

# **Innamorarsi della Chimica. 2 parte - I progetti: Arancio biondo del Piceno e Birra**

Leonardo Seghetti<sup>1</sup>, Liberato Cardellini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>I.I.S. Celso Ulpiani, Ascoli Piceno, leonardo.seghetti@tin.it

<sup>2</sup>Università Politecnica delle Marche, Ancona.

## **Riassunto**

*Coinvolgere e interessare gli studenti di oggi in ciò che riteniamo importante che essi apprendano richiede un impegno maggiore da parte degli insegnanti. L'integrazione della conoscenza, le abilità nel problem solving, l'apprendimento significativo dei concetti fondanti, il coinvolgimento fattivo nei gruppi cooperativi sono aspetti qualificanti dell'insegnamento di qualità che vanno proposti e richiesti come un processo di crescita durante l'anno scolastico.*

*Con l'idea di interessare il maggior numero di studenti e di coinvolgere anche gli studenti che trovano difficoltà con la chimica, sono stati proposti sette progetti di varia difficoltà e impegno differenziati. I progetti sono stati scelti in modo che gli studenti applicassero i concetti del corso di chimica in nuovi contesti e affrontassero le problematiche coinvolte in nuove operazioni e pratiche di laboratorio.*

*Gli studenti hanno lavorato al di fuori della scuola per ricostruire i riferimenti storici e le notizie interessanti dei progetti e affrontato situazioni non familiari nel metterli in pratica. Hanno superato le difficoltà discutendo nei gruppi e coinvolgendo altre competenze, come l'insegnante e i tecnici del laboratorio, il personale della cucina, i responsabili della cantina e i tecnici del laboratorio di informatica. Il lavoro fatto nella produzione dei prodotti è stato presentato nell'evento chiamato "la festa di primavera", in modo che tutti gli studenti dei corsi siano informati dei processi utilizzati.*

*La progettazione delle esperienze è stata fatta in modo da valorizzare alcuni prodotti particolari del territorio con l'idea di offrire spunti agli studenti per attività imprenditoriali future. La disponibilità e il prestigio dell'insegnante hanno reso il corso importante anche per i genitori e un'esperienza piacevole e coinvolgente per gli studenti, che con il loro impegno l'hanno trasformata in un successo, evidenziato anche nella loro valutazione.*

## **Abstract**

*Engaging and involving today's students in what we think is important for them to learn requires a bigger commitment from teachers. Integration of knowledge, problem solving skills, meaningful learning of the basic con-*

*cepts, active involvement in cooperative groups are qualifying aspects of quality teaching that must be proposed and requested as a growth process during the school year.*

*With the idea of interesting as many students as possible, and also involving students who find it difficult to learn chemistry, seven projects of varying difficulty and differentiated commitment have been proposed. The projects were chosen so that students applied the concepts of the chemistry course in new contexts and addressed the problems involved in new laboratory operations and practices.*

*The students worked outside the school to reconstruct the historical references and interesting news of the projects and faced unfamiliar situations in putting them into practice. They overcame the difficulties by discussing in the groups and involving other skills, such as the laboratory teacher and technicians, the kitchen staff, the managers of the cellar and the technicians of the computer lab. The work done in the products' production was presented in the event called "the spring festival", so that all students of the courses are informed of the processes used.*

*The planning of the experiences was made in order to enhance some products of the territory with the idea of offering suggestions to the students for future business activities. The availability and prestige of the teacher have made the course also important for parents and a pleasant and engaging experience for students, who with their commitment have made it a success, also highlighted in their course's assessment.*

### **Coinvolgere gli studenti**

Gli studenti sono abituati ad usare lo smartphone per soddisfare i loro interessi: insegnare nel solito modo gli argomenti di chimica che il programma prevede e sperare di entusiasmarli è un compito arduo. Come è stato osservato, "Education has not caught up with this new generation of tech-savvy children and teens. It is not that they don't want to learn. They just learn differently. Gone are the days when students would sit quietly in class, reading a book or doing a math worksheet. Literally, their minds have changed-they have been "rewired." With all the technology that they consume, they *need more* from education. The educational content is not the problem. It is the delivery method and the setting." (Rosen, Carrier, Cheever, 2010, p. 3)

Molti studi hanno messo in evidenza ciò che noi insegnanti spesso constatiamo; ovvero, come la conoscenza degli studenti sia spesso frammentata e i concetti siano insufficientemente connessi. (Johnstone, Moynihan, 1985) Per formare studenti che possano affrontare situazioni cognitive complesse, sono richieste molte abilità e tra queste è importante l'integrazione delle conoscenze. Per il problem solving, sono necessarie "a bundle of skills,

knowledge and abilities that are required to deal effectively with complex non-routine situations in different domains. This includes cognitive aspects of problem solving, such as causal reasoning, model building, rule induction, and information integration.” (Funke, Fischer, Holt, 2018, p. 41)

Ma come si può facilitare l'integrazione della conoscenza? Certamente sono utili gli strumenti che permettono la strutturazione della conoscenza, come le mappe concettuali, le mappe mentali e i riassunti argomentati. In letteratura è stato proposto un metodo diverso di organizzare l'istruzione; un approccio didattico che facilita l'integrazione della conoscenza. “instruction should be designed using a knowledge integration approach that involves building on personal ideas, using evidence to distinguish alternatives, and reflecting on alternative accounts of scientific phenomena.” (Linn, Eylon, 2011, p. 4)

L'integrazione della conoscenza richiede un impegno da parte dell'insegnante nell'aiutare la costruzione nella mente degli studenti della rete di connessioni tra i concetti, attraverso relazioni, idee o altri concetti. Altrimenti si ha una conoscenza disconnessa, ove le nuove idee vengono memorizzate come nozioni isolate e non collegate al resto della conoscenza e presto dimenticate. Ci si riferisce “to the process of making sense of science that includes adding new ideas to the mix of view about a topic, linking and connecting new and existing ideas, sorting out the ideas available, reflecting on the ideas while solving problems, and restructuring views to achieve more coherence.” (Linn, Hsi, 2000, p. 362) La normale lezione non è sufficiente per raggiungere questo risultato, perché facilita un impegno mentale passivo. Il materiale didattico dovrebbe essere progettato secondo questi principi: make science accessible; make thinking visible; help students learn from others; and promote autonomy. (Linn, Eylon, 2011, pp. 109-115)

Coinvolgere gli studenti in qualche breve attività durante una lezione è un modo efficace per mantenere alta l'attenzione. Il lavoro di gruppo non può essere improvvisato, ma va costruito lentamente, per far abituare gli studenti al nuovo modo di interagire e responsabilizzandoli, secondo il metodo dell'apprendimento cooperativo. (Cardellini, Felder, 1999) Anche l'insegnante privo di esperienza dovrebbe utilizzare il metodo a piccoli passi, ma senza tentennare, perché provvisto della necessaria preparazione teorica. Con l'esperienza, il porre domande agli studenti durante la spiegazione e il proporre brevi lavori cooperativi diverrà il modo normale di insegnare.

L'uso del metodo richiede uno sforzo per essere padroneggiato, sforzo che verrà ampiamente giustificato dai risultati didattici positivi, come la crescita umana e cognitiva degli studenti, come è risultato in molti studi. “The use of small group work is posited to have a number of advantages over individual practice. The main benefit of small group work seems to lie in the cooperati-

ve aspects that it can help to foster. One advantage of this lies in the contribution that this method can make to the development of pupils' social skills. Working with other pupils may help them to develop their empathic abilities by allowing them to see others' viewpoints, which can help them to realise that everyone has strengths and weaknesses. Trying to find a solution to a problem in a group also develops skills such as the need to accommodate others' views. Pupils can provide each other with scaffolding in the same way as can the teacher during questioning.” (Muijs, Reynolds, Kyriakides, 2016, p. 107)

Molti studenti, ma non tutti, partecipano volentieri al lavorare in gruppo. Per evitare esperienze negative, gli studenti dovrebbero venire abituati a poco a poco a questo modo di apprendere e interagire. Il dialogo che ha luogo nei gruppi è utile da diversi punti di vista, sia per costruire i rapporti e facilitare la comunicazione sociale che contribuire alla comprensione dei concetti e a ricostruire la conoscenza: “individuals negotiate meanings and construct knowledge jointly, gradually increasing their intersubjectivity. ... in a process that facilitates the appropriation of diverse cultural artefacts and practices by individuals. Likewise, social communication is gradually reconstructed as internal speech or “voices of the mind”, contributing significantly to reasoning, problem solving, knowledge construction, and self-regulation, among other important psychological functions.” (Rojas-Drummond, Gómez, Vélez, 2008, p. 320) Molti studenti, ma non tutti, traggono dei vantaggi dal lavoro cooperativo nei gruppi, sia vantaggi cognitivi che arricchimento umano.

Sentito di dover ringraziare il mio professore, non solo per quello che mi ha fatto imparare, ma anche perché mi ha permesso di fare amicizia con molte persone del mio corso! La strategia dei gruppi è senza dubbio VINCENTE (!!!) sia al livello umano che, (perché no!) didattico!

**Figura 1.** Giudizio di una studentessa sul lavoro di gruppo.

Il lavoro cooperativo a casa come in aula è utile in molti contesti educativi, sia per brevi esercizi che per lavori impegnativi; dal rispondere ad una certa domanda, all'argomentare una affermazione, al costruire una mappa concettuale, al risolvere un problema o al pianificare una analisi in laboratorio. In tutte le situazioni, il tempo concesso è tale che non ci siano sprechi. Ad esempio, nel problem solving, invece di spiegare come risolvere un problema, possiamo chiedere di farlo ai nostri studenti. Durante la spiegazione dell'argomento 'la mole', si potrebbe proporre il seguente problema: *Si considerino 10,00 g di ammoniaca. Calcolare a quante mole-*

cole di azoto e di idrogeno equivale l'azoto e l'idrogeno contenuti nella campione. In Figura 2 è riportata la soluzione consegnata da uno dei gruppi di un corso di chimica di studenti iscritti al primo anno in una Facoltà di Ingegneria.

