara Campagnoli

Per concludere il percorso in bellezza

Antonio Pistoia

Studio sulle proprietà antiossidanti del tè verde utilizzando la reazione di Briggs-Rauscher

Rocco Lombardo

Adottiamo una diga: quando un progetto diventa realtà

Marina Venturi

Un cantiere chiamato PROFILES

Lucia Caporali

How Teacher Practice can Improve Students' Understanding of Science

Mansoor Niaz

Melting Colours. Una esperienza di didattica integrata della chimica applicata, tra classi e corsi differenti

Sergio Palazzi

I molti aspetti della cooperazione e l'interrogazione cooperativa

Federico Teloni

Book 2

Storia e didattica della matematica: quale rapporto?

Paolo Bussotti

Motivating students for science studies in school

Jack Holbrook, Miia Rannikmae

La Grande Guerra un secolo dopo: una proposta operativa

Diletta Maria Servili

Singolari proprietà del diossido di titanio (TiO₂)

Silvano Fuso

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

Approccio al linguaggio chimico attraverso lo studio di casi. Prima parte

Alfredo Tifi

Approccio al linguaggio chimico attraverso lo studio di casi. Parte II: i protocolli ALCA

Alfredo Tifi

A Consumer Chemistry Case Study to Promote Inquiry-Based Learning

Teresa Celestino, Fabio Marchetti

El vino, vinagre y mosto como recurso didáctico

José Antonio Martínez-Pons

Insegnamento delle scienze ed educazione alla pace. Un'esperienza di cooperazione didattica tra Italia e Bosnia Erzegovina

Marco Falasca, Lejla Tuzla, Uma Avdukić

Laboratorio di arte e mestieri

Paola Vissani

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

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 definire "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 applicazioni 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 ampliamenti 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 $\frac{x}{x}$ 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

$$2y^3 + x^2y - 2cyz + 3yz^2 - z^3 = 0$$

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 con Newton applica questi precetti al problema delle tangenti: supponiamo data l'equazione della curva:

$$t \dot{t} = x \dot{x} + y \dot{y} \quad 1)$$

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

$$\dot{y} = t \dot{v} + v \dot{t} \quad 2)$$

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:

$$t \dot{x} = v \dot{t} \quad 3)$$

Da 2) e 3) segue

$$\dot{y} = t \dot{v} + t \dot{x} \rightarrow \dot{t} = \frac{\dot{y}}{v+x}$$

Perciò da 1):

$$x \dot{x} + y \dot{y} = t \dot{t} = \frac{yt}{v+x} \quad 4)$$

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 essere 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 un 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 risolve 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

Archimede (1974) *Spirali*, in *Opere di Archimede*, a cura di Attilio Frajese, pp 311-386, Torino, UTET.

- Bussotti P. (2012a) Federigo Enriques e la didattica della matematica, in *Euclide. Giornale di matematica per i giovani*. Prima parte febbraio 2012, seconda parte aprile 2012. Sito web: <http://www.euclide-scuola.org/>.
- Bussotti P. (2012b) 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.
- Bussotti P. (2013a) Vittorio Checcucci and his contributions to mathematics education: a historical overview, in *Problems of Education in the 21th Century*, 53, pp. 22-39.
- Bussotti P. (2013b) L'insegnamento della matematica nella scuola secondaria superiore dall'unificazione alla riforma Gentile, in *Annali di storia dell'educazione*, n. 20, pp. 241-264.
- Bussotti P. (2014) 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*, Hradek Králové, Gaudeamus, pp. 29-41.
- Bussotti P. (2015, next) Differential calculus: the use of Newton's *Methodus fluxionum et serierum infinitarum* in an educative context, in *Problems of Education in the 21th Century*, 65, pp. 39-65.
- Enriques F. – Amaldi U. (1903) *Elementi di Geometria ad uso delle scuole secondarie superiori*, Bologna, Zanichelli.
- Enriques F. – Amaldi U. (1989) *Elementi di geometria*. Esercizi aggiornati a cura del Prof. Germano Martellotti, in due volumi, Bologna, Zanichelli.
- Newton I. (1671, 1736). *The method of fluxions and infinite series*, edited by John Colson, London, Henry Woodfall. Versione PDF liberamente scaricabile al sito: <https://archive.org/details/methodoffluxions00newt>.
- Newton I (1746) *Methodus fluxionum et serierum infinitarum*, in *Opuscula mathematica*, I, 29-200, Lausanne et Genevae, Marcum Michaellem Bousquet. Versione PDF liberamente scaricabile al sito: <https://archive.org/details/OpusculaMathematica>.

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.

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:



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).

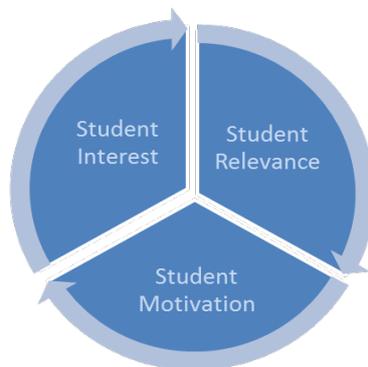


Figure 2. The interrelated interest, relevance, motivation Cycle

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.

Interact/discuss the motivational scenario – students enjoy

Students indicate relevant science already known (prior learning)

Motivationally prepare students to learn new science stemming from the scenario (Students set out to answer - what do we need to learn?).

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.

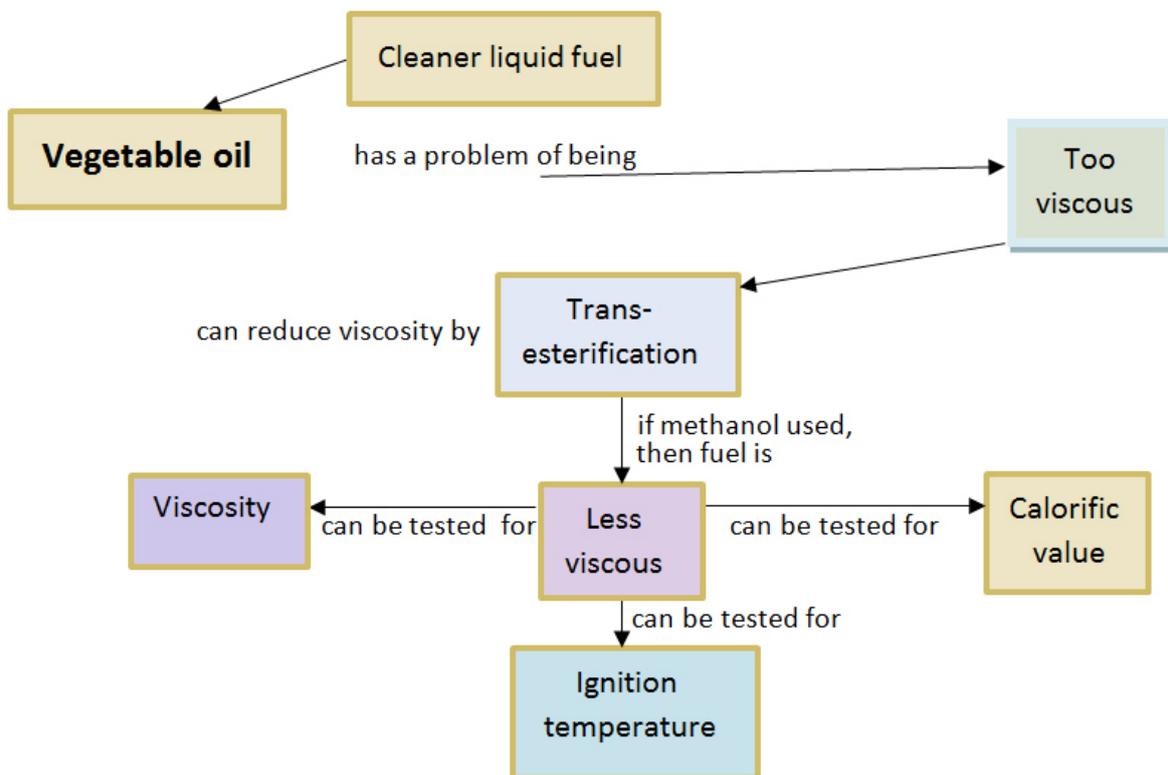
Creating concept maps

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 & 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:

