



Società Chimica Italiana

La Chimica nella Scuola



Indice

- 5 Editoriale
L'acqua del mare rinforza il sistema immunitario
Luigi Campanella
- 7 Dalla Copertina
Peter J. Fensham
Liberato Cardellini
- 11 Dal volume molare alla solubilità della CO₂ in acqua
Giuseppe D'Angelo
- 29 La Chimica per la Luce: un percorso storico didattico
attraverso la storia delle reazioni chimiche sfruttate
dall'uomo per ottenere luce
Elena Lenci
- 43 Altre esperienze dal progetto PROFILES: la chimica in cucina
*Daniela Bianchini, Francesca Maria Foresi,
Giovanna Paccazzocco, Cinzia Principi, Liberato Cardellini*

L'acqua del mare rinforza il sistema immunitario

Una ditta spagnola ha messo in commercio bottiglie di acqua di mare ultra-filtrata o alternativamente purificata e rivitalizzata per ovvi motivi di sicurezza igienica che non sarebbe garantita da acqua di mare non trattata.

Quali le possibili applicazioni reclamizzate a giustifica di questa commercializzazione?

Innanzitutto gastronomiche utilizzando quest'acqua in luogo di quella corrente per la cottura soprattutto di pesce, ma anche per produrre pane ed originali birre o per essere utilizzata negli alimenti in luogo del sale. Da chimici è logico porgersi qualche domanda circa la relazione fra le proprietà chimico fisiche dell'acqua di mare ed i suoi usi, ovviamente accettato il principio della necessaria purificazione prima di qualsiasi impiego che la porti a contatto con l'organismo umano. Si tratta innanzitutto di una soluzione matura e stabilizzata di soluti diversi, quindi capace di rilasciare tali soluti. Essendo poi una soluzione a concentrazione variabile, ma intorno mediamente a 35 g/L essa risulta influenzata dall'effetto sale (se fosse a concentrazione tripla l'effetto prevalente sarebbe quello salatura con risultati completamente diversi); questo effetto comporta un aumento della solubilità in essa di tutte le specie ioniche; inoltre la capacità del sale a coordinare l'acqua rappresenta un inconveniente alla sua assunzione diretta che può produrre effetti molto negativi sulla pressione degli ipertesi: effetti che non si osservano se il sale viene sostituito nella preparazione e cottura degli alimenti da una sua soluzione, quale è appunto l'acqua di mare, che è anche antibatterica, stimolante del metabolismo, attiva contro reumatismi e dolori articolari; si può anche usare nelle trasfusioni, ed è il miglior mezzo di coltura. Solo in quest'acqua vivono i globuli bianchi (esperimento realizzato 100 anni fa e riprodotto all'Università di Alicante nel 2012).

Tra i più interessanti benefici dell'acqua di mare c'è anche quello che riguarda il drenaggio dei liquidi, da essa favorito grazie ad un processo di osmosi. Questo spiega perché fare il bagno in questa

acqua regala molti vantaggi sia per la salute della pelle, sia per l'azione vitalizzante e detergente.

Voglio concludere con una riflessione: avremmo un tesoro gratuito, invece lo degradiamo e poi lo ricompriamo a costi improponibili! Credo che questo processo meriterebbe un'attenzione particolare al livello della formazione per le ricadute didattiche e sociali possibili

Dalla Copertina

a cura di Pasquale Fetto
(pasquale.fetto@didichim.org)

Peter J. Fensham

Melbourne ottobre 1927

**di
Liberato Cardellini**



Peter J. Fensham

Una breve biografia

Il professore emerito Peter J. Fensham è attualmente un professore aggiunto alla School of Mathematics, Science and Technology Education, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia. Peter James Fensham è nato a Melbourne, Australia nell'ottobre del 1927, nello stesso anno in cui la prima persona, Charles Lindbergh, volò in solitaria attraverso l'Atlantico. A quel tempo, l'istruzione secondaria non era per tutti, eppure Peter, come studente gifted, ha trovato la strada per l'istruzione superiore ottenendo una borsa di studio alla Melbourne Grammar School, una scuola privata di alto livello. All'età di 17 anni, si è immatricolato per studiare scienze all'università. Dopo aver ricevuto la laurea, ha completato un master di ricerca. Nel 1949 veniva premiato con la prestigiosa Exhibition 1851 Research Scholarship (borsa di studio), che gli ha permesso di andare all'Università di Bristol, nel Regno Unito, a lavorare per un dottorato di ricerca in chimica dello stato solido.

A Bristol, Fensham ha incontrato Christine Fairweather e si sono sposati tre anni dopo, nel 1954. Nel 1952, andò a lavorare come postdoctoral fellow con il professore Hugh Stott Taylor, un chimico fisico alla Princeton University, negli Stati Uniti. Mentre era a Princeton, tramite il professore Hadley Cantrill, incontrò Sir Frederic C. Bartlett, uno psicologo di Cambridge, U.K. Dietro suo incoraggiamento, Fensham fece richiesta e ottenne una Nuffield Scholarship a Cambridge per intraprendere studi e ricerche in psicologia sociale. Nel 1956, ha completato il suo secondo dottorato di ricerca nell'area delle scienze sociali.

Vagliando le opportunità per tornare in Australia, gli fu offerta una posizione presso il Dipartimento di Chimica dell'Università di Melbourne nel campo della chimica dello stato solido. La sua ricerca in chimica fisica insieme ad alcuni studi minori nell'educazione hanno portato alla sua promozione come reader di chimica fisica. Nel 1967, gli è stata assegnata una cattedra in science education, la prima mai assegnata in Australia. A settembre di quell'anno, Fensham si trasferì alla Monash University, dove iniziò a sviluppare studi e ricerche nel settore dell'educazione scientifica. Rapidamente costituì un solido gruppo di ricerca che in breve guadagnò una reputazione internazionale per la sua università. Ha guidato questo gruppo di ricerca per 25 anni durante i quali i suoi interessi si sono estesi dall'equità nell'educazione in generale all'apprendimento concettuale delle scienze e alla politica del curriculum scientifico.

A livello internazionale, la Monash University divenne sinonimo di educazione scientifica; anche con Richard White, Paul Gardner e Richard Gunstone nel gruppo, molti prestigiosi colleghi da tutto il mondo furono attirati a spendere qualche tempo in quella università. Nel 1971, Fensham divenne il primo presidente nazionale dell'Australian Science Teachers' Association, e poco dopo iniziò quello che divenne una lunga collaborazione di lavoro con l'UNESCO nei paesi in via di sviluppo. L'ICASE (International Council of Associations for Science Education) ha riconosciuto i suoi contributi agli insegnanti di scienze, sia a livello locale che a livello internazionale, assegnandogli il premio Distinguished Service Award nel 1988.

Fensham è stato un visiting professor in un certo numero di università prestigiose in tutto il mondo, essendo il suo nome associato alla necessità di una riforma dell'istruzione scientifica e del cambiamento del programma scolastico nella direzione del suo articolo fondamentale, Science for All (La scienza per tutti) [1]. La scienza per tutti è una richiesta di accessibilità della scienza per tutti gli studenti, in contrasto con per solo o fondamentalmente per una minoranza di studenti, che potrebbero diventare i potenziali futuri scienziati. Il contenuto dell'istruzione scientifica dovrebbe possedere un significato utile per la maggioranza degli studenti, e costruire in essi un inte-

resse permanente e l'apprezzamento per le scoperte scientifiche.

Negli anni '90 ha lavorato nel Comitato Consultivo TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) per la Scienza, ed è stato un membro dello Science Expert Group degli studi PISA (Programme for International Student Achievement) dell'OCSE, dalla sua fondazione fino al 2009. In questo modo è rimasto in contatto con le problematiche più scottanti dell'istruzione scientifica mondiale. Attraverso la sua appartenenza ai comitati consultivi TIMSS e PISA, è divenuto un esperto della valutazione dell'apprendimento della scienza in vari ambienti. Nel 1998, è stato premiato con il Distinguished Researcher Award della National Association for Research in Science Teaching (NARST).

Nel 2010, in onore di Peter J. Fensham, la RACI (Royal Australian Chemical Institute) ha introdotto la Fensham Medal for Outstanding Contribution to Chemical Education per riconoscere i membri che hanno dato importanti contributi all'insegnamento della chimica e della scienza per un lungo periodo. È stato detto: *Peter Fensham's life and work has been characterized by two features: an enduring sense of inner commitment to the notion that science education matters; and a grave dissatisfaction with existing provision.* [2, p. 37]

Nel 1970, Fensham ha curato un libro, *Rights and Inequalities in Australian Education* [3], che ha assunto un'importanza fonamentale quando il nuovo governo australiano ha intrapreso importanti riforme del sistema educativo, oltre al rendere l'istruzione universitaria gratuita. Nel 1982, Fensham divenne Preside della Facoltà di Scienze della Formazione di Monash, una posizione che ha ricoperto per sette anni prima di riprendere il suo ruolo di professore di educazione scientifica. Mentre era preside, ha svolto un ruolo importante negli sviluppi delle riforme del programma scolastico raccomandate al governo dello stato di Victoria nel Blackburn Report, che, nel 1985 ha portato al Victorian Certificate of Education, una valutazione approfondita sul senso dell'educazione secondaria superiore.

Nel 1986 gli è stato assegnato l'AM (Member of the Order of Australia, la più alta onorificenza Australiana) come riconoscimento per il servizio reso alla comunità e all'istruzione.

Da allora, ha pubblicato molti articoli e diversi libri, molti noti, sull'istruzione scientifica, compresi *The Content of Science* (Con Gunstone e White) [4], *Defining an Identity* [5], e *Developments and Dilemmas in Science Education*, pubblicato nel 1988. [6]

Bibliografia

[1] P. J. Fensham, *J. Curric. Stud.*, **1985**, 17 (4), 415-435.

[2] 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: New York, 2003.

- [3] P. J. Fensham, (Ed.). *Rights and inequalities in Australian education*. Cheshire: Melbourne, 1970.
- [4] P. J. Fensham, R. F. Gunstone, R. T. White, (Eds.). *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*. The Falmer Press: London, 1994.
- [5] P. J. Fensham, *Defining an identity: The evolution of science education as a field of research*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands, 2004.
- [6] P. J. Fensham, (Ed.). *Developments and dilemmas in science education*. The Falmer Press: London, 1988.

Dal volume molare alla solubilità della CO₂ in acqua

Giuseppe D'Angelo

sitdang@teletu.it

Introduzione

Uno dei maggiori pregi della Chimica è il fatto che si tratta di una Scienza sostanzialmente sperimentale strettamente legata alla realtà. Da questo punto di vista le sue leggi, potendo essere dimostrate sperimentalmente, si rendono facilmente comprensibili anche da coloro che muovono i primi passi in questo specifico mondo scientifico. Proporre lo studio delle leggi sui gas e il concetto operativo di mole a degli studenti di un biennio di scuola superiore non sempre scatena grande entusiasmo e consenso se non lo si accompagna a significative esperienze di laboratorio in grado di dimostrare che non si tratta di concetti astratti da mandar giù e basta (magari a memoria).

In questo breve lavoro si vuole semplicemente condividere una serie di esperienze tra esse correlate in grado di dimostrare, ai nostri allievi, la grande importanza pratica dei concetti sopra ricordati. Sfruttando così il concetto di volume molare si propone inizialmente un'esperienza in grado di dimostrare praticamente come una mole di un qualsiasi gas occupi sempre lo stesso volume a parità di temperatura e pressione. La stessa strumentazione utilizzata per dimostrare il volume molare viene poi usata per misurare la solubilità in acqua dell'anidride carbonica.

Idea progettuale

Il piano operativo di questo percorso laboratoriale prevede più fasi. Inizialmente con la strumentazione scolastica, più avanti descritta, si predispone la verifica del volume molare facendo sviluppare una certa quantità di CO₂ dalla reazione tra carbonato di calcio e acido cloridrico:

$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (1). Lo scopo dell'esperienza è quello di verificare se, data una determinata quantità di carbonato di calcio, il volume di CO₂ previsto secondo il rapporto stechiometrico indicato dalla reazione corrisponde a quello reale misurato sperimentalmente.

Successivamente si eseguono una serie di test nei quali la medesima reazione la si fa avvenire in quantità d'acqua distillata di volta in volta aumentate di 20 mL. Lo scopo è quello di verificare la quantità di gas che rimane disciolto nell'acqua in condizioni di saturazione a pressione atmosferica. Tale quantità viene dedotta dalla differenza di volume di gas liberato e misurata tra una prova e l'altra. Se la quantità di gas liberato tra la

prima prova e quella successiva diminuisce poiché la reazione avviene in una quantità maggiore di acqua (ad es. doppia) vuol dire che una maggiore quantità di anidride rimane disciolta in tale quantitativo d'acqua.