La soluzione si presta ad alcune considerazioni. Viene riportata la rappresentazione dell'ammoniaca, ma non quella dell'azoto e dell'idrogeno; sono riportate alcune unità di misura, ma non i fattori di conversione, oggetto della spiegazione durante la stessa lezione. Usando tutte le unità di misura e il metodo suggerito agli studenti, il calcolo delle molecole di azoto e idrogeno svolto nel seguente modo:

Fattore di conversione:  $1 \text{ mol NH}_3 \equiv 6,022 \times 10^{23} \text{ molecole NH}_3$   
 $(0,587 \text{ mol NH}_3) \times (6,022 \times 10^{23} \text{ molecole NH}_3/\text{mol NH}_3) = 3,54 \times 10^{23} \text{ molecole NH}_3$

Fattore di conversione:  $1 \text{ molecola NH}_3 \equiv 1 \text{ atomo N}$   
 $(3,54 \times 10^{23} \text{ molecole NH}_3) \times (1 \text{ atomo N}/1 \text{ molecola NH}_3) = 3,54 \times 10^{23} \text{ atomi N}$

Fattore di conversione:  $2 \text{ atomi N} \equiv 1 \text{ molecola N}_2$   
 $(3,54 \times 10^{23} \text{ atomi N}) \times (1 \text{ molecola N}_2/2 \text{ atomi N}) = 1,77 \times 10^{23} \text{ molecole N}_2$

Fattore di conversione:  $1 \text{ molecola NH}_3 \equiv 1 \text{ atomo N} \equiv 3 \text{ atomi H}$   
 $(3,54 \times 10^{23} \text{ atomi N}) \times (3 \text{ atomi H}/1 \text{ atomo N}) = 1,06 \times 10^{24} \text{ atomi H}$

Fattore di conversione:  $2 \text{ atomi H} \equiv 1 \text{ molecola H}_2$   
 $(1,06 \times 10^{24} \text{ atomi H}) \times (1 \text{ molecola H}_2/2 \text{ atomi H}) = 5,30 \times 10^{23} \text{ molecole H}_2$

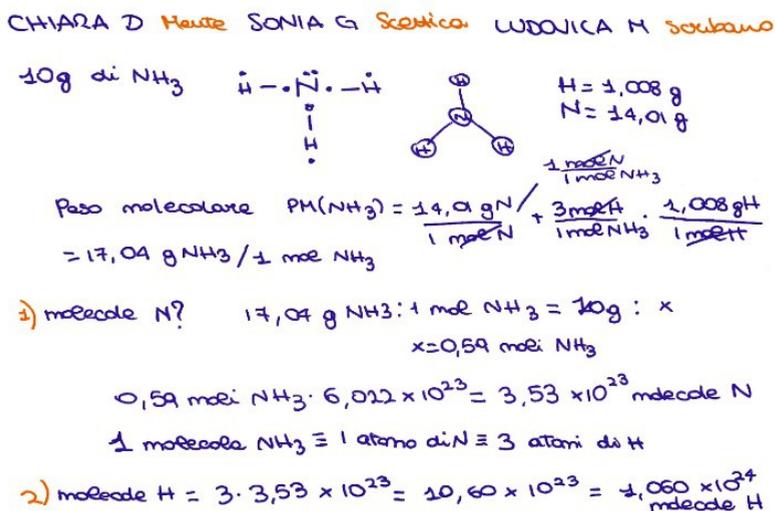


Figura 2. Calcolo del numero di molecole di azoto e di idrogeno.

L'errore nella soluzione evidenzia la necessità della correzione del lavoro di gruppo alla lavagna. Allo scadere del tempo assegnato le soluzioni sviluppate dai vari gruppi sono state raccolte, ed è stato invitato alla lavagna lo scettico di un gruppo scelto a caso. Il problema è stato risolto, usando le corrette rappresentazioni, discutendo e illustrando i passaggi e chiedendo ad alcuni studenti del corso di argomentare la correttezza dei fattori di conversione utilizzati. Questo modo di procedere richiede un tempo maggiore della soluzione svolta dall'insegnante, ma ha il vantaggio di rendere più comprensibile agli studenti il processo logico della soluzione. Se gli studenti comprendono il motivo e la natura dei loro errori, la probabilità che l'errore si ripeta diminuisce drasticamente.

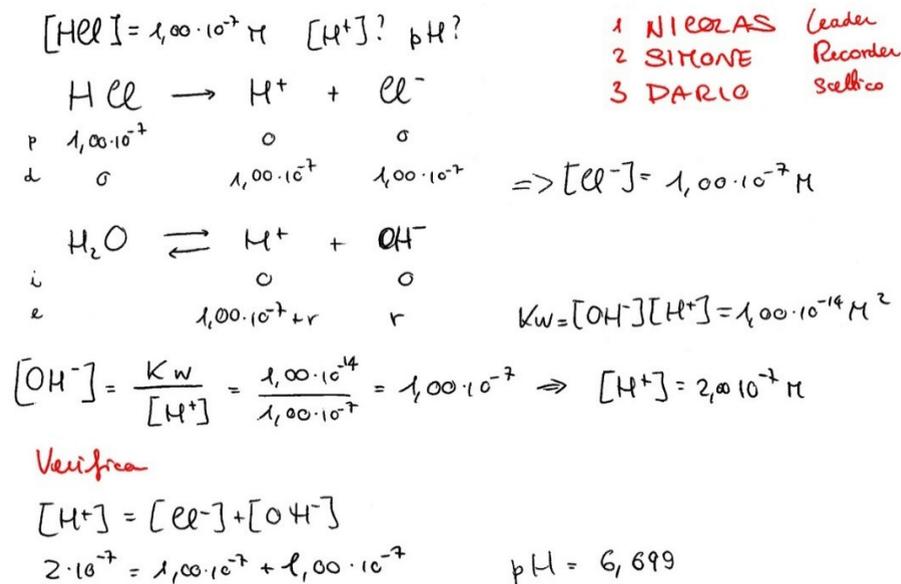
Dalla soluzione riportata in Figura 2 sembrerebbe che alcuni studenti non conoscano la differenza tra atomo e molecola, ma non è così. Sanno che idrogeno e azoto hanno molecole biatomiche: con 'molecole N' e 'molecole H' forse si intendeva riportare 'molecole di azoto' e 'molecole di idrogeno'. L'errore nella soluzione è da imputare al fenomeno del choking: ovvero, sotto pressione questi studenti hanno avuto prestazioni peggiori del previsto. (Beilock, 2010) L'attenzione era altrove focalizzata; probabilmente in questo caso sulle relazioni stechiometriche derivanti dalla formula  $\text{NH}_3$ .

Tra i molti vantaggi del metodo cooperativo riportati in moltissimi studi, c'è quello della sua duttilità. Può essere utilizzato in compiti complessi a patto che gli studenti abbiano fatto esperienza col metodo e siano già abituati a lavorare rivestendo dei ruoli; il successo di queste esperienze richiede una severa scansione del tempo da parte dell'insegnante e l'utilizzo dei ruoli. È buona norma nei compiti complessi richiedere il cambiamento dei ruoli dopo un certo tempo. In un corso nel 2010 è stato tentato un esperimento che consisteva nel proporre un problema che per la sua soluzione richiedeva un ragionamento più sofisticato e non ancora spiegato. In questo modo gli studenti in qualche modo dovrebbero compiere operazioni cognitive in ciò che Lev Vygotsky ha definito zona di sviluppo prossimale: "It is the distance between the actual developmental level as determined by independent problem solving and the level of potential development as determined through problem solving under adult guidance or in collaboration with more capable peers." (Vygotsky, 1978, p. 78)

Il corso era stato svolto per più di due terzi e gli studenti avevano eseguito molto lavoro nei gruppi ragionando sul problem solving; veniva trattato l'argomento degli equilibri ionici, in particolare il calcolo del pH di acidi e basi. Agli studenti era stata spiegata la teoria, ovvero la ionizzazione dell'acqua e degli acidi forti, il concetto di equilibrio chimico, la ionizzazione degli acidi deboli<sup>1</sup>. Avevano svolto un certo numero di esercizi sul calcolo del pH, utilizzando dei ragionamenti chimici e conoscevano i metodi di verifica. (Cardellini, 2001) L'esperimento è stato introdotto con dei problemi che ri-

guardavano il calcolo del pH in soluzioni di HCl  $10^{-3}$ ,  $10^{-5}$  e  $10^{-7}$  M e i risultati sono stati 3, 5 e 7, rispettivamente. Nella successiva discussione si è fatto notare che in una soluzione acida,  $[H^+]$  è sempre maggiore di  $[OH^-]$  e il pH deve risultare minore di 7. Per soluzioni molto diluite la ionizzazione dell'acqua pesa numericamente.

Agli studenti organizzati nei gruppi cooperativi è stato poi chiesto di risolvere il problema: *Calcolare la concentrazione  $H^+$  e il pH in una soluzione di acido cloridrico  $1,00 \times 10^{-7}$  M.* In Figura 3 è riportata la soluzione proposta da uno dei gruppi cooperativi.



**Figura 3.** Calcolo del pH e verifica del risultato. (p significa 'prima della ionizzazione', d significa 'dopo la ionizzazione'; i significa 'situazione all'inizio', e significa 'situazione all'equilibrio')

Tra gli aspetti positivi della soluzione si nota che gli studenti hanno impostato in modo corretto il ragionamento qualitativo, la rappresentazione del problema chimico per mezzo delle equazioni di ionizzazione, le concentrazioni all'inizio e all'equilibrio e la verifica, ancorché incompleta.