- students being able to **transfer** scientific ideas to a **new, contextual situation**, and
- 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 website www.profiles-project.eu.

References

- Bolte, C., Holbrook, J. Mamlok-Naaman, R. and Rauch, F. (Eds.). (2014). *Science Teachers' Continuous Professional Development in Europe. Case Studies from the PROFILES Project*. University of Klagenfurt.
- Bolte, C. Holbrook, J. & Rauch, F. (Eds.). (2012). *Inquiry-based Science Education in Europe: First Examples and Reflections from the PROFILES project*. University of Klagenfurt,
- European Commission (EC). (2007). *Science Education Now: A renewed pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: Author.
- EACEA/Eurydice, (2002). *Key Competencies: A Developing Concept in General Compulsory Education* (Vol. 5). Ministry of Education.
- EACEA/Eurydice, (2012). *Key Data on Education in Europe 2012*. Brussels: Eurydice.
- Fernandez, C., Holbrook, J., Mamlok-Naaman, R. & Coll, R. K. (2013). How to teach science in emerging and developing environments. In: I. Eilks & A. Hofstein (Eds.). *Teaching Chemistry – A Studybook*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *School Review*, 79(2), 171- 212.
- Hofstein, A., Eilks, I. & Bybee, R. (2011). 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.
- Holbrook, J. & Rannikmäe, M. (2010). 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). Aachen, Germany: Shaker.
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3) 275-288.
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. (2007). The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-1362.
- Novak J. D. & Cañas A. J. (2006), *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.
- Novak J. D. & Gowin D. B. (1984). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press.
- National Research Council. (2012). *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. Washington, DC: The National Academies Press.
- Osborne, J & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical reflections. A Report to the Nuffield Foundation*. London: Nuffield Foundation.
- Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079.

- PROFILES project (2014). Professional Reflection Orient Focus on Inquiry Learning and Education through Science. Access from www.profiles-project.eu.
- Sjöström, J. (2011). Towards Bildung-oriented chemistry education. *Science & Education* online retrieved doi 10.1007/s11191-011-9401-0.
- Smith, C. (2011). Scientific Thinking. ICASE newsletter April 2011. Accessed online: www.icasonline.net/news.html
- Science Education International (SEI) (2014). Special Issue – PROFILES. Access from: www.icasonline.net/seiweb
- Tytler, R. (2007). *Australian education review: Re-imagining science education engaging students in science for Australia's future*. Victoria: ACER Press.
- Van Aalsvoort, J. (2004). 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

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 *Gesamtkunstwerk*, 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] ed 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 *Notturmo*, 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].



Foto 5. Prima pagina del quotidiano progettato dagli studenti del "Divini" e dedicato alla Prima guerra mondiale

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.

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. Servili, D. M. & Maggi, A. (2006). Il *brainstorming* come strumento per risolvere problemi didattici. *Scuola e didattica*, 15, 45-47.
2. Krashen, S. D. (1981). *Second learning acquisition and second language learning*. Oxford: Pergamon.
3. Può essere utile consultare <http://www.webquest.it>
4. Pirandello, L. (2011). *Novelle per un anno: Il viaggio-Candelora-Berecche e la guerra-Una giornata*. Milano: Garzanti. Disponibile anche su http://www.classicaliani.it/pirandel/novelle/novelle_14_Berecche_e_la_guerra.htm
5. De Roberto, F. (2014). *La paura e altri racconti della Grande Guerra*. Roma: e/o. 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. Quaglino, G. P. & Cortese, C. G. (2003). *Gioco di squadra*. Milano: Raffaello Cortina Editore.
9. Il pdf del fascicolo e del giornale sono visibili all'indirizzo <http://divini.gov.it/manifestazioni-per-il-centenario-della-grande-guerra>.
10. Tiriticco, M. (2009). *Le competenze chiave di cittadinanza*. *Rivista dell'istruzione*, 1, 43-49.

Altri utili riferimenti: Metodologia

Cleary, B. A. & Duncan, S. J. (1997). *Tools and techniques to inspire classroom learning*. Milwaukee: ASQ Quality Press.

Decaro, M. A cura di (2011). *Dalla strategia di Lisbona a Europa 2020*. Roma-Ivrea: Fondazione Adriano Olivetti.

Gagné, R. M. (1973). *Le condizioni dell'apprendimento*. Roma: Armando editore.

Gentile, A. (2014). La centralità della motivazione nei processi di apprendimento. *QTimes Webmagazine*, VI, 1, 1-14.

Storia

AA. VV. (2014). *Donne nella grande guerra*. Bologna: Il Mulino.

Cazzullo, A. (2014). *La Guerra dei nostri nonni*. Milano: Mondadori.

Guarracino, S. (2015). 1915-L'intervento italiano nella storiografia. *Per la storia mail*, 71, 4-8.

Papadia, E. (2015). I giovani e la guerra. *Per la storia mail*, 71, 9-12.

Singolari proprietà del diossido di titanio (TiO₂)

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 TiO₂ 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 disinfettante 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 on-line 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].

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 vetri 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.

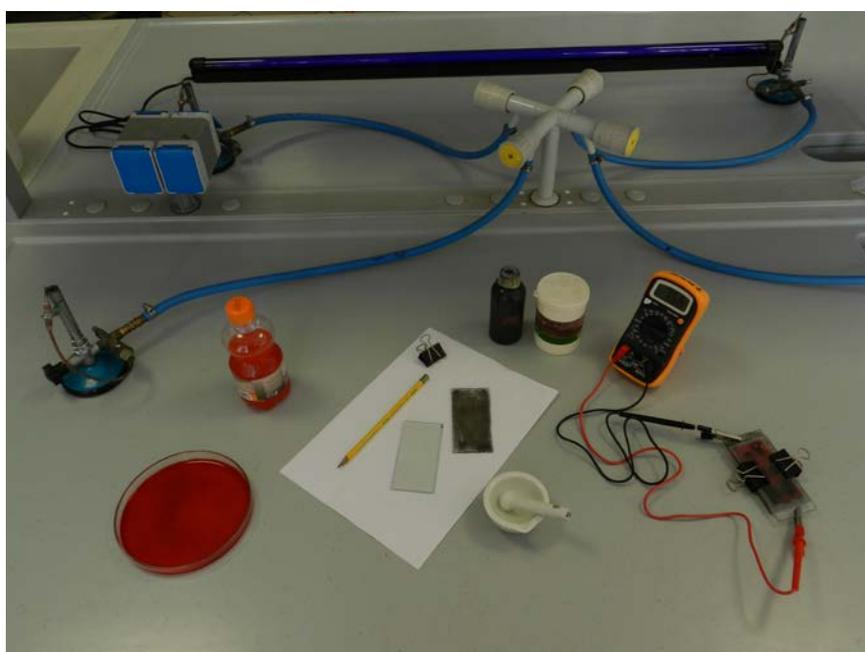


Figura 1. Cella di Grätzel e materiali utilizzati per realizzarla

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 reazioni 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:

<p style="text-align: center;">COLORANTE BLU</p> <p style="text-align: center;">Acqua E131 (colorante) Blu patentato E211 (conservante) Benzoato di sodio E260 (correttore di acidità) acido acetico</p> <p style="text-align: center;">COLORANTE VERDE</p> <p style="text-align: center;">Acqua E104 (colorante) Giallo di chinolina E131 (colorante) Blu patentato E211 (conservante) Benzoato di sodio E260 (correttore di acidità) acido acetico</p>
--

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 (Figure 2 e 3).

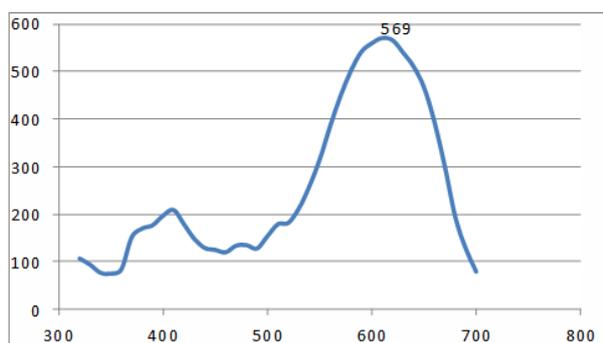


Figura 2. Spettro di assorbimento del colorante blu

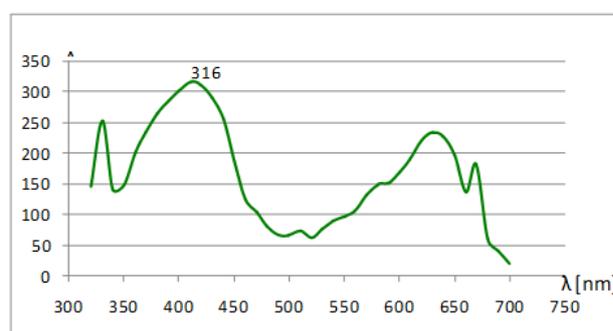


Figura 3. Spettro di assorbimento del colorante verde

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).

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 effettuate con $\lambda=410$ nm per il colorante verde e $\lambda = 610$ 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°	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%	

Tabella 2. Assorbanze e relative riduzioni percentuali a diversi tempi di esposizione e con diverse sorgenti luminose

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 TiO₂ è riuscito a "scolorire" la soluzione

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, dovuto a 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 elevato tempo 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 TiO₂ 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. Wan, H. (2004). *Dye Sensitized Solar Cells*, University of Alabama, Department of Chemistry: http://web.archive.org/web/20060911115045/http://bama.ua.edu/~chem/seminars/student_seminars/fall04/papers-f04/wan-sem.pdf.
2. Gratzel, M. (2001). Photoelectrochemical cells. *Nature*, 414 (6861), 338-344.
3. *Solar energy - Dye-Sensitized Solar Cells*. Conversazione di Michael Grätzel (video): <https://www.youtube.com/watch?v=LYVwJyQBxCM>.
4. Izumi, I., Dunn, W. W., Wilbourn, K.O., Fan, F. R. F. & Bard, A. J. (1980). Heterogeneous photocatalytic oxidation of hydrocarbons on platinized titanium dioxide powders. *Journal of Physical Chemistry*, 84 (24), 3207-3210,
5. Huber, R. et al., (2000). 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.

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 contempi la quale non canti nel suo moto come un angelo ... Tale armonia è nelle anime immortali! Ma finché le nostre sono rinchiusi in questo corruttibile involucro di argilla noi non la possiamo udire." Lorenzo a Gessica nel "Mercante di Venezia" - 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 che 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 nuove 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 Goldberg' 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

- 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 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 ...)

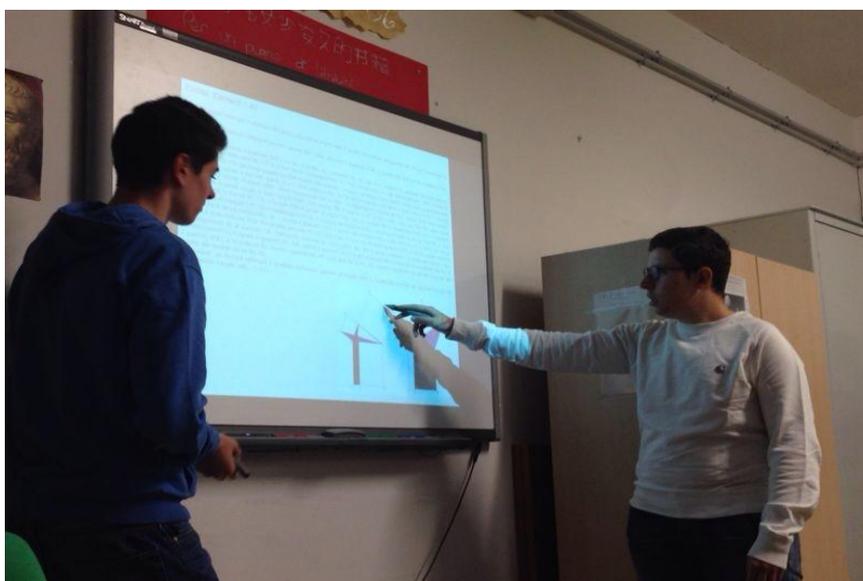


Figura 2. Gli studenti in cattedra spiegano Pitagora

Ringraziamenti

Ringrazio i colleghi del Consiglio di classe che hanno collaborato e collaboreranno ancora con me, il Prof. Cardellini Liberato docente all'Università Politecnica delle Marche e Italian Profiles Coordinator 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

- Cardellini, L. & Felder, R. M. (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.
- Bibby, N. (2006). Tuning and temperament: closing the spiral. In J. Fauvel, R. Flood & R. Wilson (Eds.), *Music and mathematics. From Pythagoras to fractals* (pp. 13-27). New York: Oxford University Press.

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 "presidi" 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 risposte 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 problematizzazioni, 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, diversamente 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, ed 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 filii 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

Donaldson, M. (1993). *Human minds: An exploration*. New York: Penguin.

Donaldson, M. (2012). *Come Ragionano i Bambini*. Milano: Springer.

Vygotskij, L.S. (1992). *Pensiero e linguaggio, a cura di L. Mecacci*. Bari: Laterza.

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 "evolutivi" 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)	7. I gruppi da 4 rispondono alle 'crowbar questions' su

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.	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 min.	8. discussione plenaria – confronto tra le risposte dei gruppi, per evidenziare e risolvere contraddizioni. 20 min.
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 min.
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

Mahn, H. (2015). 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. (Il capitolo nella forma preliminare è disponibile su richiesta all'autore della presente comunicazione).