Ciò esprime in ultima analisi la solubilità del gas medesimo in acqua.

Ambiente e strumenti

Prima di iniziare le nostre attività sperimentali abbiamo misurato la temperatura ambiente dell'aula laboratorio che variava leggermente nel corso della mattinata da 20 e 21 °C a causa della riaccensione dell'impianto di riscaldamento centralizzato.

La messa a punto dell'apparecchiatura per la misurazione del volume molare e della solubilità della CO₂ è stata un po' laboriosa perché bisognava assicurarsi che non ci fossero neanche minime perdite di pressione.

La struttura alla fine realizzata è quella delle foto di seguito riportate. In esse è possibile notare alcuni importanti accorgimenti utilizzati. Due beute codate (beuta A e beuta B) da 0,5 litri sono state collegate con un tubo di gomma lungo circa 10 cm. Una pipetta da 2mL, ritagliata su misura, è stata poi inserita in un tappo di gomma forato di idonea dimensione ed il foro è stato sigillato, dal lato inferiore, con della pellicola di paraffina che colmava l'intercapedine tra pipetta e tappo (Foto 1).

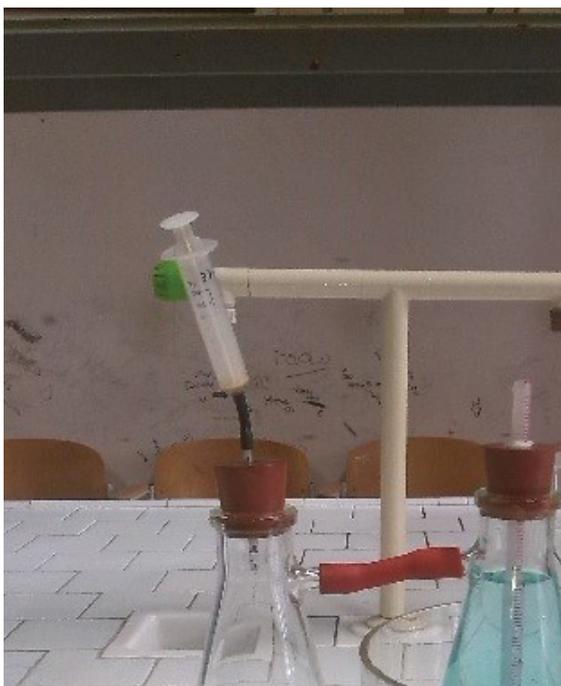


Foto 1 - Apparecchiatura utilizzata: a sinistra beuta A, a destra beuta B

All'estremità superiore di questa pipetta venne inserito un breve tubicino di plastica al quale veniva collegata poi una siringa per antibiotici utilizzata, di volta in volta, per iniettare l'acido cloridrico nella beuta A (Foto 2). Nella beuta B è stato pure inserito un altro tappo nel quale un adatto foro permetteva di accogliere una pipetta più ampia (da 10 mL), anch'essa ritagliata su misura. La pipetta più ampia, utilizzata in questa seconda beuta, serviva a far uscire l'acqua nel momento in cui questa veniva spinta dal volume di CO₂ che si sviluppava nella beuta A come conseguenza della reazione tra acido cloridrico e carbonato di calcio.



Foto 2- Tappo con pipetta da 2 mL per la beuta A

Al fine di assicurare una maggiore precisione nella procedura di prelievo dell'acido cloridrico è stata utilizzata una buretta alla quale, tramite un breve tubicino di gomma inserito all'estremità inferiore, è stata collegata una siringa (Foto 3). Una volta riempita la buretta con l'acido la si tappava debolmente per ridurre l'evaporazione dell'acido stesso. Il prelievo veniva effettuato dal basso per aspirazione, dopo aver aperto il rubinetto. In tal modo il volume di acido iniettato nella beuta A era sostanzialmente costante di prova in prova.

Il principio di funzionamento dell'apparecchiatura realizzata è molto semplice. Nella beuta A si fa avvenire la reazione tra acido cloridrico e carbonato di calcio. Il gas prodotto, espandendosi, esercita una certa pressione sull'acqua presente nella beuta B che risale lungo la pipetta inserita nel tappo di quest'ultima e si versa nella bacinella sottostante. L'acqua continuerà a salire lungo la pipetta finché non sarà raggiunto l'equilibrio tra pressione atmosferica e pressione della CO₂ all'interno della beuta A.

Raggiunto l'equilibrio la pipetta nella beuta B resterà colma d'acqua fino all'orlo. Il volume d'acqua spostato si potrà misurare raccogliendo in un cilindro graduato l'acqua versatasi nella bacinella.



Foto 3- Buretta per il prelievo di HCl

Modalità operative

Prima di aggiungere l'acido al carbonato nella beuta A, la beuta B è stata riempita con acqua prelevata dal rubinetto del laboratorio. La stessa è stata riempita fino al beccuccio¹. Inserito il tappo di gomma con la pipetta l'acqua riempiva quest'ultima fino all'altezza del beccuccio della beuta restando invece vuota per la parte superiore. Il volume di tale tratto vuoto era di circa 4,6 mL.

1, Nelle differenti prove che sono state condotte è stato importante controllare che il livello raggiunto dall'acqua venisse ripristinato fedelmente. Ciò perché una lieve differenza di altezza nella beuta B può determinare una variazione di qualche mL di acqua tra una misurazione e l'altra. Poiché le differenze di volume cercate tra le varie prove sono dell'ordine di pochi mL, la precisione nel ripristinare il livello di partenza diventa dunque essenziale. A tal fine è opportuno che all'inizio della prima prova si segni con un pennarello sulla beuta il livello raggiunto dall'acqua (puntando l'attenzione sul menisco formato). Così sarà più facile ad ogni prova ripristinare fedelmente il livello iniziale.

E' bene ricordarsi di questo volume quando, a reazione completata, si raggiunge l'equilibrio pressorio. Infatti, in questo caso, tale tratto di pipetta rimane pieno d'acqua pertanto bisognerà considerare tutto il volume della parte emersa della pipetta della beuta B, e tale volume va sommato a quello dell'acqua presente nella bacinella perché si tratta comunque di acqua spostata dal gas prodotto. Tenuto conto però che i 4,6 mL rimangono comunque colmati alla fine di ciascuna misurazione si potrebbe anche evitare di computarli considerando invece soltanto il volume della pipetta compreso tra il raggiunto livello finale dell'acqua nella beuta B e quello di partenza. Questo volume infatti è diverso in ogni prova. Abbiamo comunque optato per il primo metodo tenendo in considerazione tutto il volume della parte sopra livello della pipetta.

Il protocollo seguito prevedeva una serie di misurazioni secondo lo schema riportato in tabella 1. In tal modo si intendeva verificare la solubilità della CO₂ in acqua distillata facendo la media dei volumi dell'acqua spostata dalla beuta B. Più esattamente si calcolava la differenza del volume di acqua spostata tra una misurazione e quella successiva (minore della precedente) e poi, di tali volumi differenza, veniva calcolato il valore medio. Ogni volume differenza rappresentava la quantità di CO₂ disciolta in 20 mL di acqua distillata². Ciò perché in ogni prova successiva veniva utilizzato un volume d'acqua pari a quello precedente aumentato di 20 mL.

Tabella 1 - Schema di protocollo operativo seguito

Test	g di CaCO ₃	mL HCl	mL di H ₂ O distillata utilizzata	Tempi di attesa
1	0,5	≈ 2	0	pochi minuti
2	0,5	≈ 2	20	1 h / 2h
3	0,5	≈ 2	40	1 h / 2h
4	0,5	≈ 2	60	1 h / 2h

Variabili operative

Nel realizzare l'esperienza abbiamo dovuto tenere in debita considerazione due importanti variabili ambientali che sono la temperatura e la pressione atmosferica. In particolare la temperatura, nell'ambiente di laboratorio, variava di circa 1°C nel corso della mattinata e a volte anche di 2°C a causa

2. Cioè il minor volume d'acqua spostata (volume differenza) tra una prova e quella successiva era dovuto alla quantità di CO₂ che si era disciolta nella maggiore quantità d'acqua presente nella beuta A che quindi non contribuiva più a spostare acqua dalla beuta B.

dell'impianto di riscaldamento scolastico che riprendeva a funzionare la mattina e a causa delle cangianti condizioni climatiche esterne. La pressione atmosferica subiva spesso variazioni di alcuni millibar (a volte anche più di 10) da un giorno all'altro e di qualche mb anche durante il corso della mattinata. L'influenza dei suddetti fattori sulle misurazioni fatte è stata notevole. In particolare la pressione atmosferica ha rappresentato per noi un parametro non controllabile perché non potevamo mantenerlo costante. In effetti piccole variazioni termiche (spesso in aumento) modificano l'equilibrio pressorio e permettono di raccogliere un volume maggiore d'acqua dalla beuta B. Analogamente la variazione della pressione atmosferica durante la misurazione (che nelle prove preliminari durava anche diverse ore) determina una variazione della quantità di acqua raccolta. Sono state quindi effettuate una serie di prove preliminari al fine di verificare l'influenza della durata della misurazione sui volumi di acqua raccolta nella bacinella derivanti dalla beuta B. Si tenga conto, peraltro, che nelle prove preliminari effettuate per saggiare il comportamento del sistema è stato possibile eseguire solo una misurazione giornaliera. Quindi tutte queste misurazioni sono avvenute in giorni differenti con condizioni bariche cangianti. Si può facilmente comprendere che già una variazione in diminuzione di 3 mb nel corso della misurazione comporta una variazione di 3,059 cm di colonna d'acqua nella pipetta della beuta B ($300 \text{ Pa}/101325 \text{ Pa/atm} * 1033,227 \text{ cm}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{atm}$)³ corrispondenti a circa 1,39 mL nel caso della pipetta da noi utilizzata. Il che significa che l'acqua continua a fuoriuscire finché non si raggiunge un nuovo equilibrio pressorio con il nuovo valore della pressione atmosferica. Con la variazione di volume così ottenuta varia anche la solubilità della CO₂ nella beuta A e il delicato equilibrio dinamico tra CO₂ in fase liquida (soluzione satura!) e CO₂ in fase gassosa si sposta a favore di quest'ultima facendo aumentare la quantità di gas presente nella beuta A medesima. Questa nuova quantità di CO₂ gassosa espandendosi alla temperatura vigente (20/21°C) genera una ulteriore spinta e un ulteriore versamento di acqua dalla beuta B. Infatti se l'equilibrio liquido/gassoso della CO₂ non venisse alterato e la quantità di CO₂ libera presente nella beuta A rimanesse costante il versamento aggiuntivo d'acqua si completerebbe non appena si versano i 3,059 cm di colonna d'acqua dalla pipetta della beuta B. Ma a causa dell'ulteriore gassificazione il fenomeno continua a più riprese. In tutte le nostre prove non è stato possibile mantenere stabili temperatura e pressione contemporaneamente durante le misurazioni. Per quanto riguarda la temperatura si è riusciti a ridurre significativamente la sua variazione collocando l'apparecchiatura sperimentale con le due beute all'interno di una camera di crescita termostata (in

3 confrontata con: [3]

nostra dotazione) che isolava il nostro sistema dagli sbalzi termici esterni (vedi foto 4). Per quanto riguarda la pressione atmosferica abbiamo preso in considerazione le misurazioni fatte in condizioni bariche simili. Alcune misurazioni sono state ripetute diverse volte. Ciò nonostante le misurazioni effettuate erano sempre affette da inevitabili piccole differenze a parità di tipologia di prova. Buona parte di tali differenze vengono però compensate dalla media dei valori registrati. Sarebbe opportuno ripetere le misurazioni avendo a disposizione un ambiente controllato anche per quanto riguarda la pressione, cosa pressoché impossibile per un laboratorio scolastico. Comunque avendo a disposizione una stazioncina meteo o un semplice barometro da parete (come nel nostro caso) si può aspettare di fare le prove ogni volta che si ripresentano più o meno identiche le condizioni climatiche. Le considerazioni fatte in merito alla variazione della pressione atmosferica durante le misurazioni e i riscontri oggettivi delle prove preliminari ci hanno orientato a stabilire tempi di esecuzione delle prove finali relativamente brevi, così come riportato in tabella 1.



Foto 4 - Camera di crescita utilizzata come ambiente isolato termicamente dove far avvenire le misure di solubilità.