L'errore è nel calcolo della ionizzazione dell' $H_2O$ .

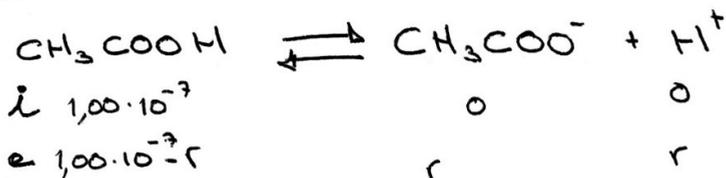
Nell'equazione  $(1,00 \times 10^{-7} + r) \times r = 1,00 \times 10^{-14} M^2$ , l'approssimazione  $1,00 \times 10^{-7} + r = 1,00 \times 10^{-7}$  non è numericamente accettabile. Questo errore è sicuramente dovuto alla non sufficiente familiarità con il calcolo numerico. Gli studenti potevano accorgersi che qualcosa non andava se avessero completato la verifica, compresa la verifica dell'approssimazione numerica. Per gli equilibri ionici la verifica si basa sul bilancio di carica e di massa

e sul controllo delle costanti di equilibrio. In questo caso,  $[H^+][OH^-] = K_w = 2,00 \times 10^{-14} M^2$ , che è un risultato non accettabile.

Un altro aspetto della discussione è stata l'argomentazione della logica della procedura: per quale motivo è necessario prima considerare la ionizzazione dell'acido cloridrico e poi la ionizzazione dell'acqua? Perché la ionizzazione dell'acido forte fa retrocedere la ionizzazione dell'acqua, mentre il contrario non ha senso. Completata la discussione, è stato proposto il problema: *Calcolare il pH e la concentrazione degli ioni presenti in una soluzione acquosa  $1,00 \times 10^{-7} M$  di acido acetico.  $K_a = 1,753 \times 10^{-5} mol/L$ .* In Figura 4 è riportata la soluzione proposta dallo stesso gruppo, con i ruoli cambiati.

1=R, 2=S, 3=L

$$[CH_3COOH] = 1,00 \cdot 10^{-7} M \quad K_a = 1,753 \cdot 10^{-5} M$$



$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a} = \sqrt{1,00 \cdot 10^{-7} \cdot 1,753 \cdot 10^{-5}} = 1,324 \cdot 10^{-6} M$$

$$pH = 5,878$$

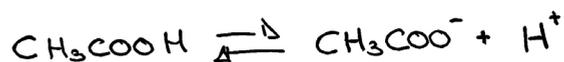
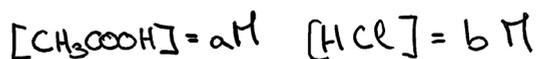
Figura 4. La soluzione incompleta del problema.

Questo procedimento porta ad un risultato sbagliato e mostra una diminuzione di attenzione nel gruppo e di chi rivestiva il ruolo di scettico, probabilmente colui che nel primo problema scriveva, non ha svolto al meglio la sua funzione. L'uso della formula fa pensare che gli studenti abbiano fatto ricorso al libro di teoria, in quanto nelle spiegazioni questo tipo di soluzione non è stata mai menzionata. La soluzione oltre ad essere incompleta non è accettabile: come può essere che la  $[H^+]$  sia 13,2 volte maggiore della concentrazione dell'acido acetico? Manca la considerazione del campo numerico di accettabilità di  $r$ :  $0 < r < 1,00 \times 10^{-7} M$ . Inoltre, non è stato considerato l'equilibrio di ionizzazione dell'acqua, menzionato nel procedimento precedente. Questo dimostra un fatto poco considerato: pensare richiede un grande sforzo. Chi non conosce come ragionare con uno schema noto, dovrà fare ricorso ad un ragionamento probabilistico, facendo

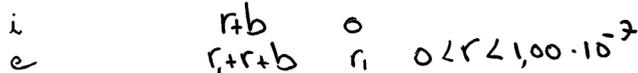
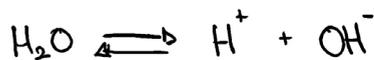
ipotesi nella propria mente e cercando informazioni nella memoria a lungo termine per validarle o confutarle.

La soluzione ragionata è complessa ed è stata già riportata. (Cardellini, 1996) Si procede in modo iterativo e si calcola  $[H^+]$  dalla ionizzazione dell'acido acetico ( $[H^+] = 9,94 \times 10^{-8} M$ ), poi si considera l'equilibrio di ionizzazione dell'acqua, ( $[H^+] = 6,20 \times 10^{-8} M$ ). Per un risultato numericamente preciso è necessaria una nuova iterazione sull'acido acetico, in quanto il primo calcolo è stato fatto trascurando la ionizzazione dell'acqua; si ottiene:  $9,91 \times 10^{-8} M$ . Perciò sommando i due contributi, all'equilibrio si ha  $[H^+] = 1,61 \times 10^{-7} M$ , soluzione che soddisfa la verifica. Risolto il problema, sono stati discussi gli errori e si è risposto alle osservazioni e ai commenti degli studenti e alle domande poste dall'insegnante, alle quali non è stata data una risposta soddisfacente da parte degli studenti. Poi è stato proposto un nuovo problema, per rinforzare quanto appreso e applicarlo ad una nuova situazione, chiedendo la rotazione dei ruoli e suggerendo un impegno adeguato: *Calcolare il pH e la concentrazione degli ioni presenti in una soluzione acquosa  $a$  M di acido acetico e  $b$  M di acido cloridrico.  $K_a = 1,753 \times 10^{-5} mol/L$ .* In Figura 5 è riportata la soluzione proposta dallo stesso gruppo.

1 = Scettico, 2 = Leader, 3 = Ammonense



$$0 < r < a$$



$$1,00 \cdot 10^{-14} = (r_i + r + b) \cdot r_i \quad [H^+] = b + r + r_i$$

Figura 5. La soluzione ancorché incompleta, è formalmente corretta.

La soluzione sviluppata dallo stesso gruppo ora procede per passaggi logici corretti. Si considera per prima la ionizzazione dell'acido forte. Poi si considera la ionizzazione dell'acido acetico, che in generale produrrà in soluzione un numero di  $H^+$  maggiore rispetto alla ionizzazione dell'acqua. Infine, viene considerata la ionizzazione dell'acqua. Nel procedimento consegnato non è stata impostata la verifica.

### **Caratteristiche dell'insegnamento di qualità**

Prima di presentare i progetti sviluppati dagli studenti, forse è bene considerare l'influenza che può avere l'ambiente scolastico nella qualità dell'istruzione. Le considerazioni che seguono risultano da studi internazionali e potrebbero essere utili indicazioni per migliorare l'istruzione nel nostro paese. Idealmente, in una scuola che pone la formazione degli studenti al primo posto, amministrazione, dirigenza e insegnanti collaborano e si sostengono a vicenda per raggiungere ambiziosi traguardi.

In un articolo pionieristico sull'efficacia dell'istruzione viene riportato uno studio condotto in scuole di diversa qualità, con osservazioni per migliorare l'apprendimento: "high expectations are not sufficient for school success, but they are certainly necessary. ...Many professional personnel in the less effective school... were pessimistic about their ability to have an impact, creating an environment in which children failed because they were not expect to succeed." (Edmonds, 1979, pp. 16-17) Inoltre, "One of the cardinal characteristics of effective schools is that they are eager to avoid things that don't work as they are committed to implementing things that do" (Edmonds, 1979, pp. 21) Questo ultimo punto, l'utilizzo e la condivisione delle esperienze e delle pratiche efficaci, è stato uno dei caposaldi del progetto europeo PROFILES (Brianzoni, Cardellini, 2015)

Nel suo studio Edmonds (1979, pp. 18-19) ha inoltre individuato dieci processi, che sono stati riassunti in cinque punti negli studi successivi: (Reynolds, Teddlie, Chapman, Stringfield, 2016, p. 80)

- strong principal leadership;
- an emphasis upon basic skill acquisition;
- an orderly climate that facilitated learning;
- high expectations of what students would achieve; and
- frequent monitoring of the progress of students.

Un altro studio sull'efficacia dell'insegnamento esteso a 68 scuole di qualità differente ha sintetizzato in otto punti le peculiarità tra scuole nelle quali gli studenti raggiungevano elevate abilità cognitive e quelle considerate scarse. Si riportano qui quelli che in questo articolo sono considerati importanti. "*Teacher expectations* -At the high achieving white school, all students were expected to work at grade level, while at the high achieving black school, at least 75 per cent of the students were expected to

master assigned work. Expectations were very low in the low achieving schools, especially for slow reading students. ...*Principal's role* -The principal at the high achieving white school was heavily involved in academic matters and visited often in the classrooms. ...*Commitment of teaching and administrative staff* -There was high commitment at the high achieving schools, as demonstrated by affirmative statements and warmth toward students.” (Reynolds, Teddlie, 2000, pp. 135-136)

Ma chi ha una forte influenza nella qualità dell'istruzione, oltre all'insegnante, tra le altre figure citate? Chi dirige la scuola. Infatti, sembra che il supporto del dirigente sia secondo solo a ciò che avviene in aula: “Effective school leaders support actions that improve instruction and result in increased student achievement. A review of research on principal leadership and student achievement revealed that leadership is second only to classroom instruction in its contribution to student learning. ... Principals influence the work and learning environment of teachers through support for instruction, making that support one of the most important elements of instructional leadership. ... Teachers identify principal support as critical to their success. ... Principal support also contributes to the retention of talented teachers, since teachers report leaving the profession due to a lack of principal support.” (Derrington, Lomascolo, 2015, p. 136) La mancanza di supporto, o peggio, l'ostilità da parte del dirigente è molto deleteria e spesso convince gli insegnanti migliori ad andare in pensione prima del dovuto.