Tifi, A. (2013). Integrating Collaborative Concept Mapping in Case Based Learning. *Journal for Educators, Teachers and Trainers JETT*, 4 (1); ISSN: 1989-9572, Disponibile online all'indirizzo [http://www.ugr.es/~jett/pdf/vol04\(1\)_13_jett_tifi.pdf](http://www.ugr.es/~jett/pdf/vol04(1)_13_jett_tifi.pdf) (verificato 18-09-2013).

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. Agostino1 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. 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

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.

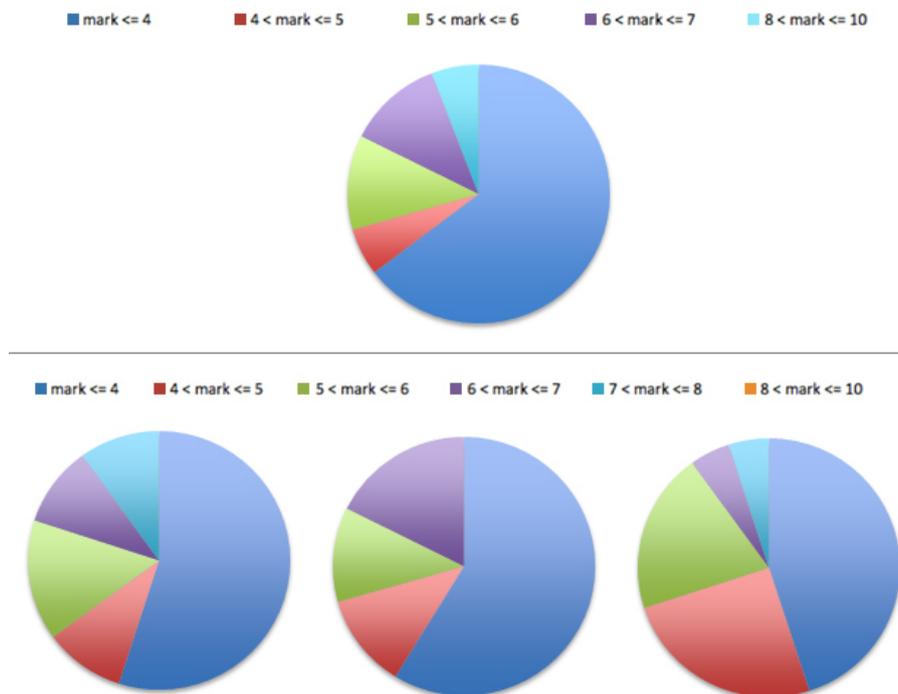


Figure 1. Entrance test results for every class (classes sequence from the top: D-B-E-F)

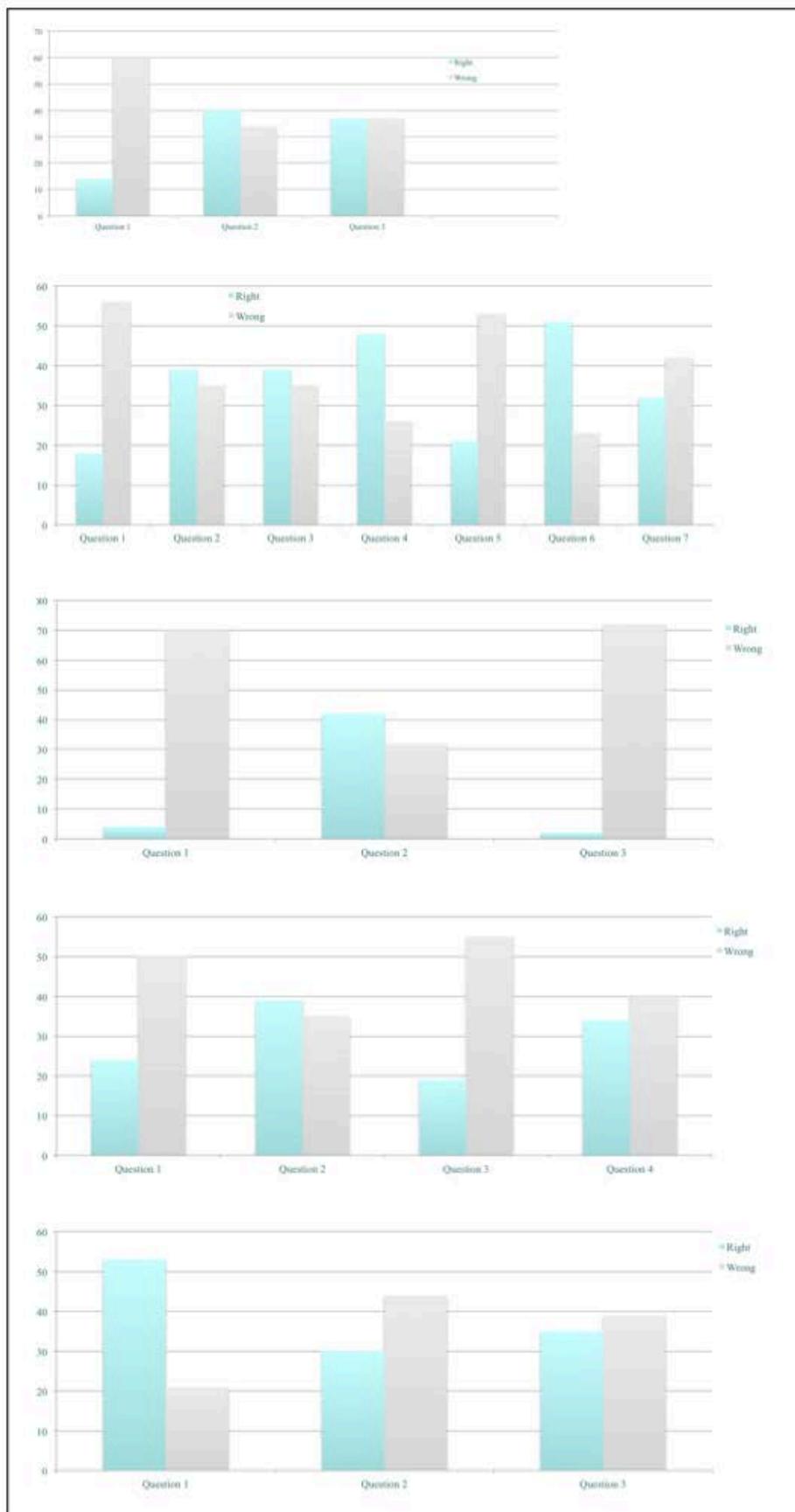


Figure 2. Entrance test results for every type of question (from the top: logic, arithmetic, algebra, experimental data comprehension, diagrams comprehension)

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 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?

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.



Figure 3. Product samples examined: (a) clumping/non-clumping clay litters; (b) biodegradable litters (with and without yeasts); (c) silica gel litters.