Calcolo del volume molare

Per tutte le prove si è impiegata una quantità di acido cloridrico pari a circa 2 mL (2,1 per la precisione) che rappresenta il volume realmente iniet-

tato nella beuta A. In pratica si prelevavano ogni volta 3 ml di acido con la siringa dei quali però soltanto 2,1 mL andavano a finire nella beuta mentre la rimanente parte restava adesa dentro il tubicino di plastica. Da un semplice calcolo si può verificare che la quantità era più che sufficiente a far reagire gli 0,5 grammi di carbonato aggiunto (vedi tabella di seguito riportata).

Tabella 2 – Calcolo mL di acido necessari per 0,500 grammi di carbonato

g CaCO ₃	PM CaCO ₃	moli CaCO ₃	moli HCl (2xmoli CaCO ₃)	PM acido	g HCl	densità acido	conc. HCl	g di HCl/mL	mL HCl da utilizzare	mL HCl in eccesso	moli HCl in eccesso
0,500	100,1	4,996x10 ⁻³	9,99x10 ⁻³	36,46	0,364	1,116	0,37	0,439	0,130	1,27	1,58x10 ⁻²

Al fine di verificare il volume molare è stato realizzato il seguente protocollo.

FASE 1

Inizialmente è stato misurato, a pressione di 1013 mb, il volume d'acqua spostato dalla beuta B come semplice conseguenza dell'immissione dell'acido cloridrico nella beuta A. L'immissione dell'acido provoca una variazione di volume a causa della gassificazione dello stesso⁴. Tale volume ammontava a circa 7,8 mL come è stato possibile misurare direttamente sulla scala graduata della pipetta. La variazione di volume così misurato va considerata per correggere eventualmente il volume ottenuto con la misurazione della fase successiva.

FASE 2

Avendo operato alla temperatura di 20 °C e alla pressione di 1013 mb (giornata con condizioni ambientali standard!) il volume di CO₂ atteso era il seguente:

Tabella 3 – Calcolo del volume di gas CO₂ sviluppato

P (atm.)	V (L)	n (moli)	R (L atm/K mol)	T (K)
1,00	0,120	4,996x10 ⁻³	0,0821	293

Si pesano quindi 0,5 g di carbonato di calcio e si pongono nella beuta A. Con una pipetta si lascia cadere qualche goccia d'acqua (poche) per far sciogliere il sale di calcio al fine di una migliore e rapida miscelazione con l'acido che viene aggiunto successivamente.

4. In effetti l'acido cloridrico ha una elevata tensione di vapore (190 hPa a 20 °C. Confronta con: [1]) pertanto genera una certa pressione di espansione quando liberato in un recipiente più grande.

Con la siringa si prelevano 3 mL di acido cloridrico dalla buretta e si versano nella beuta A dopo essersi assicurati della perfetta chiusura dei tappi di entrambe le beute ⁵. Ecco i dati ottenuti, riportati nella seguente tabella:

Tabella 4

Data	Temperatura °C	Pressione atmosferica (mb)	mL Acqua versata	mL Altezza acqua pipetta	mL Acqua residua	Totale mL acqua
06/02/2018	20	1013	113,5	8,1	≈ 1,5	123

I millilitri versati nella bacinella furono 113,5 e il volume della pipetta rimasto colmo d'acqua era in totale 8,1 mL (il livello dell'acqua nella beuta B si era abbassato). Nella bacinella e sulla beuta rimanevano però numerose gocce d'acqua adese. Si è stimato che il loro volume complessivo fosse di circa 1,5 mL. Quindi complessivamente il volume d'acqua spostato ammontava a 123 mL.

La differenza registrata rispetto al valore teorico atteso è da ricercare nell'espansione per gassificazione dell'acido iniettato nella beuta A. Va preso in considerazione il fatto che anche il valore teorico atteso va rivisto perché la pressione atmosferica esterna non è uguale a quella all'interno della beuta A. Infatti si deve aggiungere al valore pressorio esterno quello della colonna d'acqua della pipetta della beuta B. Poiché la variazione di volume misurata in quest'ultima è stata di 8,1 mL che corrispondono a: $8,1 \text{ mL} / 1,39 \text{ mL} / 3,059 \text{ cm} = 17,826 \text{ cm}^6$ di colonna d'acqua si ha che la pressione aggiuntiva di questa colonna d'acqua ammonta a 17,48 mb⁷. Quindi la pressione reale alla quale avviene l'equilibrio sarà: $1013 \text{ mb} + 17,48 \text{ mb} = 1030,47 \text{ mb}$. In queste condizioni il volume teorico diventa:

Tabella 5 – Calcolo del volume di gas CO₂ sviluppato (a pressione reale)

P (atm)	V (L)	n (moli)	R (L atm/K mol)	T (K)
1,017	0,118	$4,996 \times 10^{-3}$	0,0821	293

Si tratta quindi di circa 5 mL (123 mL - 118 mL) di acqua spostata in più rispetto al valore teorico. Quindi i 7,8 mL di acqua spostata dalla semplice gassificazione dell'acido misurati nella prova senza carbonato si sono ridotti a circa tre.

5. Prima di iniettare l'acido, sulla pipetta della beuta B è bene avvicinare un becher capovolto al fine di non far schizzare l'acqua fuori dalla bacinella per evitare perdite difficilmente recuperabili.

6. Confronta con quanto specificato al paragrafo "Variabili operative".

7. $1013_{(\text{mb/atm})} / 1033,227_{(\text{cm/atm})} * 17,826 \text{ cm} = 17,48 \text{ mb}$

Il motivo di questa riduzione può essere ricercato in differenti cause: errori accidentali non individuati, disomogeneità della reazione per presenza di grumi di carbonato di calcio che non fanno procedere la reazione con velocità uniforme⁸, consumo immediato dell'acido dalla reazione con il carbonato con conseguente diminuzione di tensione di vapore.

Tuttavia ritenendo di poter escludere perdite di gas per sfiato dai tappi o dal tubicino e vista la significativa precisione delle quantità d'acido prelevate dalla buretta è ragionevole ipotizzare che la variazione residua di volume dovuta alla gassificazione dell'acido, tenuto conto dell'abbassamento di tensione di vapore come risultato del consumo immediato dell'acido stesso durante la reazione, sia individuabile in quei circa 3 mL di differenza (in eccesso) che distanziano il nostro risultato da quello teorico (120 mL).

Misura della solubilità ⁹

Lo schema operativo presentato in tabella 1 ha richiesto numerose prove per essere individuato e adottato. Infatti escludendo la prima prova volta ad accertare soltanto il volume molare e che quindi non prevedeva l'aggiunta di acqua nella beuta A, tutte le altre prove richiedevano tempi di attesa variabili e piuttosto lunghi affinché si raggiungesse l'equilibrio pressorio. In particolare le prove con 40 e 60 mL di acqua richiedevano tempi molto lunghi, anche più di quattro ore di attesa ciascuna, per poter apprezzare l'avvenuto equilibrio. Però il variare dei volumi d'acqua raccolti a parità di tempo impiegato e di tipologia di prova ci ha fatto riflettere sull'influenza esercitata dai valori cangianti della pressione durante le prove stesse. La prova con 20 mL ad esempio richiedeva solo circa 1,5 ore per raggiungere l'equilibrio a differenza delle altre due che davano risultati cangianti da una misurazione all'altra. Sembrava intanto che la quantità di acqua presente nella beuta A influisse sui tempi necessari a raggiungere l'equilibrio. Però ripetendo una medesima prova per lo stesso tempo si ottenevano volumi d'acqua a volte significativamente differenti. E' evidente che per raggiungere l'equilibrio pressorio è necessario che la reazione tra acido cloridrico e carbonato di calcio presente in soluzione sia completata ed è altrettanto evidente che la velocità di questa reazione dipende dalla concentrazione dei reagenti. Quindi più acqua c'è minore è la concentrazione e minore sarà la velocità di reazione.

8. Ciò provoca cali di pressione interna con abbassamento del livello d'acqua nella pipetta o rallentamento della risalita della stessa. Con la ripresa della reazione si ha poi un nuovo guadagno pressorio con emissione di ulteriore acqua. Ma questo procedere altera la misura degli effettivi ml d'acqua spostati.

9. Va precisato che esistono altri metodi alternativi e di certo anche più sbrigativi per determinare la solubilità dei gas in acqua (confronta con [4]). Tuttavia abbiamo ritenuto che fosse comunque interessante proporre un percorso alternativo diverso dai soliti.

Tuttavia i risultati variabili ottenuti utilizzando tempi prolungati (3 ore, 4 ore, ed anche 5 ore) per le prove con 40 e 60 mL d'acqua ci hanno suggerito l'opportunità di imporre un tempo di attesa uguale per tutte le prove per ridurre gli effetti pressori indesiderati. Un tempo che non fosse troppo breve da non permettere il completamento della reazione tra acido e sale ma neanche troppo lungo da inficiare i risultati a causa dei valori cangianti della pressione. Infatti in un tempo di 3 o 4 ore abbiamo registrato variazioni di pressione atmosferica anche di 3 mb. Ci è sembrata quindi accettabile l'idea che un tempo di esecuzione di 1 o 2 ore potesse offrirci risultati comparabili tra le differenti prove al fine di stimare la solubilità della CO₂.

Quando nella beuta A sono presenti solo 20 mL d'acqua tale equilibrio si raggiunge prima per via del ridotto volume d'acqua presente e 2 ore sono più che sufficienti. Con 40 e 60 mL d'acqua la reazione si completa ugualmente in 2 ore e si evitano grossi problemi legati alle variazioni della pressione atmosferica. Il volume d'acqua così raccolto sarà comunque correlabile con la solubilità della CO₂ in acqua. Tempi lunghi di attesa determinavano differenze volumetriche (di acqua spostata dalla beuta B) progressivamente minori tra una tipologia di prova e quella successiva. In altre parole si osservava una solubilità della CO₂ decrescente al passare del tempo pur restando la temperatura costante.

Sappiamo poi che per ogni temperatura esiste un valore correlato di energia cinetica per il quale le particelle gassose riescono a vincere le interazioni chimiche che le tengono legate alle molecole dell'acqua. Minore è l'energia cinetica associata alle particelle maggior presa avranno le forze di legame con l'acqua e maggiore sarà la solubilità del gas. Viceversa più alta è la temperatura e minore presa avranno le medesime forze di legame e più bassa sarà la solubilità.

Sappiamo infatti che in soluzione si istaura il noto equilibrio tra anidride carbonica e acido carbonico: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

Tale equilibrio può essere spostato a destra o a sinistra da specifici valori termici (oltreché pressori). Si è deciso quindi di rispettare la tempistica riportata in tabella 1. Si comprende certamente come un tale delicato equilibrio possa essere facilmente alterato da qualsiasi movimento in grado di agitare la soluzione o da variazioni della temperatura ambientale¹⁰.

10. E' importante che la temperatura ambiente rimanga costante durante l'esecuzione di ciascuna prova e sempre uguale per tutte le prove (nel nostro caso 20/21 °C). Quindi le prove vanno condotte quando l'impianto di riscaldamento è a regime e non nelle prime ore mattutine. Le variazioni termiche possono inficiare le prove stesse. Non sempre però è possibile escludere variazioni termiche durante le misurazioni, vista la notevole durata delle stesse. Pertanto come già sopra specificato abbiamo preferito collocare le nostre beute all'interno della nostra camera di crescita.

Pertanto le differenti misurazioni sono state effettuate non muovendo le beute per tutta la durata delle singole prove e isolando il sistema operativo dalle oscillazioni termiche ambientali. Subito prima di iniettare l'acido nella beuta A, in cui è già presente la specifica quantità d'acqua con il relativo carbonato di calcio, è necessario agitare per pochi secondi la beuta stessa al fine di facilitare il rimescolamento e la dispersione del sale medesimo. Ciò faciliterà la reazione in seguito all'aggiunta dell'acido. Quindi si lascia fermo il sistema fino a quando non si decide di interrompere la misurazione. Come valore di riferimento della solubilità è stata considerata la solubilità di 1,45 g/L alla temperatura di 20 °C¹¹. Tale valore corrisponde anche ad una solubilità di 15,83 ml di CO₂/20 mL di acqua come è possibile rendersi conto dalla seguente tabella:

Tabella 6

Solubilità CO ₂ (g/L)	g CO ₂ solubili in 20 mL di H ₂ O distillata	PM CO ₂	n° moli in 20 mL di H ₂ O distillata			
1,45	0,029	44,01	6,589x10 ⁻⁴			
Volume in mL occupato da 6,589x10 ⁻⁴ moli di CO ₂	Volume in L occupato da 6,589x10 ⁻⁴ moli di CO ₂	Pressione (atm)	Temperatura (K)	R (L atm/K mol)	n (mol)	vol H ₂ O considerato (L)
15,83	1,583x10 ⁻²	1,00	293	0,0821	6,589x10 ⁻⁴	2,00x10 ⁻²

Per essere precisi bisogna tenere in conto che immettendo 2,1 mL di acido cloridrico nella beuta A non si immette solo acido ma anche una certa quantità d'acqua visto che la concentrazione dell'acido (indicata sulla confezione) è del 37%. E' possibile calcolare tale quantità d'acqua, che si aggiunge a quella immessa nella beuta nella quale avviene la solubilizzazione della CO₂ (tabella 7).