Insegnamento e apprendimento sono attività umane soggette a molte variazioni. Non è possibile individuare con certezza tutti i fattori che facilitano il coinvolgimento di tutti gli studenti e rendono di qualità l'insegnamento. Come è stato osservato, “educators alone are insufficient to increase learning dramatically, and they need the cooperation of parents and students themselves.” (Scott, Walberg, 1979, p. 27) Inoltre, “It is difficult to provide a unique definition of *educational quality* that would be well-suited for diverse environments and circumstances, as well as the values, desires and goals of all stakeholders involved in education.” (Burušić, Babarović, Šakić Velić, 2016, p. 6)

La qualità dell'istruzione dipende anche da altre variabili. Certamente la composizione della classe e la presenza di studenti orientati all'impegno e interessati al buon esito scolastico favorisce una socializzazione positiva e l'esempio dei compagni crea un ambiente scolastico che può influenzare l'auto-efficacia del singolo e della classe. (Steinberg, Brown, Dornbusch, 1996) Il progetto PROFILES suggerisce di non mortificare chi si impegna abbassando gli standard, ma anzi, di valorizzare gli studenti migliori, che possono essere di esempio al resto della classe.

Consideriamo ora il ruolo che possono avere i genitori nel miglioramento della qualità dell'istruzione. Una possibilità importante per coinvolgere i ge-

nitori nelle attività scolastiche: se l'insegnante comunica ai genitori i progressi dei loro figli e suggerisce loro delle maniere per aiutare i propri figli, una parte dei genitori si sentirà parte del processo di istruzione dei loro figli. (Ames, 1993; Ames et al., 1995) Gli insegnanti dovrebbero informare i genitori sulle modalità e sugli argomenti che verranno trattati e chiedere ai genitori di controllare che i compiti vengano svolti e quanto necessario sia studiato. I genitori verranno anche messi a conoscenza che i compiti assegnati sono ridotti all'essenziale. Se i genitori si convinceranno del valore del progetto educativo, incoraggeranno l'impegno dei loro figli verso l'apprendimento e i compiti. Per quanto riguarda l'apprendimento visibile, specie in certe età viene suggerito di non dare risposte alle domande dei figli, ma con altre domande e considerazioni, aiutarli a trovare la risposta. (Krechevsky et al., 2013, p. 154)

L'interessamento e l'impegno dei genitori nelle questioni scolastiche aiuta i figli a raggiungere risultati migliori? Certamente sì, secondo uno studio che ha coinvolto studenti, insegnanti e genitori: "Parents who are more involved in school activities are more likely to have children who are performing well in school." (Stevenson, Baker, 1987, p. 1353) La ricerca ha trovato delle ragioni che spiegano l'importanza di questo impegno per il successo dei figli e della scuola: "Families ...may vary in preferences and opportunities for specific forms of involvement ...and may vary as well in the learning mechanisms they choose to engage in the course of involvement activities (e.g., expressing personal, familial, and cultural expectations for the student's learning; encouraging students' engagement and persistence during work on learning tasks; modelling attitudes, beliefs, skills and behaviours important to successful learning; reinforcing students' learning efforts and accomplishments; offering instructional support, consistent with parents' own knowledge, for students' work on school assignments)." (Hoover-Dempsey, Whitaker, Ice, 2010, p. 31)

Il coinvolgimento dei genitori nelle questioni collegate all'apprendimento dei loro figli è sempre positivo e la ricerca condotta per tutti gli ordini e gradi di istruzione suggerisce che "is consistently linked to positive student attitudes about school and learning as well as attitudes about spending effort on school tasks ...[inoltre, gli studiosi] have also identified parent attitudes about education and involvement practices as important contributors to students' beliefs about their own learning abilities. These student beliefs include personal assumptions about one's ability to learn and succeed in school tasks, including a positive sense of efficacy for learning and a sense of personal competence in school tasks as well as a mastery orientation toward learning." (Hoover-Dempsey, Whitaker, Ice, 2010, p. 32)

Che caratteristiche dovrebbe avere questo coinvolgimento dei genitori? La situazione ideale dovrebbe essere una partecipazione responsabile, una

collaborazione, nel rispetto delle proprie e altrui responsabilità, riconoscendo l'importante valore formativo della scuola e la complementarità dei ruoli. Sembra che "There is some confusion and disagreement, however, about *which* practices of involvement are important and *how* to obtain high participation from all families. Some educators expect parents to become involved in their children's education on their own. If they do, they are "good" parents. If not, they are irresponsible, uninterested, or "bad" parents. ...Research shows that partnership is a better approach. In partnership, educators, families, and community members work together to share information, guide students, solve problems, and celebrate successes. Partnerships recognize the shared responsibilities of home, school, and community for children's learning and development. Students are central to successful partnerships." (Epstein, 2011, pp. 3-4)

Ancora, "the notion of separate responsibilities assumes that families, educators, and community members have different goals and competencies; and therefore, bear different responsibilities toward children. ...the responsibilities of school and family do not overlap because formal learning is best achieved when teachers maintain universal, objective standards within their classrooms ...families and educators can coordinate their efforts to educate and socialize children. ...family and school responsibilities are complementary, ...common goals can be constructed and achieved through communication and cooperation." (Pope Edwards, Shizu Kutaka, 2015, pp. 39-40)

Consideriamo le molte funzioni della scuola, in generale e nell'ambiente sociale non disagiato. Famiglie e società hanno grandi aspettative verso la scuola, in certi casi esagerate, perché nonostante l'impegno, gli insegnanti da soli non riescono ancora a fare miracoli. Alcune osservazioni per contestualizzare le responsabilità: "Schools are one of the most influential contexts for children's development in our society. By the time they graduate from high school, children and adolescents will have spent more time in schools than any other social institution outside their home and community. Schools not only influence children's acquisition of knowledge and skills, but also provide an important context for their social and emotional growth." (Meece, Schaefer, 2010, p. 3) Oltre alla formazione scolastica in questi ultimi anni è diventata importante la formazione sociale. Dalla scuola dovrebbero uscire cittadini consapevoli e studenti preparati sia per il mondo del lavoro che per il proseguimento degli studi all'università.

Rispetto alle grandi aspettative, quali responsabilità e che tipo di risultati, obiettivi e traguardi possono essere ragionevolmente raggiunti dalle scuole? "Especially at a time when other organisations in society cannot fulfil their functions, there is a danger that the school may become overstretched as a result of having to formulate and emphasise more and more objectives. ... when families are no longer able to provide their children with agreed moral

standards, schools are supposed to take over these responsibilities, even when it is clear that schools on their own cannot significantly alter the life chances of children.” (Kyriakides, Creemers, Charalambous, 2018, p. 6)

Per quanto riguarda gli obiettivi cognitivi, la scuola farà in modo che le parti interessate considereranno di valore ciò che viene ‘prodotto’; il prodotto non sono gli studenti: “...the work students are provided or encouraged to undertake in school is the product of the school ...[gli studenti] are people with motives, wills, capacities, needs to be satisfied, longings, and desires. ...For schools to be successful, the work students are provided must be engaging. ...it must be compelling, so compelling that students persist with it even when they find it difficult and demanding. The work and the products the work is intended to produce must, as well, result in satisfaction and a sense of delight. ... *the business of schools is to produce work that engages students, that is so compelling that students persist when they experience difficulties, and that is so challenging that students have a sense of accomplishment, of satisfaction -indeed, of delight- when they successfully accomplish the tasks assigned.*” (Schlechty, 1997, p. 58)

I risultati raggiunti dagli studenti sono i criteri fondamentali per determinare l’efficacia dell’istruzione. Gli studenti che si impegnano, che persistono, che hanno il desiderio di padroneggiare la disciplina, dovrebbero avere la possibilità di poter sviluppare appieno i loro talenti. Questa è una sfida per la scuola: “The challenge for us was ...to give our students the maximum opportunities and to develop and nurture the unique talents of each student. I was keen to provide an environment in which all students could achieve and experience success through academic, personal and social growth.” (Paphitis, 2007, p. 920)

Ma quali criteri oggettivi adottare per determinare la qualità della scuola? Senza dubbio, “student outcomes are the essential criteria for determining the effectiveness of education, the question remains about what kinds of outcomes, objectives and goals can be achieved by schools.” (Kyriakides, Creemers, Charalambous, 2018, p. 6) L’impegno e l’interesse sono importanti, ma non sono indicatori sufficienti: potrebbe esserci entusiasmo per la scuola, poiché la scuola intrattiene invece di formare la mente. Secondo Schlechty, (1997, p. 170) “Student engagement, persistence, and satisfaction are key indicators of the potential effectiveness of schools. However, the fact that students are engaged, do persist, and are satisfied does not necessarily mean that a school is effective. It is possible to engage students in trivial work: work that fails to bring them into contact with the substantive content they need to master to be well educated.”

In alcuni sistemi educativi sono stati introdotti degli indicatori e un elenco per valutare i risultati dell’istruzione potrebbe essere il seguente (Fitz-Gibbon, Kochan, 2000, p. 263). Ogni studente dovrebbe:

- enrol at the school and then attend;
- achieve;
- develop desirable attitudes;
- develop desirable skills;
- have a good quality of life while in the school; and
- then progress appropriately onwards.

Questi riportati sono indicatori interessanti, ma ancora generici. Nel 1980 un comitato misto composto da 17 esperti nominati da 12 organizzazioni professionali ha sviluppato lo ‘*Standards for evaluations of educational programs*’: un sistema completo di valutazione composto da 30 items e basato su quattro attributi essenziali: (Stufflebeam, 2003, pp. 281-282)

1. An evaluation should be *useful*. It should be addressed to those persons and groups that are involved in or responsible for implementing the program being evaluated.