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

SAMPLES	PACKAGES INFORMATION
(a) 1	"Composition: Natural clay Humidity: max 11% Density: max 1 g/cm ³ Granulometry: 0.5 – 500 mm Water absorption: min 90%"
(a) 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) % "
(a) 3	"Cat litter perfumed with lavender". <u>No further information is provided.</u>
	VERSION I (clumping clay)
	VERSION II (not clumping clay)

(b)	"Vegetal clumping litter made from plant fibers. Clumps form upon contact with liquids and bond liquids and unpleasant odors. Antibacterial."	"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."
(c)	"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 is 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."	

Table 2. Information provided by different cat litter brands

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.

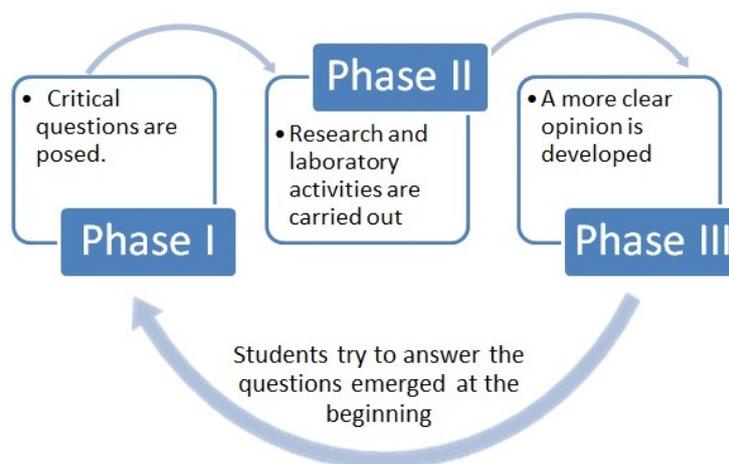


Figure 4. Teaching-learning process plan

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.

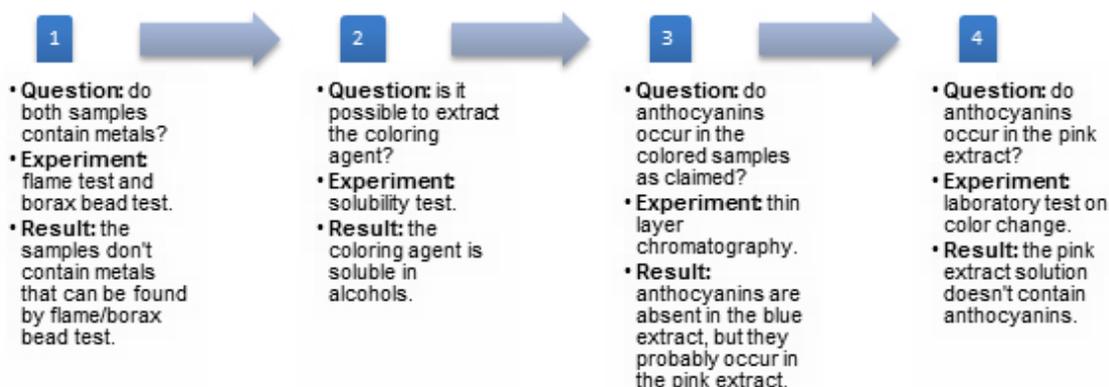


Figure 5. Experimental sequence to verify the anthocyanins presence in the silica gel litters with blue and pink grains

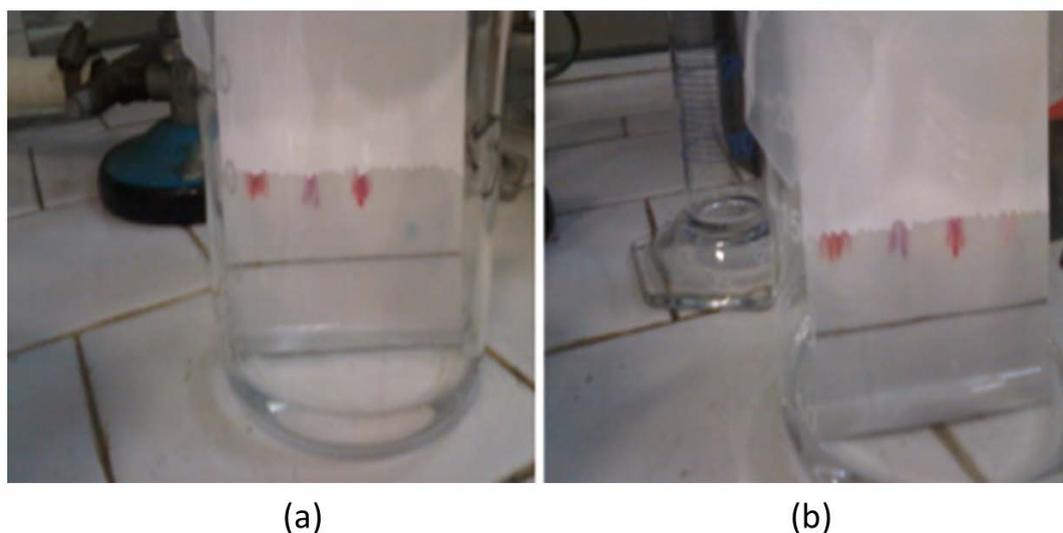


Figure 6. TLC samples (a) from left to right: alcoholic extracts of red chicory, red turnip, bilberry, blue silica gel crystals, and (b) from left to right: alcoholic extracts of red chicory, red turnip, bilberry, pink silica gel crystals

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

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.

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	Green			Green				Orange			
2. Errors and uncertainty	Green			Orange				Green			
3. Homogeneous and heterogeneous materials	Green			Green				Orange			
4. Physical and chemical transformations	Green			Orange				Green			
5. Solutions' properties	Green			Orange				Green			
6. Concentration units	Green			Orange				Green			
7. Solid-liquid extraction	Green			Green				Orange			
8. Chromatography	Green			Orange				Green			
9. Macroscopic metal properties	Green			Orange				Green			
10. Borax bead test	Green			Orange				Green			

Table 3. Final test results

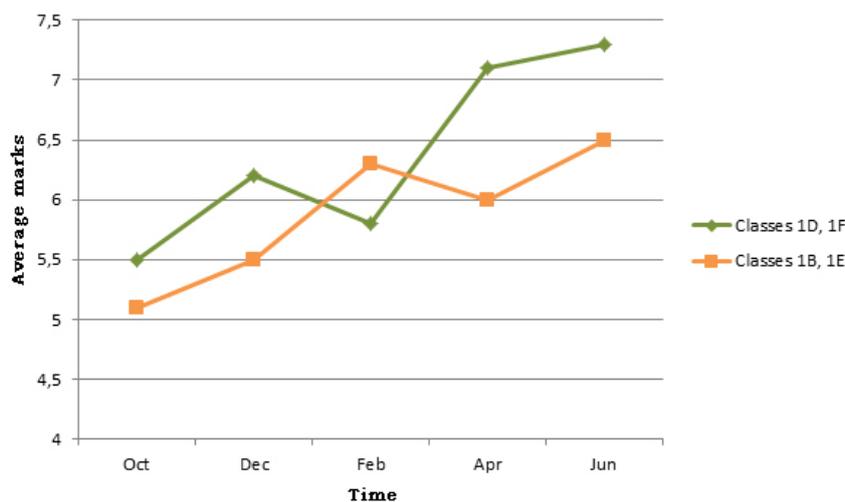


Figure 7. In-class assignment results

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. Michelon, G., Carrozza, M. A., Rodato, S., Zanetti, S., Dal Fiore, F., Brunetta, A., Ceron, A., De Menech, E., Moncada, E., Balducci, C., Casale, M., Strozzi, L., Bioses, M., Apolloni, E., Nogara, C., Scandola, M. & Martini, M. (2004). *Tirocinio e Ricerca nell'indirizzo Scienze Naturali della SSIS Veneto: Biotecnologie in comunicazione*, Lecce: Pensa MultiMedia.