Tabella 7 – Calcolo dei mL di acqua nell'acido

mL acido utilizzato	densità acido	conc. acido	g compl.	g acido	PM acido	moli di HCl	g di H ₂ O in acido (mL)	moli di H ₂ O derivanti dall'acido	PM H ₂ O	g di H ₂ O derivanti dall'acido (mL)	g di H ₂ O compl. (mL)
2,10	1,186	0,37	2,491	0,922	36,46	0,02528	1,569	0,01264	18,01	0,2276	1,797

11. Confronta con [2]

Nella esecuzione delle singole prove con differenti quantità d'acqua è stato considerato l'effetto volumetrico dovuto alla gassificazione dell'acido quando iniettato nella beuta A. In dei test condotti senza carbonato di calcio è stato possibile verificare che gli ml di acqua spostata ammontavano mediamente a 4,7 mL con una pressione ambiente pari a 1013 mb con variazioni non significative in relazione alle differenti quantità d'acqua presenti nella beuta A (20 mL, 40 mL o 60 mL). Si registrava in ultima analisi un effetto costante dovuto all'espansione dell'acido quando quest'ultimo si versava nella beuta A dalla corta pipetta inserita nel tappo. Ovviamente la presenza dell'acqua nella quale si scioglieva l'acido riduceva in qualche misura la sua tensione di vapore all'interno dell'apparecchiatura per cui non si avevano più i 7,8 mL di variazione registrati nella prova a secco fatta nella **FASE 1**.

Non potendo valutare con precisione tale effetto nelle prove condotte in presenza di carbonato¹² si è deciso di non apportare correzioni volumetriche alla fine di ogni misurazione considerando come valore di riferimento iniziale il volume d'acqua spostato nella misurazione fatta per accertare il Volume Molare (123 mL). In base poi al trend generale delle varie prove si sarebbe potuto decidere di apportare eventuali correzioni.

La tabella 8 riporta i dati relativi alle differenti misurazioni effettuate¹³.

Le misure ricavate ci permettono di determinare la solubilità media della CO₂ in acqua (tabella 8).

Il primo rigo della tabella 8 riporta, in colonne C4 e C5, il volume di gas ottenuto dalla reazione a secco tra acido cloridrico e carbonato di calcio (Volume Molare). Nelle colonne C6 e C8 sono riportati i valori differenza dei volumi d'acqua spostati. Ciascun valore corrisponde alla differenza dei valori riportati in colonna C4 e C5 tra rigo precedente e rigo successivo in ciascuna di esse. Nelle colonne C7 e C9 vengono riportati i valori della solubilità in 20 mL di acqua distillata rispettivamente per la durata della misurazione di 1 ora e di 2 ore. Tali valori sono stati ottenuti dividendo il valore differenza (rigo 1 – rigo n , con $n = 2,3,4$) riportato nelle colonne C6 e C8 per il volume d'acqua utilizzato nella singola prova (colonna C3) e moltiplicando poi il risultato per 20. La media delle suddette misurazioni ha dato i valori riportati in rosso nelle colonne C7 e C9.

12. Infatti, oltre alla variazione di tensione di vapore dovuta alla presenza dell'acqua nella beuta, bisognava tenere conto della variazione dovuta alla riduzione della quantità di acido consumato istantaneamente nella reazione con il carbonato.

13. Per ciascun volume d'acqua di riferimento (20 mL, 40 mL e 60 mL) sono stati effettuati due prelievi successivi raccogliendo con una pipetta l'acqua versata dalla beuta B. Un primo prelievo è stato fatto dopo un'ora, il secondo dopo due ore.

Tabella 8. Dati relativi alla reazione di 0,500 g di CaCO₃ con 2,10 mL di soluzione di HCl: 1,80 mL complessivi di H₂O (volume aggiunto + acqua derivante da HCl)

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Test	mL H ₂ O distillata aggiunta	Vol. complessivo acqua in cui avviene la reazione	mL H ₂ O spostata (vol. CO ₂) Reazione in acqua distillata (in 1 ora)	mL H ₂ O spostata (vol. CO ₂) Reazione in acqua distillata (in 2 ore)	Differenza mL H ₂ O spostata – vol. CO ₂ disciolta (Dato rigo precedente – dato rigo successivo colonna C4)	Solubilità della CO ₂ in 20 mL di H ₂ O distillata (t = 1 ora)	Differenza mL H ₂ O spostata – vol. CO ₂ disciolta (Dato rigo precedente – dato rigo successivo colonna C5)	Solubilità della CO ₂ in 20 mL di H ₂ O distillata (t = 2 ore)	Solubilità CO ₂ (mL CO ₂ /mL H ₂ O)	mL CO ₂ /20 mL H ₂ O
1	0	1,80	123	123	---				0,79	15,83
2	20	21,80	105,7	109,3	17,3	15,87	13,7	12,57		
3	40	41,80	93,1	97,2	12,6	14,31	12,1	12,35		
4	60	61,80	74,8	80	18,3	15,60	17,2	13,92		
			Media		16,07	15,26	14,33	12,94		

Come è possibile osservare la solubilità media riscontrata con un tempo di attesa pari ad 1 ora è più vicina al valore teorico rispetto alla solubilità media ottenuta con un tempo di attesa pari a 2 ore (vedi grafico 1).

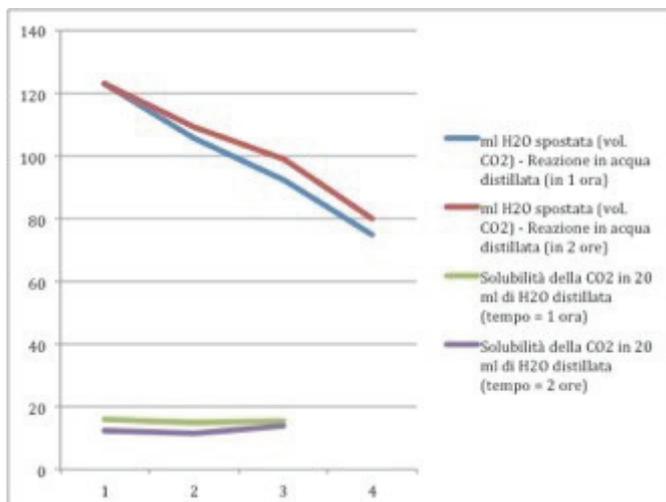


Grafico 1 – La solubilità media (linea viola) con 2 ore di attesa è mediamente più bassa di quella ottenuta con 1 ora di attesa (linea verdino)

Va osservato che i volumi d'acqua spostati, così come riportati in tabella 8, andrebbero corretti (soprattutto quelli relativi alla prova con 60 ml d'acqua) per tener conto delle differenti condizioni bariche. Come già ricordato ad una variazione barica di un millibar corrisponde mediamente una variazione di acqua spostata pari a circa 0,46 mL. In tal modo potremmo correggere soprattutto gli ultimi due valori riportati in tabella aggiungendo ad entrambi 1,84 mL ($0,46 * 4$)¹⁴ portandoli così rispettivamente a 76,64 e 81,84. Anche con questa correzione l'andamento della solubilità, così come accertata, verrebbe comunque confermato (con una piccola diminuzione del suo valore medio). Si è visto inoltre che aumentando il tempo di attesa necessario per raggiungere l'equilibrio la linea nel grafico 1 che rappresenta i millilitri di acqua spostata assume via via una minore pendenza. In altre parole si osserva una graduale minore solubilità della CO₂ in acqua (come evidenziano le linee verde e viola).

14. Bisogna aggiungere (e non sottrarre) 1,84 mL perché con una pressione normale di 1013 mL la quantità di acqua spostata sarebbe stata maggiore di quanto lo è con una pressione di 1017 mb.

Probabilmente con un tempo di attesa inferiore ad un'ora il valore sperimentale potrà uguagliare quello teorico. Ma questa è una ipotesi che ci ripromettiamo di verificare. Questo trend evidenziato conferma quello che era stato intuito in merito alle conseguenze delle variazioni (anche minime) della pressione atmosferica sul delicato equilibrio che si instaura tra la CO₂ disciolta e quella libera. Un'ultima considerazione va fatta sui valori riportati in colonne C6 e C8 della tabella 8. Il primo e il terzo valore si discostano in modo piuttosto significativo dalla media. Ci sono due differenti motivi per giustificare tali scostamenti. Per quanto riguarda il primo valore (quello relativo alla prova con 20 mL d'acqua distillata) è corretto ipotizzare una, pur sempre modesta, influenza sul volume d'acqua spostata causata dalla gassificazione dell'acido cloridrico (come specificato al paragrafo *Calcolo del volume molare*). Infatti una cosa è far avvenire la reazione in assenza di acqua ed un'altra falla avvenire in presenza di 20 mL d'acqua. Dobbiamo considerare il volume di gassificazione dell'acido, maggiore in assenza d'acqua. Per quanto riguarda invece il terzo valore (relativo alla prova con 60 mL d'acqua distillata) è necessario considerare la maggiore lentezza della reazione che avviene in un volume d'acqua tre volte maggiore. Per quest'ultima prova è evidente che necessiterebbe un tempo maggiore al quale corrisponderebbe un volume d'acqua spostato maggiore. Ciò porterebbe, come conseguenza, ad una riduzione del volume differenza registrato ed un migliore parallelismo delle linee verde e viola del grafico 1.

Conclusioni

Scopo principale di tutte le attività di laboratorio, fatte in ambito scolastico, è quello della dimostrazione della validità delle leggi e dei principi teorici studiati. L'esperienza che è stata presentata propone diverse occasioni per dimostrare la correttezza dei principi studiati. Il valore trovato del Volume Molare conferma (al di là degli errori sperimentali!) la perfetta validità delle leggi sui gas i quali si comportano dunque in modo realmente prevedibile. Si dimostra anche l'essenzialità operativa del concetto di mole. Infatti la possibilità di calcolare un preciso volume di CO₂ dipende a sua volta da quella di poter prevedere il corretto numero di moli di tale gas che verrà prodotto, secondo precisi rapporti stechiometrici, da una specifica reazione. Ma la cosa più formativa e interessante è stata la comprensione di come agivano i fattori ambientali temperatura e pressione atmosferica sul delicato equilibrio pressorio. Il variare dei volumi d'acqua spostati dalla beuta B tra una misurazione e l'altra, a parità di tipologia di prova, ha inizialmente messo alla prova la nostra pazienza. Dopo aver indagato e capito i motivi di tali variazioni è stato possibile circoscrivere le oscillazioni ed ottenere risultati compatibili. I risultati analitici ottenuti con l'esperienza appena proposta si possono ritenere sostanzialmente attendibili a condizione

che si valuti tale loro attendibilità tenendo conto di come possono aver influito di volta in volta la pressione atmosferica e la temperatura ambiente. Probabilmente ogni misurazione è da considerare un evento unico sotto questo punto di vista. E' anche ipotizzabile che calibrando meglio i tempi di esecuzione e le condizioni operative si possano raggiungere valori di solubilità ancora più precisi ed affidabili. Altro fattore limitante da tenere in considerazione è poi l'apparecchiatura approntata per realizzare l'esperienza che non possiamo certo definire un precisissimo strumento analitico! E' sempre possibile che si verifichi qualche errore sistematico. E' infatti vero che l'esecuzione delle numerose prove è stata anche una conseguenza del fatto che abbiamo dovuto risolvere numerosi problemi tecnici relativi alla messa a punto della strumentazione utilizzata. Ciò ha reso nell'insieme la nostra attività realmente sperimentale. Riscontrato un problema bisognava capirne la causa e trovare una soluzione operativa. Ciò ovviamente comportava ripetere tutte o buona parte delle prove già effettuate. Da quanto detto si comprende come l'esperienza proposta non rappresenti di certo un nuovo metodo analitico da suggerire in alternativa a quelli ufficiali perché troppi sono i fattori che creano una indesiderata variabilità nelle misure. E' evidente infine che realizzare in un'ora di laboratorio l'intera esperienza proposta è impossibile. Come abbiamo visto i tempi tecnici di attesa sono significativi. E' però possibile suddividerla in più fasi e momenti in modo da responsabilizzare gli alunni anche nel monitoraggio e controllo delle singole fasi. Così, ad esempio, la verifica del volume molare potrebbe essere realizzata in una singola ora di laboratorio, mentre la determinazione della solubilità della CO₂ potrebbe essere realizzata in altri tre momenti laboratoriali in giorni differenti. Si tratta di una esperienza che potrebbe andare bene per classi seconde e terze di un qualsiasi Istituto Superiore. E' doveroso poi sottolineare l'importante contributo che può dare l'assistente tecnico di laboratorio soprattutto quando ci si trova ad eseguire esperienze, come questa, che richiedono numerose prove da eseguire e la presenza costante di un operatore in laboratorio. Da questo punto di vista noi siamo stati fortunati grazie alla particolarmente attiva partecipazione del nostro tecnico, il sig. Strano Salvatore.