2. An evaluation should be *feasible*. It should employ evaluation procedures that are parsimonious and operable in the program's environment.

3. An evaluation should meet conditions of *propriety*. It should be grounded in clear, written agreements defining the obligations of the evaluator and client for supporting and executing the evaluation.

4. An evaluation should be accurate. It should clearly describe the program as it was planned and as it was actually executed. ...The overall rating of an evaluation against the 12 accuracy standards is an index of the evaluation's overall validity.

### **La pianificazione dei progetti**

Preparare dei progetti che risultino utili per la maggior parte degli studenti richiede molto impegno e preparazione. Devono accrescere l'interesse e favorire l'apprendimento di quanto si studia nel programma di chimica ed avere almeno alcune delle caratteristiche individuate dagli studi sulla motivazione verso l'apprendimento. Per pianificare al meglio questi progetti e collegare le attività con il programma conviene usare la progettazione all'indietro: “the most effective curricular designs are backward. Backward design may be thought of as purposeful task analysis: Given a task to be accomplished, how does one get there? Or one might call it planned coaching: What kinds of lessons and practices are needed to master key performances?” (McTighe, Wiggins, 1999, p. 37) Tenendo conto degli obiettivi e del programma svolto, alcuni progetti sono stati sviluppati e proposti per gli studenti del secondo anno.

Da molto tempo si parla di includere tutti gli studenti nell'apprendimento delle scienze, in particolare della chimica. (Fensham, 1985) Per facilitare il

coinvolgimento attivo e fattivo degli studenti va tenuto conto della dimensione affettiva: “We believe that the goals of teaching and learning science include knowledge (cognition), emotion and motivation.” (Shavelson, Ruiz-Primo, Wiley, 2005, p. 414) Con gli studenti va instaurato un rapporto basato sulla fiducia reciproca, sul rispetto e sull’apprezzamento. Una domanda che può aiutare a rendere più interessante il programma è la seguente: perché gli studenti dovrebbero apprezzare ciò che noi chiediamo loro di imparare?

Jonathan Osborne (2003, p. 46) spiega e argomenta l’importanza della dimensione affettiva; l’impegno e l’interesse saranno persistenti se “its fundamental and primary aim would be affective and not cognitive.” Non viene negato il valore e il potenziale di alcune abilità cognitive, ma per sottolineare il fatto che “all knowledge has little value unless embedded in a framework where its value and utility are recognised by the recipient. Then, and only then, is there any chance that the cultural and intellectual achievement of scientific knowledge might be recognised.”

Gli studenti differiscono per interessi, capacità e desiderio di approfondire lo studio; questo suggerisce una differenziazione della complessità tra i progetti. “Differentiation stems from the research-based perspective that students will engage more fully with learning and will learn more robustly when teachers proactively plan with their differences – as well as their similarities – in mind. Such an instructional model is learner centered in that it accepts the premise that a teacher’s role is not simply to cover material or to expose students to content, but rather to maximize student learning.” (Sousa, Tomlinson, 2011, p. 8)

Differenziando la complessità dei progetti si rende possibile il coinvolgimento di tutti gli studenti, in modo che tutti possano in qualche modo beneficiare dalle attività proposte. Come è stato riportato, “developing an inclusive curriculum is about designing effective learning, teaching and assessment practices for *all* students; focusing on learner *differences*, not learner *difficulties*; valuing differences to enrich learning for all; and making adjustments which are good teaching and learning practices to benefit all students.” (Healey 2011, p. 202) La proposta di progetti relativamente complessi e che richiedono un lavoro maggiore per essere portati a termine sono pensati per gli studenti migliori, che non devono sentirsi mortificati da richieste cognitive semplificate, utilizzate con l’intento di includere gli studenti che per qualunque motivo non possono o non sono disposti ad un impegno maggiore.

Gli studenti migliori vanno considerati come una risorsa importante nella classe, perché creano un ambiente positivo per l’apprendimento e possono diventare uno stimolo e un esempio per i loro compagni. Essi ambiscono a raggiungere il massimo; desiderano avere prove che sfidino le loro capacità,

che il loro lavoro sia riconosciuto e sono critici verso sé stessi: “No matter how much we push them, they are much harder on themselves. They don’t want to settle for less than their best; they don’t want to be told that a first draft is “fine”, even though it might be far better than another student’s third revision. ...Great teachers understand how to give these students the kind of attention that keeps them moving forward under their own steam.” (Whitaker, 2004, pp. 78-79)

I progetti sono pensati in modo da porre gli studenti nella situazione di dover risolvere situazioni problematiche attraverso la riflessione. Con effetti maggiori della lezione, il problem solving, se usato in modo significativo, è una attività importante per aiutare gli studenti ad acquisire abilità cognitive di ordine elevato. (Zoller, 1993) In letteratura si trovano vari suggerimenti per incoraggiare gli studenti a porsi domande utili per risolvere i problemi in modo significativo. (Zoller, 1987; Browne, Keeley, 2015)

I progetti rappresentano per gli studenti situazioni nuove e complesse: in queste situazioni complesse si possono apprendere nuove strategie e applicare le conoscenze acquisite ad una nuova situazione. “A problem centered instructional strategy combines problem solving with more conventional instruction on the skills required to solve the problem. Learners are shown a problem solution, are explicitly taught the skills required to solve the problem, and are then given the opportunity to apply these skills to a new problem.” (Merrill, 2013, p. 26) L’aiuto che possiamo fornire come insegnanti “is to guide learners through the problem-solving process. To provide such guidance, one could specify the phases an expert typically goes through when performing the task or solving the problem ...as well as the rules of thumb that may be helpful to successfully complete each of the phases. ... Problem-solving guidance may be provided in the form of modelling examples, process worksheets, performance constraints, and/or tutor guidance.” (van Merriënboer, Kirschner, 2018, p. 75)

## **I progetti**

Sono stati preparati sette progetti di diversa difficoltà e richiedenti un diverso impegno per essere svolti. Questi progetti sono stati proposti a due classi dell’Istituto Tecnico Agrario, una seconda e una quarta classe composte entrambe da 21 studenti. Per gli studenti di seconda il programma consiste in una parte di Chimica generale inorganica, di Chimica organica (principali gruppi funzionali) e esercitazioni di laboratorio. La Chimica generale inorganica comprende la nomenclatura e il bilanciamento delle equazioni chimiche, comprese le redox, la cinetica chimica, le soluzioni, l’equilibrio chimico, le teorie acido-base, il calcolo del pH delle soluzioni e cenni di elettrochimica.

Per gli studenti di quarta il programma verte sulla Chimica degli alimenti:

l'acqua e i sali minerali, lipidi, glucidi, proteine e vitamine, le trasformazioni chimiche e biologiche a carico dei principi nutritivi e le alterazioni degli alimenti causate da microrganismi. La conservazione degli alimenti e molte esercitazioni di laboratorio completano il programma. I progetti avevano per titolo:

1. l'arancio biondo del Piceno;
2. la birra;
3. la leucocarpa: l'abbagliante oliva della Magna Grecia;
4. la mela rosa dei monti Sibillini;
5. le trasformazioni del miele;
6. le spezie;
7. la produzione dello yogurt.

### **La festa di primavera**

Di sabato e col bel tempo, verso la fine di maggio, la scuola organizza la festa di primavera, che è l'occasione per le varie classi dell'Agrario e dell'Alberghiero di presentare in modo allegro quanto di pratico viene prodotto dagli studenti. L'evento richiama molti visitatori, oltre ad alcuni genitori. Tra vari stand ove era possibile gustare bevande e specialità culinarie, uno stand era riservato per gli studenti che hanno presentato i lavori riportati in questo articolo. Uno stand di dimensioni appropriate era riservato ad una mostra di polli e volatili veramente non comuni.

Gli studenti hanno lavorato sui progetti con lo scopo di portarli a termine e di acquisire conoscenze e informazioni per la presentazione da fare nella festa di primavera. Le presentazioni servivano per informare e far comprendere le difficoltà, l'importanza e l'utilità delle produzioni a tutti gli altri studenti. Era lasciato alla responsabilità dei gruppi la realizzazione delle presentazioni: era stato suggerito di arricchirle con informazioni storiche, statistiche, del programma di chimica e della tradizione, in modo da incuriosire e interessare gli spettatori.

### **L'arancio biondo del Piceno.**

Incominciamo con l'arancio biondo del Piceno. Originario della Cina e del sud-est asiatico, le prime notizie certe di questo frutto invernale sul litorale piceno risalgono al 1300. L'arancio potrebbe essere giunto in Europa per la via della seta, o perché importato da marinai portoghesi, ma la coltivazione prese piede solo nella calda Sicilia, dove la sua diffusione si arenò. Furono poi portati sulla costa marchigiana da marinai siciliani. (S1, S2) A Roma, nel chiostro del convento di Santa Sabina all'Aventino è presente una pianta di arancio dolce che sarebbe stata portata e piantata da San Domenico nel 1220 circa. (S2, Canu, 2015)

Nella presentazione, ai cenni storici seguono informazioni botaniche,

sulla coltivazione e l'analisi dei dati **faostat** sulla produzione mondiale di agrumi. (S3) Risulta che l'Italia è il terzo Paese del Mediterraneo per produzione di agrumi e il dodicesimo a livello mondiale. Nonostante le superfici coltivate calino, si registra una crescita della produzione, trainata soprattutto da Sicilia e Calabria. Aumentano invece le superfici coltivate a regime biologico. In crescita anche l'export, mentre si contraggono le importazioni.