3. Marks, R. & Eilks, I. (2009). 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, 231-245.
4. Wolfram, S. *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. Oloruntegbe, K. O. (2011). 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, 266-271.
6. Celestino, T. & Marchetti, F. (2015). 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, 1359-1363.
7. Yarnell, A. (2004). Kitty litter - Clay, silica, and plant-derived alternatives compete to keep your cat's box clean. *Chemical & Engineering News*, 82, 26.
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. Kessler, J.; Galvan, P.; Boyd, A. M. (2011). *Middle School Chemistry – Big ideas about the very small*, American Chemical Society: Washington, DC. See <http://www.middleschoolchemistry.com/download> (accessed Apr 2015).
10. Bagatti, F., Corradi E. & Desco, A. (2011). *A tutta chimica*, Bologna: Zanichelli.
11. Celestino, T. (2014). Ethical Issues in Chemical Education. Evaluating Daily Life Products. In *Conference proceedings. New perspectives in science education* (pp. 41-45). Padova: Pixel Associazione Culturale; Libreriauniversitaria.it.
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. Bagatti, F.; Corradi E.; Desco, A. (2011). *Scopriamo la chimica*, Zanichelli: Bologna. Students' worksheet available at http://online.scuola.zanichelli.it/scopriamolachimica-files/Laboratorio/Zanichelli_Bagatti_Scopriamo_Cap07_L_Miscibilita.pdf (accessed Apr 2015).
15. Andreoli, K.; Calascibetta, F.; Campanella, L.; Favero, G.; Occhionero, F. (2000). La chimica in un albero - Percorsi didattici basati sulla chimica delle sostanze di origine vegetale. La chimica nella *Scuola*, 2, 40-43. Laboratory experience at www.reocities.com/CollegePark/2716/schede/Esp_1.doc (accessed Apr 2015).
16. Castañeda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernández, M., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A. & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113, 859-871.
17. Chen, L., de Haro Marti, M. E., Moore, A. & Falen, C. *The composting process*, University of Idaho, June 2011. See <http://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/CIS/CIS1179.pdf> (accessed Apr 2015).
18. Noone, K. E., Borchelt, P. L., Rice, C. C., Bressler, C., Morales, J. & Lee, J. J. (2001). 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.
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-particulate-matter.htm> (accessed Apr 2015).

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 currícula 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 advirtiéndoles 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.

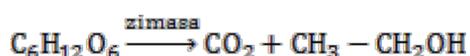
Qué es el vino

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 tienen 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:



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 sustancias, 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.



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 $\rho_{20^\circ\text{C}}$ 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 $d_{20^\circ\text{C}}^{20^\circ\text{C}}$ 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
$\rho_{20^\circ\text{C}}(\text{g/mL})$	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 cm³ 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 $\rho_{20^\circ\text{C}} = \rho_t + c$ donde c es un parámetro correcto en función de la temperatura y que se encuentra tabulado (Garcá Cazorla et al., 2005).



Figura 2a. Densímetro 1,000-1,100. La cuarta cifra se obtiene por interpolación

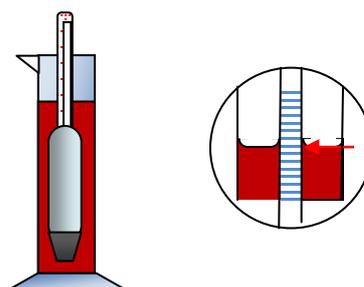


Figura 2b. Uso del densímetro. La lectura por la parte baja del menisco

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).

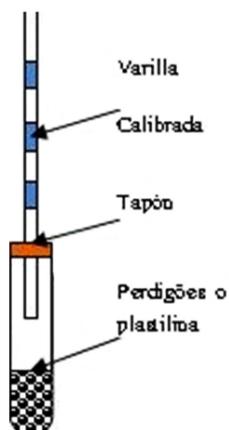


Figura 3a.- Densímetro casero

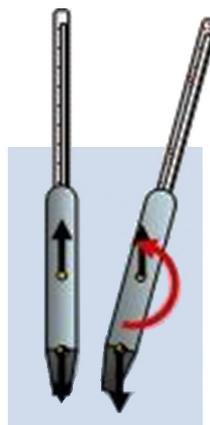


Figura 3b. Se observa que al inclinar el aerómetro aparece un par recuperador

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 su centro de empuje prácticamente tampoco, de modo que se genera un par de fuerzas peso-empuje que tiende a recuperar la posición inicial (Figura 3b) 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 Martínez-Pons (2012) se describe detalladamente el uso del aparato y la construcción del sucedáneo casero.



Figura 4a. El picnómetro en acción



Figura 4b. 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).

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

Válidas para $15 \leq \text{°Brix (mosto)} \leq 25$ 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 Abbé, 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 Snell 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.

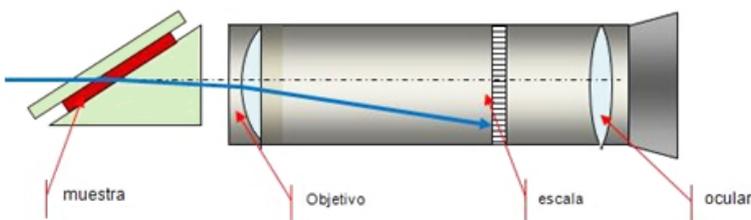


Figura 6a. Esquema del refractómetro de Abbé. El rayo luminoso no está rigurosamente dibujado porque las desviaciones son muy pequeñas pero vienen aumentadas cuando el objetivo proyecta sobre la escala

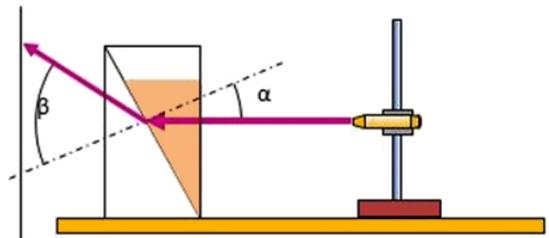


Figura 6b. Esquema del refractómetro

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.

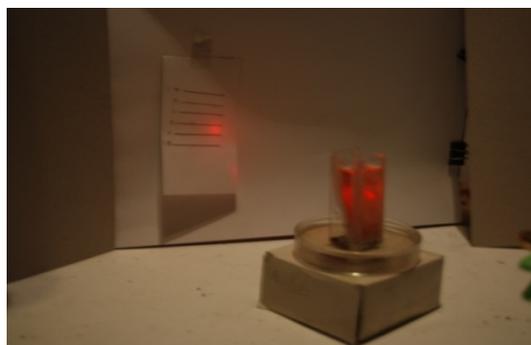


Figura 7. El refractómetro actuando. Por necesidad de la fotografía se ha puesto la pantalla muy cerca, conviene una distancia mínima de 1 metro

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.