Bibliografia e sitologia

- [1] https://www.carlroth.com/downloads/sdb/it/4/SDB_4625_IT_IT.pdf
 - [2] https://it.wikipedia.org/wiki/Anidride_carbonica
 - [3] [https://it.wikipedia.org/wiki/Atmosfera_\(unit%C3%A0_di_misura\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Atmosfera_(unit%C3%A0_di_misura))
 - [4] https://laureescientifiche.cineca.it/allegati/PRLS_10/IT/0009-PRLSH149WC_02/al_0003.pdf
- http://www.chimica-online.it/download/soluzioni/solubilita_e_legge_henry.htm
<http://www.chimicamo.org/chimica-analitica/equilibrio-acido-carbonico-biossido-di-carbonio.html>

<http://www.chimicamo.org/chimica-fisica/la-solubilita-dei-gas-e-la-legge-di-henry-con-i-relativi-esercizi.html>

https://it.wikipedia.org/wiki/Legge_di_Henry

<https://it.wikipedia.org/wiki/Solubilit%C3%A0>

https://it.wikipedia.org/wiki/Volume_molare

La Chimica per la Luce: un percorso storico didattico attraverso la storia delle reazioni chimiche sfruttate dall'uomo per ottenere luce

Elena Lenci

Dipartimento di Chimica "Ugo Schiff", Università degli Studi di Firenze,
Via della Lastruccia 13, 50019, Sesto Fiorentino (FI), Italia
elena.lenci@unifi.it

Riassunto

Se oggi è normale pensare di "accendere la luce" semplicemente premendo un interruttore, fino agli inizi del '900 era la chimica a giocare un ruolo fondamentale nel campo dell'illuminazione. Questo percorso didattico, progettato per una classe quarta di un Istituto Tecnico Tecnologico, si propone di stimolare gli studenti a riflettere su come l'energia chimica delle varie sostanze possa essere liberata generando luce e calore, seguendo un racconto storico che va dalle lampade ad olio dei romani fino alla moderna chemiluminescenza.

Abstract

Nowadays it is natural to think that "turning on the light" can be done simply by flipping a switch. However, until the beginning of the 20th century, chemistry has played a relevant role in the field of lighting. This educational project has been designed for 16-years-old students of a Technological Institute in 2015, International Year of Light, during an Italian Teachers Traineeship (TFA). Following an historical approach, from the roman oil lamps to the modern chemiluminescence, students have been stimulated in thinking about several key aspects of chemistry, such as how the energy held in the chemical bonds of molecules can be transformed into light and heat.

Introduzione

Questo percorso didattico è stato progettato durante un'esperienza di Tirocinio Formativo Attivo nel 2015, anno in cui l'UNESCO ha celebrato l'Anno Internazionale della Luce [1] ed è stato presentato nel corso del XXVI-esimo congresso della Società Chimica Italiana [2].



INTERNATIONAL
YEAR OF LIGHT
2015

Anche se la luce è un argomento che di solito viene affrontato all'interno dell'insegnamento della Fisica, è molto importante far capire agli studenti quanto la chimica sia stata cruciale prima dell'avvento della lampadina elettrica, e quanto ancora svolga un ruolo centrale nel campo dell'illuminazione e in generale nella vita di tutti i giorni.

Sfruttando la strategia pedagogica della lezione narrativa (strategia sempre più consigliata anche per la didattica delle scienze, alla luce della valorizzazione del pensiero narrativo data da autori come Bruner e Schank) [3], gli studenti vengono stimolati a ragionare su concetti chiave delle varie aree disciplinari della chimica, riflettendo in particolare su come l'energia chimica possa essere trasformata in luce e calore.

Prerequisiti

Pur non rientrando nella normale progettazione curricolare delle scuole medie superiori, questo percorso è stato progettato per gli studenti di una classe quarta 4° Istituto Tecnico Tecnologico (Indirizzo Chimica, Materiali e Biotecnologie), in quanto per poter affrontare i vari spunti di riflessione che scaturiscono da questo percorso è necessario che gli studenti posseggano diversi prerequisiti, tra cui:

- conoscere la struttura atomica della materia;
- conoscere operativamente il fenomeno della combustione e dell'emissione di luce da parte di composti eccitati;
- saper distinguere tra trasformazione chimica e trasformazione fisica;
- aver acquisito il concetto di energia chimica e saperlo analizzare durante una trasformazione chimica;
- saper rappresentare i composti inorganici e semplici composti organici attraverso le loro formule di struttura;
- saper investigare e bilanciare le reazioni chimiche, in particolare quelle di ossidoriduzione.

Il percorso può comunque essere riadattato (eliminando molti approfondimenti e richiami teorici) anche per una classe del biennio, come percorso narrativo e divulgativo.

Obiettivi specifici di apprendimento

L'obiettivo principale del percorso è mostrare come l'uomo ha saputo sfruttare l'energia chimica contenuta nelle molecole per ottenere luce e calore. In particolare gli studenti alla fine del percorso potranno:

- comprendere il fenomeno della combustione dal punto di vista della chimica fisica;
- comprendere i fenomeni legati allo sviluppo del colore della fiamma;
- conoscere i principi teorici del saggio alla fiamma e il suo utilizzo per il riconoscimento di specie metalliche;
- conoscere i principi alla base della chemiluminescenza e le possibili applicazioni in chimica analitica;
- comprendere e saper analizzare le differenze strutturali delle molecole presentate nel corso della lezione (in particolare tra etano, etene e etino, per la chimica organica, e tra fosforo rosso e fosforo bianco, per la chimica inorganica);
- saper distinguere il fenomeno dell'incandescenza da quello di luminescenza;
- collegare la struttura di una molecola alla sua energia interna e alla capacità di sviluppare calore e luce;
- interpretare i fenomeni alla base dell'emissione della luce in base al contesto e al tipo di trasformazione chimica o fisica coinvolta.

Descrizione del percorso

Il percorso è suddiviso in 3 parti che seguono un filo storico-narrativo (come mostrato schematicamente in Figura 1):

1. **La combustione dei composti organici.** In questa prima parte vengono mostrate agli studenti le prime forme d'illuminazione: le lampade ad olio, le candele e i lampioni a gas. Questa semplice premessa permette di riflettere sulla chimica fisica del fenomeno della combustione e di analizzare il concetto di combustibile, sia dal punto di vista della struttura molecolare che dal punto di vista della chimica industriale. Seguendo l'approccio con cui Michael Faraday ha spiegato i fenomeni dietro alla luce di una candela, viene poi proposta agli studenti un'attività di problem solving, con lo scopo di imparare a distinguere tra incandescenza e chemiluminescenza, nonché riflettere sulle differenze strutturali ed energetiche di vari idrocarburi.
2. **La chimica inorganica al servizio della luce.** In questa seconda parte vengono presentate alcune reazioni di ossidazione di metalli e di non metalli che sono state sfruttate fino a inizio novecento per fare luce. Partendo dalla scoperta del fosforo nel 1669 e del magnesio per fare i flash e i fuochi d'artificio, verranno mostrati alcuni concetti

importanti della chimica generale e inorganica, tra cui la differenza di reattività tra il fosforo bianco e il fosforo rosso in relazione alle loro caratteristiche strutturali.

3. **La chemiluminescenza.** In questa ultima parte del percorso vengono illustrati i diversi tipi di luminescenza, soffermandosi in particolare sulla bio- e sulla chemiluminescenza. Vengono affrontate inoltre alcune applicazioni della luminescenza in chimica analitica, sia quantitativa che qualitativa, tra cui l'applicazione del Luminol per la rilevazione di tracce di sangue in analisi forensi.

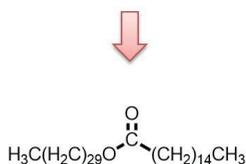
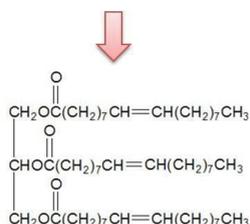
	<p>1) La combustione dei composti organici</p> <ul style="list-style-type: none"> • Olio, cere e gas illuminante: i combustibili • La chimica fisica della combustione • Attività di problem solving: A cosa è dovuta la fiamma? • La lampada ad acetilene • In laboratorio: il colore del fuoco e il saggio alla fiamma
	<p>2) La chimica inorganica al servizio della luce</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'ossidazione del fosforo bianco e le differenze strutturali tra fosforo bianco e fosforo rosso • L'ossidazione del magnesio per i flash e i fuochi d'artificio • L'incandescenza dell'ossido di calcio e le luci della ribalta nel teatro • Il tungsteno e la lampadina elettrica di Edison
	<p>3) La chemiluminescenza</p> <ul style="list-style-type: none"> • I diversi tipi di luminescenza • La bio- e la chemiluminescenza • La chemiluminescenza in chimica analitica • In laboratorio: Sintesi del Luminol e ricerca di tracce di sangue

Figura 1

Prima parte: La combustione dei composti organici

La prima fonte d'illuminazione sfruttata dall'uomo è stata la semplice combustione di materiale organico: prima la legna, poi l'olio, come nelle lampade dei romani, la cera delle candele a partire dall'alto medioevo, e infine il gas nei lampioni, simbolo dell'illuminazione pubblica e del benessere che si diffuse nelle città come la Ville Lumiere (Parigi) a partire dall'Ottocento (Figura 2). Questa semplice premessa narrativa permette di soffermarsi su un primo concetto chiave della chimica, il concetto di combustibile. Gli studenti hanno spesso un'idea vaga di combustibile, associato molte volte solo ai derivati del petrolio. Tuttavia, è bene sottolineare che si definiscono combustibili tutti quei composti che reagendo con un

comburente (solitamente ossigeno) liberano una grande quantità di energia e che risultano quindi combustibili gli idrocarburi fossili derivati del petrolio (gas naturale, benzine, carbone e derivati), ma anche i lipidi (come l'olio di oliva, trigliceride dell'acido oleico o la cera d'api, palmitato di triacantano), i carboidrati, H_2 , l'idrazina (N_2H_4) o il tetraossido di azoto (N_2O_4) che vengono usati come propellenti per i razzi. Questo spunto di riflessione permette di aprire una discussione e una parentesi sulle nuove tecnologie per la produzione di combustibili alternativi e rinnovabili, nonché lo studio approfondito di alcuni di essi.

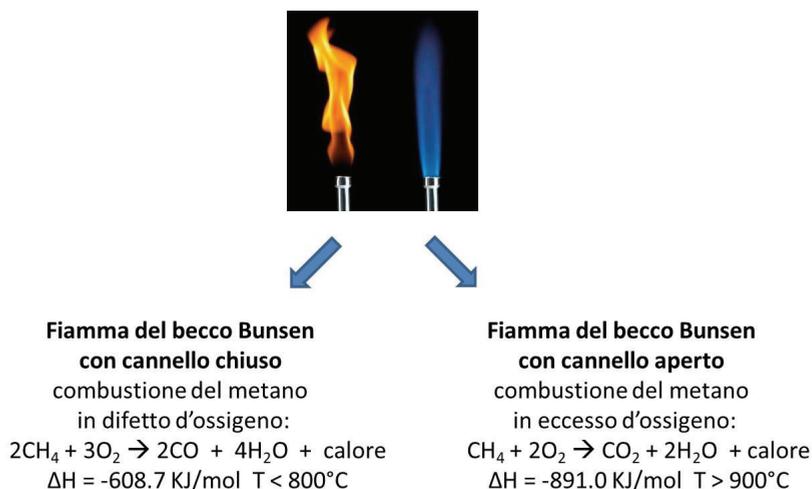


↓

miscela di gas prodotta per distillazione del litantrace: idrogeno (H_2), metano (CH_4), monossido di carbonio (CO) e etilene (C_2H_6).