Il gruppo di studenti che ha lavorato a questo progetto ha realizzato tre prodotti: la marmellata di arance, l'arancino e i canditi. È seguita una breve storia sulla marmellata. L'origine delle confetture nasce dai Greci e dai Romani che, utilizzando il miele, potevano conservare i frutti fuori stagione. “Il miele era infatti usato anche per conservare la frutta e la carne, come pure per preparare confetture, nonché eccellenti marmellate di cotogne.” (Jori, 2016, p. 98) Documenti attestano che nel medioevo la marmellata veniva prodotta con metodi simili a quelli attuali. (S4) Infatti, lo zucchero e le sue proprietà erano già note: “By 1287, ..., the royal household used 677 pounds of ordinary sugar, as well as 300 pounds of violet sugar and 1,900 pounds of rose sugar.” (come riportato in Mintz, 1986, p. 82) Lo zucchero, ad elevate concentrazioni, è un ottimo conservante perché al suo contatto i batteri vengono disidratati per osmosi e non possono più procedere alla divisione cellulare, indispensabile per la loro duplicazione e riproduzione. (S5)

Per realizzare la marmellata di arance è stata seguita la seguente ricetta: Arance non trattate (utilizzato 8520 g.); zucchero (quantità uguale a quella delle arance); acqua (quantità dimezzata rispetto le arance) e succo di limone non trattato.



**Figura 6.** Operazioni per la produzione della marmellata di arancio.

Procedimento: Lavare le arance, togliere la buccia e metterla da parte. Tagliare poi le arance a spicchi e poi dividerli nuovamente a metà. Mettere il tutto nel contenitore della macchina insieme ad acqua e limone. Prendere quindi le bucce, togliere l'albedo e tagliarle a dadini. Inserire le bucce tagliate anch'esse nella macchina. Azionare la macchina e far cuocere la marmellata per sei ore circa. Lo zucchero viene aggiunto quando si è evidenziata una certa concentrazione, ovvero poco tempo prima del confezionamento (circa un'ora prima) mantenendo la temperatura sotto i 103 °C per evitare il fenomeno della caramellizzazione e di imbrunimento della marmellata. Confezionare e far raffreddare le confezioni capovolte per sterilizzare il tappo e creare il sottovuoto.

Un'altra produzione utilizzando l'arancio biondo del Piceno è stata quella dell'arancino. Per questo occorre: acqua; scorza di arance biologiche; alcool puro al 95% e zucchero. Si procede in questo modo. Si lavano le arance e si sbucciano, poi si prendono le bucce e si toglie l'albedo. Si immergono le scorze tagliate in un contenitore e si versa l'alcool. Si lascia macerare per circa 50 giorni agitando ogni giorno. Una volta completata l'infusione si filtra con un colino e all'infuso alcolico (4,4 L) sono stati aggiunti 10,695 L di acqua distillata e 70 g/L di zucchero. Il liquore così ottenuto presenta una gradazione alcolica di 30 °C e si imbottiglia.



**Figura 7.** Alcune fasi della produzione dell'arancino.

La terza produzione sono stati i canditi. Le scorze di arance già sbucciate si tagliano a spicchi. Si mettono queste bucce con l'albedo in acqua in modo tale da togliere l'amaro. Infatti, nella buccia c'è una molecola fenolica chiamata naringina, che è solubile in acqua. Mettendole in acqua le bucce perdono l'amaro. Si prende poi una pentola, meglio se a fondo basso, e si effettua la caramellizzazione delle bucce con lo zucchero. Si mette poi su

della carta da forno, si lascia raffreddare e si confeziona. Una parte dei canditi è stata cappata con cioccolato fondente.



**Figura 8.** La produzione dei canditi e degustazione.



**Figura 9.** La presentazione dei lavori. b. I prodotti realizzati. c. Degustazione dei canditi ricoperti di cioccolato.

## La birra

La produzione della birra è un argomento di sicuro interesse e quattro studenti si sono occupati di questo progetto. Come sottotitolo hanno scelto: l'acqua può diventare una buona bevanda, se mescolata con malto. La birra è una bevanda molto antica e una prova scientifica riguardante la sua esistenza e produzione risale a 5000 anni fa: trovata in antichi manufatti del popolo dei Sumeri. Un altro segno è presente in una tavoletta degli Assiri risalente al 2500 a.C. Sembra che in questa epoca al mercato di Babilonia ci fossero in vendita una ventina di tipologie diverse di birra. La legge più antica che ne regola la produzione e la vendita è il codice di Hammurabi, che può essere fatto risalire ad un periodo compreso tra 1728 e il 1686 a. C.,

che combinava la condanna a morte a chi non rispettava le norme stabilite per la sua produzione e un'autorizzazione era necessaria per la vendita. (S6)

Esistevano già diverse tipologie di birre: birre scure, chiare, rosse, forti, dolci e aromatiche e venivano usati nomi diversi per indicare birre prodotte con cereali differenti: le sikaru erano d'orzo, le Kurunnu di spelta. Già è stato detto delle diverse qualità di birra disponibili sul mercato della ricca Babilonia; quattro però erano quelle più diffuse: bi-se-bar, una comune birra d'orzo, bi-gig, una birra scura normale, bi-gig-dug-ga, una birra scura di elevata qualità, e bi-kal, il prodotto migliore. Nella cultura dei popoli della Mesopotamia la birra aveva anche un significato religioso e veniva bevuta durante i funerali per celebrare le virtù del defunto.

Nell'antico Egitto la birra aveva un'importanza analoga: la birra chiara (zythum) era la loro bevanda nazionale. (S6, S7, S8) Fin dall'infanzia gli egiziani si abituavano a bere questa bevanda, considerata anche alimento e medicina. Durante lo svezzamento, quando le madri non avevano latte, vi era anche l'uso di somministrare ai bambini birra a bassa gradazione o diluita con acqua e miele. (S9) I romani conoscevano e consumavano la birra, anche se era considerata una bevanda pagana e plebea, ma Nerone faceva ampio uso della birra e il termine "birra" deriva proprio dal verbo latino bibere (bere). Plinio il Vecchio, nella *Naturalis Historia* riporta dell'impiego della birra nella cosmesi femminile per la pulizia del viso e come nutrimento per la pelle. (S10)

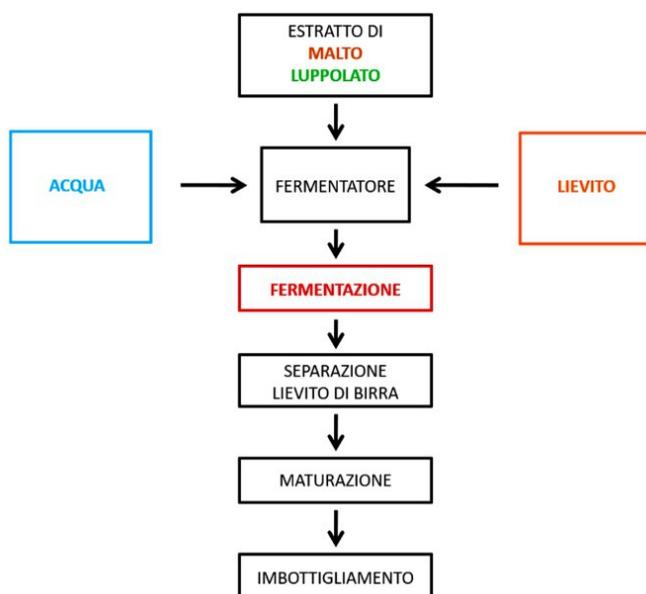
Nel Medioevo, la sua diffusione è dovuta principalmente ai monaci, che introdussero nuovi ingredienti tra i quali il luppolo. Oltre ad imprimere un sapore amaro e aromatico, il luppolo conferiva alla birra proprietà conservanti ed antisettiche. Inoltre, prima del loro utilizzo le birre venivano aromatizzate con diverse spezie ed erbe. In Gran Bretagna la birra veniva chiamata con il nome *ale*. Veniva prodotta soprattutto dalle massaie che poi la vendevano nelle feste parrocchiali: in seguito divenne la bevanda più popolare in tutta l'Inghilterra. (S11) E la fermentazione? Probabilmente è stata scoperta per caso. "It is highly probable that fermentations were originally of a spontaneous nature and that beer arose as a result of a chance natural "spoilage" of (probably) germinated grain. Some brave soul must have partaken of the result and experienced some sort of euphoria. The rest is history." (Hornsey, 2003, p. 63)

In Italia la birra veniva prodotta esclusivamente con metodi artigianali, perché il consumo era limitato ad un numero ristretto di estimatori. Verso la metà del 1800, anche in Italia sorgono delle vere e proprie fabbriche, organizzate con moderni criteri di produzione industriale. In pochi decenni nascono fabbriche di ogni tipo e dimensione, per arrivare a 140 unità produttive nel 1890, per un totale di 161.000 hl. (S12) Sono riportati i dati che dimostrano una continua crescita nella quantità di birra prodotta: dai

12,5 milioni di hl nel 1990 ai 15,6 milioni di hl nel 2017.