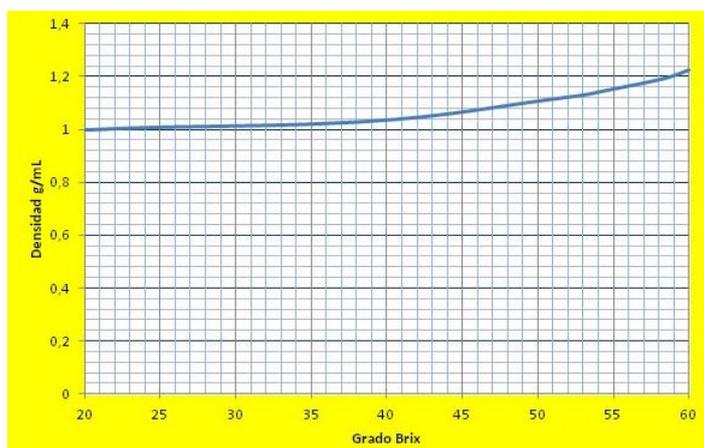


Figura 8. Masa volúmica frente a grado Brix

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.

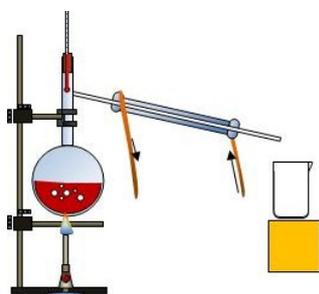


Figura 9. Destilador de laboratorio y alambique

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.

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 $78,5^{\circ}\text{C}$, 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 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 diferentes 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. Se define 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].

Tabla 2. Valores de referencia de acidez		
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

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

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

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 los enzimas generados por un hongo, el *Mycoderma aceti* según la reacción global



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 ácido 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.



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

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

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

También es un buen ejercicio deducir la fórmula. La legislación establece para el vinagre de uso alimentario $\text{GA} \leq 6\%$ ($\text{pH} \cong 2,4$) y para uso industrial $8\% \leq \text{GA} \leq 11\%$ aproximadamente equivalente a $2,2 \leq \text{pH} \leq 2,3$.

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 ambos 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 Reynolds (Re), por Osborne Reynolds (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, ($Re = \frac{uD\rho}{\mu}$) 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 13a. Material necesario



Figura 13b. Colocación de los vasos



Figura 13c. 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

Una propiedad que presentan los líquidos es la llamada tensión superficial que puede resumirse como la cohesión que presentan las moléculas superficiales de un líquido. Gracias a la tensión superficial es posible que ciertos insectos puedan desplazarse 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 nulo 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 compensando el peso de la gota con el empuje arquimediano, para ello deberá depositarse la gota en un líquido 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 está logrado y se observará la forma (Figuras 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.

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 a y b)



Figura 14a. La gota de aceite tiene forma aparente de elipsoide



Figura 14b. Vista desde encima es perfectamente esférica



Figura 14c. Unas gotas de detergente deshacen la gota en gotas más pequeñas

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").

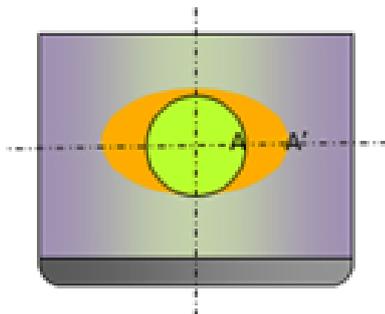


Figura 15a. Vista frontal

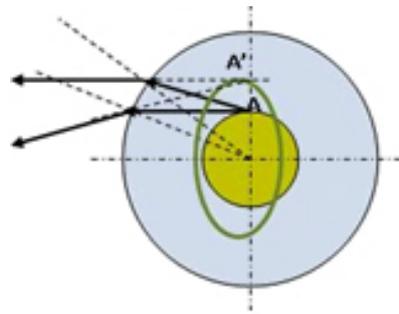


Figura 15b. Esquema de los rayos, el punto A se desplaza a A' . El dibujo no está a escala rigurosa

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).

Vino con sorprendente color rojo granatado 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

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) 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.

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 diferentes productos, en este caso, vinos y vinagres. De modo colateral se han presentado algunas experiencias que pueden ayudar a comprender fenómenos de óptica o mecánica.

Nota

A lo largo de este trabajo se han nombrado las sustancias 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

- Leuthard, F., Eldbacher, S. (1962). *Tratado de química fisiológica*. Madrid: Aguilar.
- Ferreira, V.; López, R.; Aznar, M. (2001). *Olfactometry and Aroma Extract Dilution Analysis of Wines*. En J. Jackson, (Ed.), *Analysis of Taste and Aroma*. (pp. 89-122). Berlin: Springer Verlag.
- Finar, I. L. (1980). *Química Orgánica*. Tomo 2. Madrid: Editorial Alhambra.
- García Cazorla, J.; Xirau Vayrea, M.; Azorín Romero, R. (2005). *Técnicas usuales de análisis en enología*. Barcelona: Panreac.
- Juárez, M.; Olano, A. (2005). Introducción . en Alimentos Funcionales. *FECYT (Madrid)*, 7-9.
- Martínez Pons, J. A. (2009). La preparación de la mermelada como recurso didáctico. *Anales de Química*. 105 (1), 221-226.
- Martínez Pons, J. A. (2012). La corona de Gerión y el Eureka de Arquímedes. *Anales de Química*, 109, 119-125.
- Nicholas, Kimberly A. (2015). ¿Cómo afecta el cambio climático a los vinos?. *Investigación y Ciencia*, 466, 40-49.
- Saura-Calixto, F.; Goñi, I. (2005). Fibra dietética y antioxidantes en la dieta española y en alimentos funcionales. en Alimentos Funcionales. *FECYT (Madrid)*, 167-169.
- Zamora Marín, F. (2015). ¿Cómo afecta el cambio climático a los vinos?. *Investigación y Ciencia*, 466, 46-47.

Insegnamento delle scienze ed educazione alla pace. Un'esperienza di cooperazione didattica tra Italia e Bosnia Erzegovina

Marco Falasca¹, Lejla Tuzlak², Uma Avdukic³

¹Autore e formatore INDIRE, Torino; ²RE.TE ONG, Sarajevo, BiH; ³Liceo della città di Breza, BiH
e-mail: ¹marco.fala@libero.it; ²lejlatuzlak1973@gmail.com; ³umadinar@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 della 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 curriculum 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 via più elevati di generalizzazione e astrazione.

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.

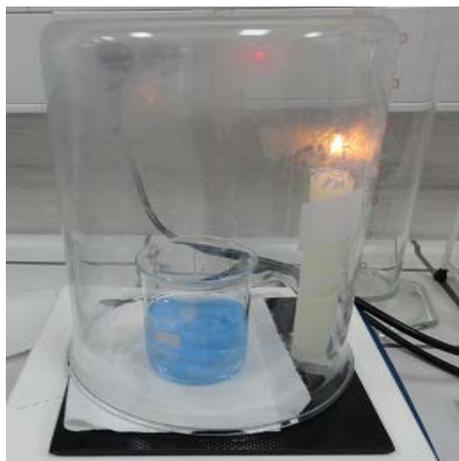


Figura 1. Come spieghiamo le trasformazioni che si osservano: spegnimento candela, cambiamento di colore, goccioline che si formano sulla parete interna del becher? Breza, marzo 2013

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 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)

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.