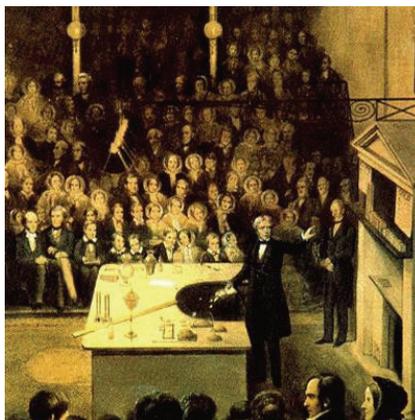
Figura 3

Nell'ottica di un percorso di riflessione sullo sviluppo della luce, è importante anche collegare la combustione all'illuminazione, facendo notare agli studenti come la quantità di energia liberata non sia direttamente collegata alla luce sviluppata nel processo di combustione. Un semplice esempio di questo concetto viene mostrato grazie alla combustione del metano: in presenza di ossigeno viene infatti scambiato più calore e la temperatura di fiamma è più alta, mentre in difetto d'ossigeno si ha la temperatura più bassa. Al contrario, andando in laboratorio e osservando la fiamma di un becco bunsen con il cannello aperto o chiuso, si osserverà che in eccesso di ossigeno la fiamma ha una tenue luce blu, mentre in difetto d'ossigeno la fiamma ha un colore giallo molto più brillante che ci illumina meglio (Figura 3). La stessa osservazione può essere fatta osservando la fiamma ossidrica, prodotta dalla combustione dell'idrogeno con l'ossigeno, che genera una fioca luce blu (pur essendo a una temperatura elevatissima), mentre quella derivante dalla combustione dell'acetilene con l'ossigeno dà un'intensa luce bianca.

**Figura 3**

Questo fenomeno era stato descritto anche da Michael Faraday (Figura 4) ne «La Storia Chimica di una Candela» [4]:

“Non è magnifico capire come stia avvenendo un tale processo, e in quale modo delle cose sporche come il carbone possano diventare incandescenti? Vedete che tutte le fiamme luminose contengono queste particelle solide; tutte le cose che bruciano e che producono particelle solide durante la combustione, come nella candela, o subito dopo la combustione, come nel caso della polvere da sparo e della limatura di ferro, tutte quante ci danno questa magnifica e piacevole luce».

**Figura 4**

Infatti, la luce emessa dalla sola combustione è dovuta alla radiazione emessa da specie eccitate (come ad esempio C_2^* , CH^* e OH^*) che si formano durante la reazione di ossidazione e che tendono a formare allo stato fondamentale emettendo energia sotto forma di calore e di radiazioni intorno a 300 – 400 nm (luce blu). Mentre la combustione di solo idrogeno dà come risultato l'emissione di luce blu, bruciare composti organici con importanti quantità di carbonio (soprattutto se in difetto di ossigeno) porta alla formazione di fiamme giallo-arancione, grazie al fenomeno dell'incandescenza delle particelle di fuliggine che comportandosi da corpi neri emettono il calore assorbito sotto forma di radiazioni in tutte le possibili lunghezze d'onda (luce bianca). L'incandescenza (dal latino candescere, "diventare bianco") è quel fenomeno fisico secondo cui tutti i corpi solidi, riscaldati oltre una certa temperatura, emettono luce bianca o approssimativamente tale. La luce delle candele non è perciò il risultato diretto dell'energia emessa sotto forma di energia radiante della combustione, bensì è dovuta più che altro all'incandescenza delle particelle di fuliggine. Sono proprio queste, come diceva Faraday, a garantirci più luce (Figura 5).



Figura 5

La combustione è una reazione di ossidoriduzione fortemente esotermica, caratterizzata da un consistente sviluppo di calore. Affinchè una reazione sia fortemente esotermica, la differenza di energia interna tra reagenti e prodotti deve essere molto significativa. Questo si riflette spesso, nei composti organici, in differenze strutturali marcate, tra cui il numero e la forza dei legami intramolecolari.

Ad esempio confrontando i tre composti idrocarburi a due atomi di carbonio (etano, etene e etino, Figura 6) si può notare come il composto più reattivo sia l'acetilene. Questo composto contiene infatti un legame triplo C-C, caratterizzato da un'alta energia interna che può essere liberata durante la reazione di combustione con l'ossigeno (Figura 6).

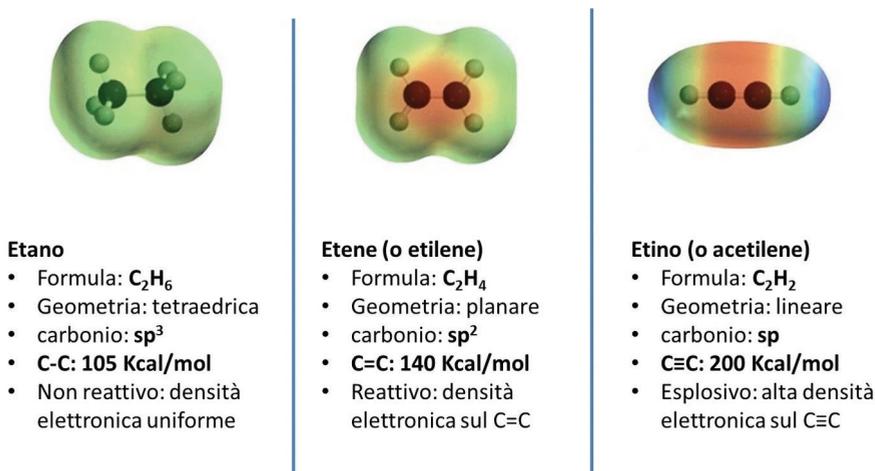
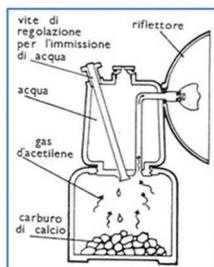


Figura 6

Infatti l'ossidazione dell'acetilene produce la fiamma con la temperatura più alta ($3300^\circ C$). Questa caratteristica è stata sfruttata a partire dall'Ottocento nella cosiddetta lampada a carburo la vecchia lampada ad acetilene usata fino agli anni 50 del Novecento per andare in miniera, ma anche per andare in bicicletta (da cui deriva anche l'espressione usata ancora oggi "non carburo"). Questa lampada è costituita da due serbatoi: uno superiore pieno di acqua ed uno inferiore contenente carburo di calcio (CaC_2). Facendo lentamente gocciolare acqua sul carburo avviene una reazione che produce il gas acetilene, questo poi brucia all'aria generando una intensa luce bianca (Figura 7).



L'acetilene viene generato mediante la reazione:



L'acetilene brucia reagendo con l'ossigeno emanando un'intensa luce bianca:

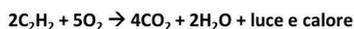


Figura 7

Seconda parte: La chimica inorganica al servizio della luce

La scoperta del fosforo da parte di Henning Brand nel 1669 introduce la seconda parte del percorso, ovvero le reazioni di ossidazione di elementi inorganici, metalli e non metalli, in grado di liberare una grande quantità di luce. L'alchimista Brand stava cercando di distillare i sali residui dell'evaporazione dell'urina, quando osservò la formazione di un materiale bianco, luminescente al buio, come mostrato nel dipinto di Joseph Wright of Derby, 1795, dal titolo "The Alchemist, in Search of the Philosopher's Stone, Discovers Phosphorus" (Figura 8).



Figura 8

Questa sostanza, da lui nominato fosforo (cioè portatore di luce) era il fosforo P_4 , che si era formato dalla distillazione dei fosfati presenti nell'urina. Il P_4 è infatti estremamente piroforico e reagisce violentemente con l'ossigeno dell'aria producendo anidride fosforica generando calore. Se usato in grande quantità diventa una vera e propria bomba, come è stato purtroppo fatto sia nella I e II guerra mondiale che in Vietnam, sebbene secondo le convenzioni internazionali, ne concedessero l'utilizzo solamente a scopo di illuminazione o per creare cortine fumogene. Anche l'ossidazione del fosforo bianco permette di approfondire, come nel caso dell'acetilene, il concetto di relazione tra struttura di una molecola, energia interna e quantità di energia liberata sotto forma di calore e luce durante la reazione di ossidazione. Infatti, il fosforo esiste in natura sotto due forme allotropiche:

- a) Il *fosforo bianco* ha una struttura tetraedrica con angoli di legame di 60° . E' un composto molto molto instabile, e di conseguenza estremamente reattivo.
- b) Il *fosforo rosso* è formato da tanti tetraedri legati covalentemente tra loro; l'angolo di legame P-P-P è di 100° , la molecola è quindi molto più stabile e molto meno reattiva.

Anche i metalli ossidandosi possono emanare energia sotto forma di luce. L'esempio più noto è quello del magnesio per fare i flash fotografici. Inizialmente vennero commercializzati dei nastri di magnesio in apposite confezioni: tirando fuori il nastro, questo veniva attivato e si ossidava emanando la caratteristica luce bianca, dovuta principalmente all'incandescenza dell'ossido di magnesio (MgO) (Figura 9, sinistra). Per avere però una luce più veloce, un vero e proprio flash, vennero sviluppate in seguito specifiche polveri; una di queste detta polvere di Victor, era costituita da magnesio e alluminio insieme a perclorati di sodio e/o di potassio (Figura 9, destra). In questo modo, esattamente come avviene nei fuochi d'artificio, la reazione di ossidoriduzione è molto più veloce, in quanto l'ossidante non è l'ossigeno dell'aria, bensì il ben più forte ossidante perclorato.



Figura 9

Il fenomeno dell'incandescenza veniva utilizzato anche nei teatri, prima dell'avvento dei riflettori elettrici, per creare il cosiddetto *occhio di buca* delle luci della ribalta. In particolare veniva sfruttava la luce prodotta dal riscaldamento della calce viva (ossido di calcio, CaO) portato ad incandescenza per riscaldamento ad altissime temperature grazie a una rudimentale fiamma ossidrica (apparecchio di Drummond, Figura 10). Ancora oggi in inglese luci della ribalta si dice *limelight* (dal termine inglese *lime*, ovvero ossido di calcio). Questo tipo di luce fu inventata nel 1816 da

Thomas Drummond e utilizzato per la prima volta nel teatro di Covent Garden nel 1837. Purtroppo si rivelò ben presto troppo pericoloso, in quanto molti incendi furono provocati proprio dall'utilizzo di queste rudimentali fiamme ossidriche.

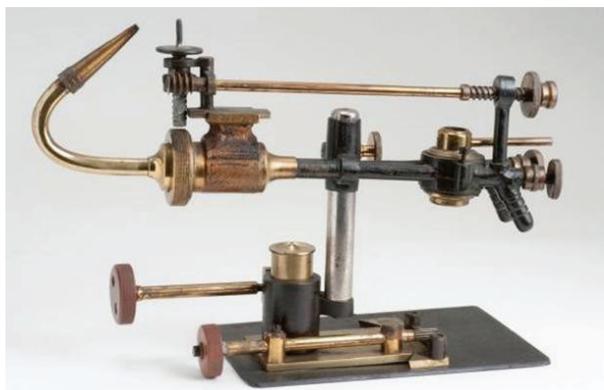


Figura 10

L'incandescenza è il fenomeno che ha sfruttato anche Thomas Edison per inventare la lampadina elettrica (Figura 11). Il fenomeno dell'incandescenza si conosceva infatti già da tempo, ma rimanevano due problemi da risolvere per poter inventare la lampadina elettrica. Innanzitutto era necessario individuare un materiale che non fondesse in seguito al surriscaldamento elettrico, inoltre era importante che questo materiale non bruciasse a contatto con l'ossigeno. Edison si cimentò nel risolvere questi problemi per due lunghi anni, prima di trovare un filamento che divenisse incandescente nel globo, senza bruciare: provò un'infinità di sostanze, compresi i peli della sua barba, fino a scegliere come materiale il filamento di carbone. Nel 1903 venne poi introdotto il filamento di Tungsteno, che dopo il carbonio, è l'elemento con il più alto punto di fusione (3422 °C). Inoltre per evitare la sua ossidazione, Edison brevettò anche il metodo per produrre bulbi di vetro sotto vuoto (oggi sostituito dall'argon). Infatti la presenza dell'ossigeno deve essere evitata in quanto basta anche solo una piccola percentuale di questo gas per far sì che il tungsteno si ossidi formando l'ossido di tungsteno WO_3 (il solido verde-giallo che si poteva notare sul filo delle vecchie lampadine quando si fulminavano). La lampadina elettrica a incandescenza ha superato quasi un secolo di vita, qualche anno fa è stata però tolta dal commercio in quanto molta energia veniva dispersa sotto forma di calore.