La birra è una bevanda costituita essenzialmente da quattro ingredienti: acqua, malto d'orzo, luppolo e lievito. L'orzo viene prima maltato, ossia fatto germinare e poi essiccato. Il malto d'orzo viene quindi macinato e cotto in acqua a temperature ben precise: attorno ai 65 °C gli enzimi presenti nel malto trasformano gli amidi dell'orzo in zuccheri. Filtrate le trebbie, viene portato a bollitura con il luppolo che cede amaro, aromi e principi conservanti. Filtrato il luppolo e raffreddato il liquido ottenuto, viene aggiunto il lievito che provvede e fare avvenire la fermentazione, ossia a trasformare parte degli zuccheri presenti nel mosto in alcol e anidride carbonica. (S13, Bertinotti, p. 4)

Vengono descritti i tre metodi per la produzione della birra in casa e il procedimento di produzione a partire dall'estratto luppolato. Le operazioni vengono riassunte in una specie di diagramma di flusso:



**Figura 10.** Schema delle operazioni per la produzione della birra in casa.

Vengono descritte le caratteristiche e le principali tipologie del malto (l'orzo viene essiccato per tempi e temperature diverse) e del luppolo. Il luppolo svolge diverse funzioni nella produzione della birra; è un ottimo conservante, stabilizzante (soprattutto per quanto riguarda l'aroma e la schiuma della birra) e aromatizzante. Le resine del luppolo sono insolubili e attraverso una reazione chimica che avviene durante la fase di bollitura del mosto, le resine responsabili dell'amaro del luppolo diventano solubili e ri-

mangono in soluzione nella birra. (S14, S15) Durante la cottura, gli alfa-acidi (lupulone, colupulone, adlupulone) si isomerizzano in iso-alfa acidi, più solubili ed amari. (Ferri, 2015-2016). Le caratteristiche dell'acqua sono molto importanti: acque di differente durezza sono necessarie per produrre differenti tipi di birra. Ad esempio, per produrre birre ad alta fermentazione è preferibile usare acqua dura.



**Figura 11.** Fasi della preparazione del mosto.

Dopo aver aggiunto il lievito secondo la procedura suggerita, inizia la fase della fermentazione, che deve avvenire ad una temperatura tra i 18 e i 22 °C. L'avvio della fermentazione si osserva in poche ore con la produzione di anidride carbonica che esce attraverso il gorgogliatore e la formazione di uno strato di schiuma sulla superficie del mosto. (S16)



**Figura 12.** Aggiunta del lievito e l'avvio della fermentazione.

Durante la fermentazione la densità del mosto diminuisce: la fermentazione dovrebbe durare dai 4 ai 7 giorni circa; quando il ritmo dei gorgoglii diminuisce, si misura con il densimetro la densità della birra. La densità finale dovrebbe essere circa 1/4 della densità del mosto (OG, Original Gravity

dipendente dalla quantità di zuccheri fermentabili in soluzione).

Nell'incertezza che la fermentazione non fosse completamente conclusa, la birra è stata lasciata un giorno in più nel fermentatore. (S16)

La determinazione degli zuccheri riducenti nel mosto (glucosio e fruttosio) è stata fatta col reattivo di Fehling, con blu di metilene come indicatore.



**Figura 13.** Preparazione della soluzione e del reattivo di Fehling.



**Figura 14.** Titolazione con la soluzione del mosto, secondo la procedura del saggio di Fehling.

Nella Tabella 1 sono riportate le varie determinazioni effettuate nella birra rossa:

**Tabella 1.** Variazione della densità e dell'alcool durante la fermentazione.

DATA	ZUCCHERI (g/L)	ALCOOL
21/02	34	-----
22/02	20	2.28
23/02	12	-----
24/02	-----	-----
25/02	-----	-----
26/02	11.6	5.43
27/02	8.5	5.75
28/02	-----	6.83

Nella tabella 1 tra il 23 e il 25 febbraio non sono state fatte misurazioni perché il 22 febbraio al mosto è stato aggiunto 1 kg di zucchero per innalzare il grado alcolico della birra.

Nella Tabella 2 sono riportate le determinazioni effettuate per la birra bionda:

**Tabella 2.** Aumento del contenuto di alcool durante la fermentazione.

DATA	ZUCCHERI (g/L)	ALCOOL
02/03	-----	2.28
03/03	-----	3.83
04/03	-----	4.41



**Figura 15.** A sinistra: alcuni dei prodotti realizzati. A destra: i quattro studenti durante la presentazione.

La prossima operazione importante è l'imbottigliamento. Per evitare l'acquisto di bottiglie nuove, sono state utilizzate bottiglie riciclate, da 0,33 cl e da 0,66 cl, previamente messe in ammollo così da facilitare il distacco dell'etichetta e la sterilizzazione. Prima di procedere all'imbottigliamento è necessario aggiungere ulteriori zuccheri che risvegliano per poco l'attività del lievito, generando la  $\text{CO}_2$  necessaria a garantire la frizzantezza e la schiuma (priming). La quantità di zuccheri deve essere adeguata al volume della bottiglia: una eccessiva dose potrebbe creare troppa pressione e fare esplodere le bottiglie. Vengono suggeriti 4 o 7 grammi di zucchero per litro di birra, da disciogliere in mezzo litro di acqua, sapendo che ogni 4,23 g di zucchero/L che rifermentano, a condizioni normali, sviluppano 1 atm di pressione. La quantità aggiunta è quella necessaria in modo da raggiungere circa 1,2 atm. Si porta all'ebollizione e si fa raffreddare. Mai versare la soluzione zuccherata calda; è fondamentale far raffreddare la soluzione ottenuta

alla temperatura del mosto da zuccherare. Versata la soluzione zuccherata nel fermentatore, mescolare bene per evitare una stratificazione in quanto le densità delle due soluzioni sono diverse. (S17)



**Figura 17.** Le operazioni per l'imbottigliamento della birra.

Le bottiglie di birra prodotte vengono poste in un luogo buio a 20 °C per 10 giorni-due settimane in modo da permettere al lievito di svolgere il suo compito e dare la giusta gasatura alla birra. Trascorso questo tempo, si trasportano le bottiglie in un luogo più fresco dove devono essere lasciate in piedi per altre due settimane. Ad un mese dall'imbottigliamento la birra è pronta da bere, ma una maturazione più lunga migliora il prodotto; soprattutto le birre più alcoliche. (Bertinotti, p. 9)

### Note

<sup>1</sup> Dissociazione o ionizzazione? In diversi testi italiani di chimica si parla di dissociazione (ad esempio, Palmisano, Schiavello, 2007, p. 496; Schiavello, Palmisano, 2013, p. 452; Bertini, Luchinat, Mani, 2016, p. 287; Tagliatesta, 2016, p. 272), mentre nei testi internazionali si parla di ionizzazione (ad esempio, Atkins, Jones, 2008, p. 401; Brown, LeMay, Jr., Bursten, Murphy, Woodward, Stoltzfus, 2015, p. 678; Silberberg, Amateis, 2018, p. 798) “**Dissociation** refers to the process in which a solid *ionic compound*, such as NaCl, separates into its ions in solution. **Ionization** refers to the process in which a *molecular compound* separates to form ions in solution.” (Whitten, Gailey, Davis, 1992, p. 127) Una più ampia discussione è riportata in Schultz, 1997.

### Bibliografia

- C. Ames, How school-to-home communications influence parent beliefs and perceptions. *Equity and Choice*, 9 (3), 44-49, 1993.
- C. Ames, L. DeStefano, T. Watkins, S. Sheldon, *Teachers' school-to-home communications and parent involvement: The role of parent perceptions and beliefs*. Report 28. Johns Hopkins University: Center on Families, Communities, Schools, and Children's Learning, Baltimore, 1995.

- P. W. Atkins, L. L. Jones, *Chemical principles. The quest for insight*. 4th Ed. W. H. Freeman and Co.: New York, 2008.
- S. Beilock, *Choke: What the secrets of the brain reveal about getting it right when you have to*. Free Press: New York, 2010.
- I. Bertini, C. Luchinat, F. Mani, *Chimica. Materia, tecnologia, ambiente*. Casa Editrice Ambrosiana: Rozzano, MI, 2016.
- D. Bertinotti, *Come fare la birra in casa*. Online at: [https://www.mondobirra.org/download/birra\\_in\\_casa.pdf](https://www.mondobirra.org/download/birra_in_casa.pdf)
- V. Brianzoni, L. Cardellini, Il progetto europeo PROFILES e il suo impatto in Italia. *La Chimica nella Scuola*, **37** (3), 39-60, 2015.
- T. L. Brown, H. E. LeMay, Jr., B. E. Bursten, C. J. Murphy, P. M. Woodward, M. W. Stoltzfus, *Chemistry the central science*. 13th Ed. Pearson Education, Inc.: Upper Saddle River, NJ, 2015.
- M. N. Browne, S. M. Keeley, *Asking the right questions. A guide to critical thinking*. 11th Ed. Pearson: Upper Saddle River, NJ, 2015.
- J. Burušić, T. Babarović, M. Šakić Velić, School effectiveness: An overview of conceptual, methodological and empirical foundations. In N. Alfirević, J. Burušić, J. Pavičić, R. Relja (Eds.), *School effectiveness and educational management. Towards a south-eastern Europe research and public policy agenda* (pp. 5 - 26). Palgrave Macmillan: Switzerland, 2016.
- A. Canu, *Roma selvatica*. Editori Laterza: Bari Roma, 2015.
- L. Cardellini, Calculating [H<sup>+</sup>]. *Education in Chemistry*, **33** (6), 161-164, 1996.
- L. Cardellini, Come risolvere i problemi sugli equilibri ionici. *La Chimica nella Scuola*, **23** (3), 84-90, 2001.
- L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo: un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, **21** (1), 18-25, 1999.
- M. L. Derrington, D. J. Lomascolo, Principal support of teachers and its impact on student achievement. In M. F. DiPaola, Wayne K. Hoy (Eds.), *Leadership and school quality* (pp. 135-145). Information Age Publishing Inc.: Charlotte, NC, 2015.
- R. Edmonds, Effective schools for the urban poor. *Educational Leadership*, **37** (1), 15-24, 1979.
- J. L. Epstein, *School, family, and community partnerships. Preparing educators and improving schools*, 2<sup>nd</sup> Ed. Westview Press: Boulder, CO, 2011.
- P. J. Fensham, Science for all: A reflective essay. *Journal of Curriculum Studies*, **17** (4), 415-435, 1985.
- B. Ferri, *Profilo aromatico e caratterizzazione degli acidi amari di cinque cultivar di luppolo sano ed infetto da virus e viroidi*. Università di Pisa, Dipartimento di Farmacia: Tesi di Laurea, 2015-2016.