Figura 4. Il libro *Rieci Nauke* realizzato e usato nell'attività del laboratorio di Breza

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)

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 6. Formazione delle maestre, alla cui conclusione è stato consegnato un attestato del Ministero bosniaco da inserire nel curriculum individuale



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 fenomeno"

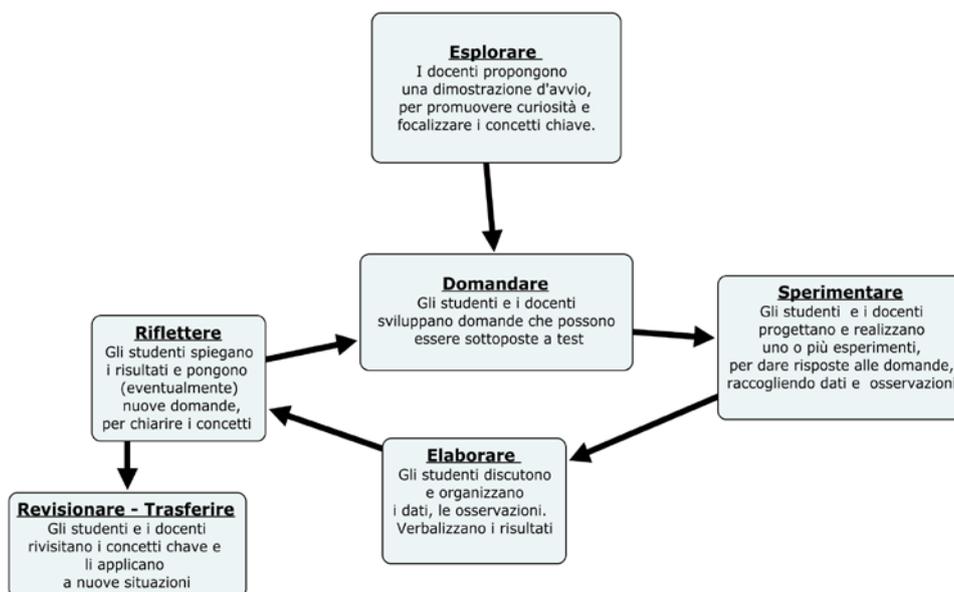


L'attività sperimentale aiuta gli studenti a connettere i due domini, attraverso un ciclo di apprendimento adeguato

Esempio di attività d'investigazione sperimentale

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 [$d = \text{massa (g)} / \text{volume (cm}^3 \text{ o mL)}$]. 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



Figura 8. Esperimento investigativo di un sistema acqua-olio-ghiaccio in interazione, proposto a classi di scuola primaria, in presenza con i docenti



Figura 9. Esperimento investigativo su i moti convettivi, proposto a classi di scuola primaria, in presenza con i docenti



Figure 10. Esperimenti investigativi sulla combustione della candela, proposti a classi ragazzi del Liceo di Breza (marzo 2013) con le modalità di Michael Faraday

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.



Figura 11. Le cellule si muovono? (allievi di quinta primaria)

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.

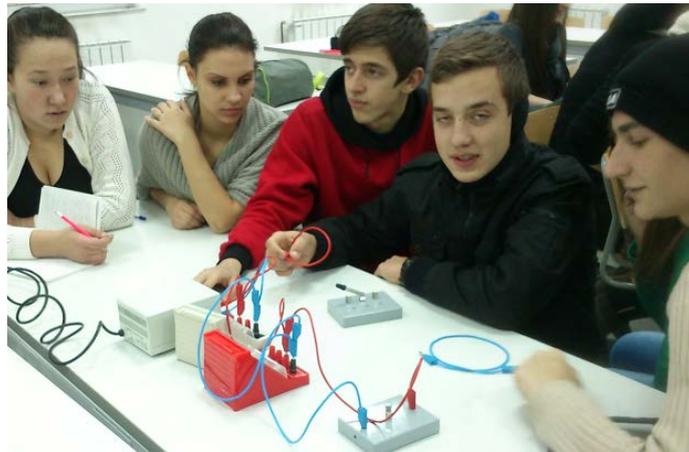


Figura 12. Alcuni studenti di una classe che fa attività sui circuiti elettrici. La loro prof.ssa cerca di far emergere le misconcezioni e di correggerle

Conclusioni

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 e'*

riuscito a cambiare un modo di pensare, a rompere i gusci di paura collegati alle cose nuove, innovative, che spesso ci bloccano.



Figura 13. Spettacolo conclusivo "Magie delle Scienze" e saluto finale del 8 aprile 2014

Bibliografia

- Abd-El-Khalick, F.; Lederman, N. G. (2000). Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: A Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, 22(9), 665-701.
- Callan, E., Grotzer, T., Kagan, J., Nisbett, R. E., Perkins, D. N. & Shulman, L. S. (2009). *Education and a Civil Society: Teaching Evidence-Based Decision Making*. Cambridge, MA: American Academy of Arts and Sciences.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (Eds.), (1985). *Children's Ideas in Science*. Philadelphia: Open University Press.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Freire, P. (2002). *Pedagogia dell'autonomia*. Torino: Edizioni Gruppo Abele.
- Grotzer, T. A. (2002). *Causal Patterns in Ecosystems: Lessons to Infuse into Ecosystems Units*. Cambridge, MA: Project Zero, Harvard Graduate School of Education.
- Grotzer, T. A. (2003). Learning to understand the forms of causality implicit in scientific explanations. *Studies in Science Education*, 39, 1-74.
- Grotzer, T. A. (2004, October). Putting science within reach: Addressing patterns of thinking that limit science learning. *Principal Leadership*, 17-21.
- Hoffmann, R. & Torrence, V. (1995). *Chemistry Imagined: Reflections on Science*. Washington, D.C.: Smithsonian.
- Lerman, Z. M. (2009). 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). New York: Springer.
- Lévy, P. (1999). *L'intelligenza collettiva. Per un'antropologia del cyberspazio*. Milano: Feltrinelli.
- Stephens, J. C.; Hernandez, M. E.; Román, M.; Graham, A. C.; Scholz, R. W. (2008). Higher Education as a Change Agent for Sustainability in Different Cultures and Contexts. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9 (3), 317-338.
- Wenger, E. (2006). *Comunità di pratica. Apprendimento, significato e identità*, Milano: Cortina Editore.

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 alle 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 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 dividevano 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; e 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, 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. E' bello guadagnare dei soldi con il proprio lavoro"- Paolo.



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

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.

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 riflessioni 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



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

"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" – Mattihas

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 licetti; 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 tranne 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]:

- Fusò: "è un oggetto antichissimo usato per la filatura a mano". Modi di dire: "dritto come un fusò" si dice di chi ha un portamento ben eretto; "fare le fusa" è il caratteristico ronfare del gatto assimilato al rumore del fusò che ruota.
- Filarello o arcolaio "è uno strumento in legno, fornito da 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", "telaiò", "conocchia", "fusò", "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 licetti 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 gomitolino 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 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 scritte 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 è 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]

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. Tutti 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.



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



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