Terza parte: La chemiluminescenza

Questa ultima parte del percorso didattico prende spunto dal ciclo di con-

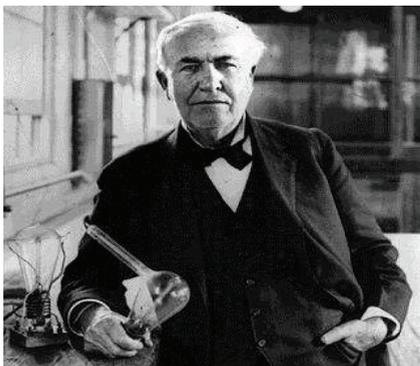


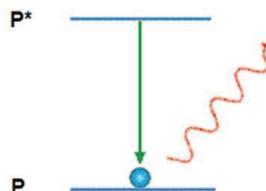
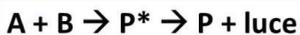
Figura 11

ferenze tenuto dal Professor Peter Wothers all'Università di Cambridge dal titolo "The Chemistry of Light" [5].

Se fino ad ora sono stati presentati fenomeni in cui l'emissione di luce avviene grazie all'eccitazione termica, questa ultima parte tratta proprio di quel fenomeno di luminescenza in cui sono le reazioni chimiche stesse a portare all'emissione di luce, grazie alla formazione di prodotti che si trova

vano in uno stato elettronico eccitato, e che quindi tendono a tornare allo stato fondamentale emettendo energia sotto forma di radiazione luminosa e non sotto forma di calore. L'esempio più comune è dato dalla bioluminescenza della lucciola, che viene ottenuto a livello molecolare dalla reazione di ossidazione di un substrato organico, chiamato "luciferina", ad opera di un'enzima, la "luciferasi", in presenza di ATP e magnesio. La luciferina reagisce con l'ATP e l'ossigeno generando un composto elettronicamente eccitato che poi torna allo stato fondamentale emettendo radiazioni luminose giallo-verdi (Figura 12).

In alcune reazioni si formano dei prodotti P^* che si trovano nello stato eccitato e che tornano allo stato fondamentale liberando fotoni di caratteristica energia.



Nelle lucciole la **bioluminescenza** è dovuta alla reazione di ossidazione della **luciferina** in presenza di ATP, ioni Mg^{2+} , catalizzata dall'enzima **luciferasi**.

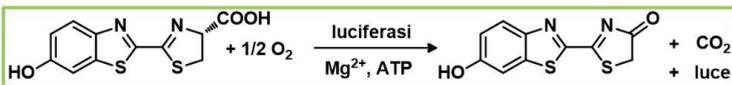


Figura 12

Le reazioni di chemiluminescenza sono sfruttate anche negli starlight, piccole torce chimiche nate per poter pescare al buio, diventate poi di moda anche nelle serate in discoteca.

I componenti chimici principali di un lightstick sono acqua ossigenata, difenil ossalato (un estere dell'acido ossalico) e un colorante organico. Per accendere uno starlight è infatti sufficiente piegare la bacchetta in modo da rompere la fiala al suo interno e far entrare in contatto il difenil ossalato con l'acqua ossigenata. La reazione tra l'acqua ossigenata e l'estere porta infatti alla formazione dell'1,2-diossietandione, una specie altamente reattiva che si scinde in CO_2 cedendo elettroni alla molecola del colorante, che passa così dallo stato energetico fondamentale a quello eccitato. Questo tornerà poi al livello fondamentale emettendo una luce di un colore caratteristico (giallo, blu, verde, viola, rosso, arancione o bianco) a seconda del colorante che si trova all'interno dello starlight (Figura 13).

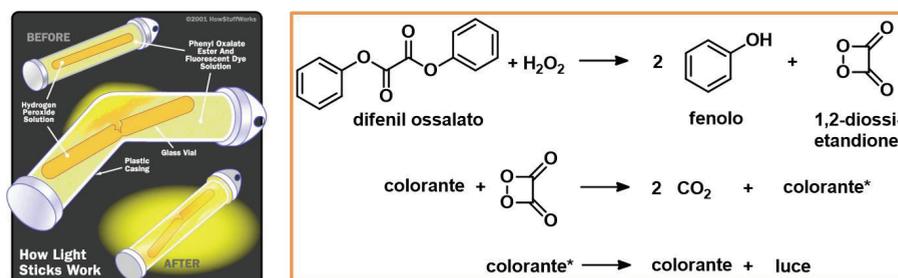


Figura 13

Infine per concludere questo percorso viene presentata una delle applicazioni più note più note della chemiluminescenza nel campo della chimica analitica forense, ovvero l'utilizzo del Luminol per la ricerca di tracce di sangue. Il luminol (5-ammino-2,3-diidro-1,4-ftalazindione) può infatti essere ossidato solo dall'ossigeno, che viene generato dall'acqua ossigenata solo se è presente lo ione Fe^{3+} , catalizzatore della reazione di dismutazione. Il prodotto di questa reazione è un perossido organico molto instabile che decompone immediatamente formando acido 5-amminifalico e liberando l'energia in eccesso sotto forma di un'intensa luce blu (Figura 14). Bastano quindi piccolissime tracce di sangue, e quindi una piccolissima presenza di Fe^{3+} (il catione metallico presente nell'emoglobina) per catalizzare questa reazione e generare così un'intensa fascia di luce blu. La ricerca delle tracce di sangue può essere simulata facilmente preparando:

- 50 mL di una soluzione acquosa con $2.5 \cdot 10^{-3}$ mol di NaOH e $1.9 \cdot 10^{-4}$ mol di luminolo
- 25 mL di una soluzione di $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (sale di ferro che simula il sangue)
- 2,5 mL di H_2O_2 al 3% v/v

L'aggiunta goccia a goccia della soluzione di ferricianuro di potassio a quella del luminol e acqua ossigenata al buio permette di osservare subito l'intensa luce blu caratteristica dei film.

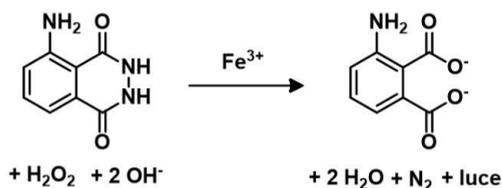


Figura 14

Conclusioni

In conclusione, questo percorso didattico si propone di far riflettere gli studenti su quanto la chimica sia stata cruciale prima dell'avvento della lampadina elettrica, e quanto ancora svolga un ruolo centrale nella nostra vita di tutti i giorni. Il percorso, diviso in tre parti, segue un filo storico-didattico e passa dalla combustione dei composti organici all'ossidazione di metalli e non metalli, dai fenomeni di incandescenza alla moderna chemiluminescenza. Gli studenti vengono stimolati a ragionare su come l'energia chimica delle molecole possa essere liberata e sfruttata per ottenere luce e calore, permettendo loro di imparare a interpretare i fenomeni alla base dell'emissione della luce in base al contesto e al tipo di trasformazione chimica o fisica coinvolta e a collegare la struttura di una molecola alla sua energia interna.

Bibliografia

- [1] <http://www.light2015.org/Home.html>.
- [2] E. Lenci, *La Chimica per la Luce: un percorso didattico attraverso la storia delle reazioni chimiche sfruttate dall'uomo per ottenere luce*, XXVI Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, , , Paestum (SA), 10-14 Settembre 2017, Vol. III, p. 337.
- [3] J. Bruner, *La fabbrica delle storie*, Laterza, 2002.
- [4] M. Faraday, "La storia chimica di una candela", Istituto dell'Enciclopedia Italiana Treccani, 1982
- [5] P. Wothers, "The Chemistry of Light", Learn Chemistry, <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00001254/the-chemistry-of-light-part-1>

Altre esperienze dal progetto PROFILES: la chimica in cucina

Daniela **Bianchini**¹, Francesca Maria **Foresi**¹,
Giovanna **Paccazzocco**², Cinzia **Principi**², Liberato **Cardellini**³

1. IIS “Corridoni-Campana”, Osimo (AN)

2. Scuola elementare “Madre Teresa di Calcutta”, Osimo Stazione (AN)

3. Università Politecnica delle Marche, Ancona;

l.cardellini@univpm.it

Riassunto

Questo articolo riporta tre esperienze di apprendimento significativo e di coinvolgimento degli studenti nel processo educativo. Gli insegnanti conoscono la difficoltà di insegnare agli studenti che arrivano nelle nostre scuole. Alle elementari è possibile trovare bambini che non concepiscono la disciplina di stare seduti. In altre età, una parte degli studenti non ama studiare le materie scientifiche; più in generale non ama studiare. A seconda del tipo di scuola, in ogni classe è possibile trovare un numero più o meno grande di questi studenti. Che fare? Non ci sono ricette magiche e molto dipende dalle abilità professionali dell'insegnante; la filosofia del progetto PROFILES suggerisce di coinvolgere gli studenti in qualche attività che risulti per loro piacevole. Il risultato del progetto pizza alle superiori è stato molto positivo e l'esperienza è risultata molto motivante per gli studenti e l'apprendimento ne ha giovato.

Molto positivo è risultato il progetto alle elementari, che ha facilitato l'acquisizione di nuovi concetti e abilità, come pure ha prodotto una nuova consapevolezza negli allievi rispetto ai biscotti. La fiera della scienza ha permesso a molti studenti di misurare le loro competenze scientifiche e la loro capacità di comunicare in modo efficace e di convincere non i loro insegnanti, ma il pubblico: cittadini incuriositi dagli aspetti di intrattenimento degli esperimenti scientifici. Tutto questo è stato possibile per le capacità professionali e la passione di tutti gli insegnanti coinvolti in questi progetti.

Abstract

This article reports about three experiences of meaningful learning and of student involvement in the educational process. Teachers know that teaching our students is no easy task. In elementary schools it is possible to find children who do not understand the discipline of stay seated. At other ages, some students do not like to study science subjects; more generally they do not like to study.

These types of students can be found in any class, in greater or lesser numbers. There is no easy way to deal with such complex problems and possible solutions often depend on the teachers' professional skills.

The idea behind the PROFILES project is that of involving students in activities that can be pleasant for them. The "pizza project" carried out in high schools has had a really positive impact: it has both motivated the students and benefited the learning. The elementary school project has also been productive, because it has facilitated the acquisition of new concepts and skills, while producing in the pupils a new awareness related to biscuits.

The science fair has allowed many students to test their scientific skills and their ability to communicate effectively in order to convince not their teachers, but the public: citizens intrigued by the entertaining side of scientific experiments. These positive results have been possible thanks to the professional skills and the passion of all teachers involved in the projects.

Introduzione

L'insegnamento della chimica (e delle discipline scientifiche in generale) non costituisce materia di indirizzo negli istituti tecnici del settore economico e la riforma della scuola secondaria di secondo grado ha notevolmente ridotto le ore dedicate a questa disciplina pur mantenendo sostanzialmente invariati i programmi di studio. Questo fatto ha messo i docenti in una situazione complessa e spesso difficile da gestire per la mancanza di un tempo a disposizione e per la scarsa motivazione allo studio degli studenti che spesso risultano poco interessati a quanto viene proposto. La scarsa motivazione allo studio è un fenomeno condiviso anche se in diversa misura da tutti gli indirizzi scolastici: catturare l'interesse degli studenti non è sempre possibile. Come è stato osservato, "keeping students engaged is one of the most important considerations for the classroom teacher. ... this is becoming increasingly more difficult in a society of fastpaced media and video games." (Marzano, 2007, p. 98)

In questa situazione risulta indispensabile cambiare il modo di pensare la disciplina, più in generale l'insegnamento e si rende necessario proporre i contenuti con un approccio ed una metodologia diversi. Sin da bambini si è completamente assorbiti dai videogiochi, attori e spettatori di una esperienza coinvolgente. Dovendo scegliere tra il completare un livello o fare un'altra partita e mettersi a studiare, la scelta per molti giovani non è quasi mai difficile. Di conseguenza, una considerazione importante dell'insegnante che vuole avere un impatto con il suo insegnamento è: come rendere interessante ciò che viene insegnato a chi non comprende l'importanza della conoscenza delle scienze e passa delle ore piacevoli con lo smartphone?