- C. Fitz-Gibbon, S. Kochan, School effectiveness and education indicators. In C. Teddlie, D. Reynolds (Eds.), *The international handbook of school effectiveness research* (pp. 257-282). Falmer Press: London, 2000.
- J. Funke, A. Fischer, D. V. Holt, Competencies for complexity: Problem solving in the twenty-first century. In E. Care, P. Griffin, M. Wilson (Eds.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills. Research and applications* (pp. 41-53). Springer: Cham, Switzerland, 2018.
- M. Healey, Excellence and scholarship in teaching: some reflections. In I. Hay (Ed.), *Inspiring academics. Learning with the world's great university teachers* (pp. 198-207). Open University Press: Berkshire, UK, 2011.
- K. V. Hoover-Dempsey, M. C. Whitaker, C. L. Ice, Motivation and commitment to family-school partnerships. In S. L. Christenson, A. L. Reschly (Eds.), *Handbook of school-family partnerships* (30-60). Routledge: New York, 2010.
- I. S. Hornsey, *A history of beer and brewing*. The Royal Society of Chemistry: Cambridge, 2003.
- A. H. Johnstone, T. F. Moynihan, The relationship between performances in word association tests and achievement in chemistry. *European Journal of Science Education*, 7 (1), 57-66, 1985.
- A. Jori, *La cultura alimentare e l'arte gastronomica dei romani. Contributo alla filosofia dell'alimentazione e alla storia culturale del mondo mediterraneo*. Accademia Nazionale Virgiliana di Scienze Lettere e Arti: Mantova, 2016.
- L. Kyriakides, B. Creemers, E. Charalambous, *Equity and quality dimensions in educational effectiveness*. Springer: Cham, Switzerland, 2018.
- M. Krechevsky, B. Mardell, M. Rivard, D. G. Wilson, *Visible learners. Promoting Reggio-inspired approaches in all schools*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2013.
- M. C. Linn, B.-S. Eylon, *Science learning and instruction. taking advantage of technology to promote knowledge integration*. Routledge: New York, 2011.
- M. C. Linn, S. Hsi, *Computers, teachers, peer*. Erlbaum, Mahwah, NJ, 2000.
- J. McTighe, G. Wiggins, *The understanding by design handbook*. Association for Supervision and Curriculum Development: Alexandria, VA, 1999.
- J. L. Meece, V. A. Schaefer, Schools as a context of human development. In J. L. Meece, J. S. Eccles (Eds.), *Handbook of research on schools, schooling, and human development* (pp. 3-5). Routledge: New York, 2010.
- M. D. Merrill, *First principles of instruction. Assessing and designing effective, efficient, and engaging instruction*. John Wiley & Sons, Inc.: San Francisco, CA, 2013.

- S. W. Mintz, *Sweetness and power: The place of sugar in modern history*. Penguin Books: New York, 1986.
- D. Muijs, D. Reynolds, L. Kyriakides, The scientific properties of teacher effects/effective teaching processes. In C. Chapman, D. Muijs, D. Reynolds, P. Sammons, C. Teddlie (Eds.), *The Routledge international handbook of educational effectiveness and improvement* (pp. 100-123). Routledge: Abingdon, Oxon, 2016.
- J. Osborne, Making science matter. In R. Cross (Ed.), *A vision for science education. Responding to the work of Peter Fensham* (pp. 37-50). RoutledgeFalmer: London, 2003.
- L. Palmisano, M. Schiavello, *Elementi di chimica*. EdiSES: Napoli, 2007.
- H. Paphitis, Best practice in secondary school improvement: The case of Salisbury high school. In T. Townsend (Ed.), *International handbook of school effectiveness and improvement* (917-930). Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2007.
- C. Pope Edwards, T. Shizu Kutaka, Diverse perspectives of parents, diverse concepts of parent involvement and participation: What can they suggest to researchers? In S. M. Sheridan, E. Moorman Kim (Eds.), *Foundational aspects of family-school partnership research* (pp. 35-53). Springer: New York, 2015.
- D. Reynolds, C. Teddlie, The processes of school effectiveness. In C. Teddlie and D. Reynolds (Eds.), *The international handbook of school effectiveness research* (134-159). Falmer Press: New York, 2000.
- D. Reynolds, C. Teddlie, C. Chapman, S. Stringfield, Effective school processes. In C. Chapman, D. Muijs, D. Reynolds, P. Sammons, C. Teddlie (Eds.), *The Routledge international handbook of educational effectiveness and improvement* (pp. 77-99). Routledge: New York, 2016.
- S. Rojas-Drummond, L. Gómez, M. Vélez, Dialogue for reasoning: Promoting exploratory talk and problem solving in the primary classroom. In B. van Oers, W. Wardekker, E. Elbers, R. van der Veer (Eds.), *The transformation of learning. Advances in cultural-historical activity theory* (pp. 319-341). Cambridge University Press: Cambridge, 2008.
- L. D. Rosen, L. M. Carrier, N. A. Cheever, *Rewired. Understanding the iGeneration and the way they learn*. Palgrave Macmillan: New York, 2010.
- M. Schiavello, L. Palmisano, *Fondamenti di chimica*. 4a Ed. EdiSES: Napoli, 2013.
- P. C. Schlechty, *Inventing better schools. An action plan for educational reform*. Jossey-Bass Inc.: San Francisco, CA, 1997.
- E. Schultz, Ionization or dissociation? *Journal of Chemical Education*, **74** (7), 868-869, 1997.
- R. Scott, H. J. Walberg, Schools alone are insufficient: A response to Edmonds. *Educational Leadership*, **37** (1), 24-27, 1979.

- R. J. Shavelson, M. A. Ruiz-Primo, E. W. Wiley, *Windows into the mind. Higher Education*, **49** (4), 413-430, 2005.
- M. S. Silberberg, P. Amateis, *Chemistry. The molecular nature of matter and change. Advanced topics*. 8<sup>th</sup> Ed. McGraw-Hill Education: New York, 2018.
- D. A. Sousa, C. A. Tomlinson, *Differentiation and the brain. How neuroscience supports the learner-friendly classroom*. Solution Tree Press: Bloomington, IN, 2011.
- L. Steinberg, B. B. Brown, S. M. Dornbusch, *Beyond the classroom: Why school reform has failed and what parents need to do*. Simon & Schuster: New York, 1996.
- Stevenson, Baker, 1987, p. 1353
- D. L. Stevenson, D. P. Baker, The family-school relation and the child's school performance. *Child Development*, **58** (5), 1348-1357, 1987.
- D. L. Stufflebeam, Professional standards and principles for evaluations. In T. Kellaghan, D. L. Stufflebeam, L. A. Wingate (Eds.), *International handbook of educational evaluation* (pp. 279-302). Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands, 2003.
- P. Tagliatesta (a cura di), *Chimica generale e inorganica*. Edi.Ermes: Milano, 2016.
- J. J. G. van Merriënboer, P. A. Kirschner, *Ten steps to complex learning. A systematic approach to four-component instructional design*. Routledge: New York, 2018.
- L. S. Vygotsky. M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, E. Souberman (Eds.), *Mind in society. The development of higher psychological processes*. Harvard University Press: Cambridge, MA, 1978.
- T. Whitaker, *What great teachers do differently. 14 things that matter most*. Eye on Education: New York, 2004.
- K. W. Whitten, D. G. Gailey, R. E. Davis, *General chemistry with qualitative analysis*. 4th Ed. Saunders: Fort Worth, TX, 1992.
- U. Zoller, The fostering of question-asking capability. A meaningful aspect of problem-solving in chemistry. *Journal of Chemical Education*, **64** (6), 510-512, 1987.
- U. Zoller, Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, **70** (3), 195-197, 1993.

### Sitografia

- S1. <http://www.assam.marche.it/progetti1/biodiversita-agraria-delle-marche/banca-dati-repertorio-regionale/item/93-91-arancio-biondo-del-piceno>
- S2. [https://it.wikipedia.org/wiki/Citrus\\_sinensis](https://it.wikipedia.org/wiki/Citrus_sinensis)
- S3. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

- S4. <http://www.visjam.com/home/ricette-benessere/lista/benessere/Marmellata-e-confettura-un-p--di-storia.html>
- S5. <http://www.sapere.it/sapere/strumenti/domande-risposte/di-tutto-un-po/zucchero-usato-come-conservante.html>
- S6. <https://birrificiolamata.it/2019/03/26/la-birra-che-invenzione/>
- S7. <http://www.mondobirra.org/storiafoto.htm>
- S8. <http://www.antoninosicilia.it/birra/Gli%20Egiziani%20-%20La%20birra%20nel%20mondo%20antico.htm>
- S9. [https://www.antoninosicilia.it/sito\\_esame\\_web\\_avanzato/storia.htm](https://www.antoninosicilia.it/sito_esame_web_avanzato/storia.htm)
- S10. <http://www.saichearoma.it/la-birra-dei-romani-antichi/>
- S11. <https://www.birrasanbiagio.com/birra-origini/>
- S12. <http://www.mondobirra.org/storiaitaliana.htm>
- S13. <http://www.enterprisecomputer.it/>
- S14. <http://stefiusbh.blogspot.com/p/i-luppoli.html>
- S15. [https://www.microbirrifici.org/materie\\_prime6.aspx](https://www.microbirrifici.org/materie_prime6.aspx)
- S16. <https://www.mondobirra.org/homebrew4.htm>
- S17. <http://www.birrapertutti.it/imbottigliare-la-birra/>

Finito di stampare nel mese di maggio del 2020  
dalla tipografia «System Graphic S.r.l.»  
00134 Roma – via di Torre Sant'Anastasia, 61  
per conto della «Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale» di Canterano (RM)