Un'altra considerazione da fare riguardo alla difficoltà di insegnamento è che avendo constatato l'insufficiente preparazione degli studenti, magari per mancanza di tempo, invece di mettere in opera interventi per colmare le lacune appurate, si tende a dare la colpa alle scuole precedenti: gli studenti giungono all'università con una preparazione variegata e raramente hanno un metodo di studio efficace. Si dovrebbe anche considerare una crescente pressione sul mondo della scuola da parte del resto della società (Dirigenti, mondo della politica, genitori), che contribuiscono a rendere la professione docente sempre più complessa e impegnativa.

Alla scuola e agli insegnanti nei fatti viene richiesto un cambiamento sotto l'influenza di quanto è stato riportato: "First, education is increasingly perceived as an engine for economic growth and international competitiveness.

Second, as the pace of change has gathered momentum, market and private sector thinking have taken hold of policy mindsets, and complexity has become a byword to describe systems. Devolution of decision making and local autonomy have become new policy orthodoxies with profound consequences at the level of the school. Third, in this increasing state of flux and uncertainty, demands for new thinking and practices have increased, where there is a growing realization that 'business as usual' is no longer adequate, with consequent demands for continuous learning on the part of teachers. Fourth, these forces have coalesced into a new and emergent policy rhetoric of lifelong learning for all, and teachers in particular are expected to be role models of lifelong learning for their students." (Sugrue, 2004, pp. 70-71)

Quanto sopra riportato sono difficoltà reali per chi insegna a qualsiasi livello e se si volesse elevare lo standard dell'istruzione si dovrebbe trovare una soluzione accettabile per gli insegnanti ed efficace dal punto di vista della motivazione. Qualcosa di significativo in questa direzione è stato fatto nel progetto Europeo PROFILES (acronimo di Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science) (Brianzoni, Cardellini, 2015).

Gli aspetti fondanti del progetto PROFILES

Le esperienze che saranno riportate in questo articolo sono originate dalle idee pedagogiche innovative sviluppate nell'ambito del progetto PROFILES e basate sulla sua filosofia. (Bolte et al., 2014; Holbrook, Rannikmäe, 2014, pp. 15-17). Oltre a favorire l'apprendimento basato sull'indagine (IBSE, Inquiry Based Science Education), il progetto PROFILES ha orientato la propria azione in questi 5 aspetti principali:

1. Rendendo pertinente e importante l'insegnamento delle scienze

In generale la scuola è poco amata e su questo punto sono stati scritti libri. (Willingham, 2009). Molti studenti percepiscono l'istruzione scientifica come irrilevante, noiosa, astratta e difficile: “students have a perception of science education as irrelevant and difficult” (Rocard et al., 2007, p. 9).

Questa situazione è molto diversa se paragonata con quella della scuola di 50 anni fa. Allora la scuola e la scienza erano considerate in modo positivo, anche perché lo sforzo che lo studio richiedeva era motivato anche dalla certezza di trovare alla fine degli studi una occupazione, a volte prestigiosa. Oggi questa spinta si è affievolita; la futura occupazione è incerta e lo studio e l'impegno che esso comporta deve competere con molti altri interessi.

In uno studio approfondito sui programmi scolastici, che ha coinvolto 144 studenti, 117 genitori e 27 insegnanti, gli autori hanno scoperto che la scienza era considerata un argomento importante di studio da parte di tutti gli studenti e dei loro genitori, ma che l'educazione scientifica era valutata dagli studenti solo come un argomento utile per raggiungere aspirazioni di carriera piuttosto che come oggetto di interesse intrinseco, e “The subject that attracted the most antipathy was, surprisingly, chemistry. This was seen as abstruse and irrelevant to contemporary needs. Pupils found too much of the latter years of science education to be an experience that was rushed; dominated by content; repeated too much of material that they had previously encountered; required too much ‘copying’; lacked opportunities for discussion; and was fragmented leaving them without any overview of the subject.” (Osborne, Collins, 2000, p. 5) Per cambiare questa situazione è stato introdotto il termine ‘rilevante’: l'insegnamento deve essere rilevante agli occhi degli studenti. (Holbrook, 2008; Stuckey et al., 2013; Eilks et al., 2017) La rilevanza viene vista come avente tre dimensioni, individuale, sociale e professionale, e come la motivazione, deve contenere sia la componente intrinseca che quella estrinseca.

2. Miglioramento dell'alfabetizzazione scientifica e tecnologica

Lo sviluppo ulteriore dell'alfabetizzazione scientifica non significa semplicemente acquisire conoscenze scientifiche. Gli studenti non sono scienziati e, nella maggior parte dei casi, è improbabile che lo diventino. L'alfabetizzazione scientifica è un concetto conosciuto, ma non esiste una sua definizione condivisa: “Given its lengthy history in the rhetoric of science education, we could perhaps expect there to be a clear and well articulated definition of scientific literacy. Sadly, this is not the case”. (Hodson, 2008, p. 1). La formazione degli studenti attraverso la scienza costituisce l'essenza della filosofia del progetto. Ci si aspetta che l'educazione scientifica svolga un ruolo significativo nello sviluppo di persone in grado di integrarsi nella società e permetta di acquisire competenze per for-

mare dei futuri cittadini positivamente inseriti nella società, capaci di partecipare pienamente, perché arricchiti da una formazione scientifica in relazione alla comprensione, alla consapevolezza e ai valori culturali, ambientali, politici e sociali. Le idee sintetizzate nello slogan della ‘Scienza per tutti’ sono state influenzate dal pensiero di Peter Fensham (1985).

Il risultante curriculum indicava quattro obiettivi o scopi per le scienze a scuola:

1. Develop citizens able to participate fully in political and social choices facing a technological society.
2. Train those with a special interest in Science and technology education for further study.
3. Provide an appropriate preparation for modern fields of work.
4. Stimulate intellectual and moral growth of students. (Fensham, 2004, p.8).

Questa ‘scienza per i cittadini’ richiede dei cambiamenti nel curriculum e una rottura dei vecchi metodi nei modi di insegnare. È necessario sostituire, almeno in parte, le “pedagogical strategies that encompass, on the one hand, formal, algorithmic and ritualistic accounts of ‘scientific method’, and on the other hand, highly contrived, expensive and time-consuming laboratory activities, e.g. those associated with the ‘experimental and investigative science’ ... [questo perché] ... School science education needs to respond to this changed social context and to help prepare young people to contribute as citizens to shaping the world in which they will live.” (Jenkins, 1999, p.707). Forse è utile ricordare che le domande degli studi PISA (Programme for International Student Assessment) sono basate su questa visione dell’alfabetizzazione scientifica: “The test thus consists of a series of units, each of which starts with a presenting context that is followed by a set of items that reflect the three scientific competencies and two scientific attitudes, that were derived from the project’s definition of scientific literacy.” (Fensham, 2009, p. 886).

Anche l’insegnamento è visto in un modo diverso e l’apprendimento, almeno in parte è basato su di un tema o su un contesto. (Zeidler et al., 2005). L’insegnante si trova a proprio agio ed ha la competenza per trattare in modo coinvolgente alcune questioni connesse con il programma e tra queste viene scelto il tema che certamente interessa gli studenti. Il tema costituisce il contesto in cui vengono appresi importanti concetti scientifici: un ‘ambiente’ che rende interessante l’apprendimento. A differenza della lezione tradizionale, in questo contesto vengono facilitate le conoscenze interdisciplinari, la collaborazione tra discipline diverse, la necessità di fare scelte e di prendere delle decisioni da parte degli studenti e il loro coinvolgimento nell’argomentazione socio-scientifica. Questo perché uno degli scopi dell’istruzione è “developing the ability to creatively utilise sound

science knowledge in everyday life, or in a career, to solve problems, make decisions and hence improve the quality of life.” (Come riportato in Holbrook, Rannikmae, 2007, p. 1359).

3. Educazione scientifica basata sul contesto

L'insegnamento delle scienze basato sul contesto sta diventando sempre più popolare, per la sua capacità di motivare gli studenti. (Mahaffy, 1992; Gilbert, 2006; Oliver-Hoyo, Pinto, 2008; King, 2012; Middlecamp et al., 2012; Franco-Mariscal, 2015). Rispetto all'insegnamento tradizionale, questo approccio diminuisce la trasmissione di ciò che Whitehead chiama 'idee inerti': "ideas that are merely received into the mind without being utilized, or tested, or thrown into fresh combinations." (Whitehead, 1953, p. 87). Il ruolo passivo è un problema e viene sottolineato anche da McKeachie: "[...], a major problem with the lecture is that students assume a passive, non-thinking, information receiving role." (McKeachie, 1994, p. 68).

L'insegnamento che vuole avere un impatto nella formazione deve trovare dei modi per porre rimedio a questo tipo di istruzione passiva. (Renkl, Mandl, Gruber, 1996). L'insegnamento della chimica soffre dello stesso problema perché "Students experience clusters of isolated facts in indigestible bundles, theoretical ideas that are unconnected to their lives, difficulty in transferring learning to problems presented in new ways, and an overemphasis on preparation for further study in chemistry rather than developing the scientific literacy needed to function as future scientists, engineers, and informed citizens." (Mahaffy et al., 2017, p. 1028).

Lo scopo dei moduli PROFILES è di utilizzare un contesto familiare per veicolare l'apprendimento scolastico e rendere maggiormente significativo ciò che viene insegnato. L'educazione scientifica è molto più ampia della scienza contenuta nei programmi e cerca di soddisfare anche i bisogni degli studenti come membri della società. L'alfabetizzazione scientifica non implica necessariamente la conoscenza della legge di Proust; per rendere più attraente il programma forse si dovrebbe puntare maggiormente alla conoscenza delle 'grandi idee' della disciplina. È importante sottolineare che la messa in pratica di queste idee non significa abbandonare l'acquisizione della conoscenza concettuale scientifica; al contrario viene suggerito di veicolare alcuni concetti con scenari familiari per rendere maggiormente significativo e persistente l'apprendimento scientifico, oltre che rendere più attraente la materia.

4. Un approccio socio-scientifico incentrato sull'apprendimento e basato sulle competenze

Viene incoraggiato un approccio socio-scientifico per aumentare la motivazione e il coinvolgimento degli studenti attraverso l'apprendimento

basato sull'indagine. L'attività pratica, di qualunque natura, pensata e progettata in modo opportuno, viene stabilita in accordo con gli studenti e gli insegnanti hanno grandi aspettative sui risultati. Queste attività sono precedute e seguite da sessioni di brainstorming e di dibattito socio-scientifico per favorire l'argomentazione da parte degli studenti e il trarre le conseguenti conclusioni. Le discussioni iniziali servono a richiamare le conoscenze pregresse, ad analizzare l'attività pratica e alla sua problematizzazione. Una discussione finale è necessaria per il consolidamento dei concetti scientifici appresi.

5. Insegnamento centrato sullo studente

Costituisce una delle due colonne sulle quali tutto l'edificio pedagogico del progetto PROFILES poggia. Gli studenti vengono coinvolti nel processo educativo sia come persone che dal punto di vista cognitivo e spesso lavorano in gruppo e collaborano sia in classe che fuori della scuola. Come in tutte le situazioni scolastiche che funzionano, gli studenti acquisiscono dei benefici che da soli non potrebbero conseguire. Un approccio centrato sullo studente valorizza le differenti capacità e abilità degli studenti e il risultato è una classe "where teachers are responsive and proactive in meeting different student learning needs." (Arends, Kilcher, 2010, p. 389). Il segreto dei piccoli 'miracoli' che a volte avvengono tra gli studenti è l'insegnante professionalmente preparato che ha familiarità con l'uso di metodi efficaci di insegnamento, che sente la passione per ciò che è in grado di trasmettere e che – non si consideri retorica – sente un affetto e un interesse per la formazione dei propri studenti. Questi cinque punti costituiscono in qualche modo le direttrici del progetto Europeo e l'altra colonna portante è costituita dal programma di sviluppo professionale.

Il programma di sviluppo professionale

Il programma di sviluppo professionale che nel 'gergo' PROFILES si indica come CPD (Continuous Professional Development) è ciò che ha reso possibile le molte esperienze positive e le nuove pratiche pedagogiche che sono state originate nei 5 anni di vita del progetto e che ancora continuano.

Facilmente se ne intuisce il significato e viene riportata questa definizione operativa: "It is the process by which, alone and with others, teachers review, renew and extend their commitment as change agents to the moral purposes of teaching and by which they acquire and develop critically the knowledge, skills and emotional intelligence essential to good professional thinking, planning and practice with children, young people and colleagues through each phase of their teaching lives." (Come riportato in Bolam, McMahon, 2004, p. 34).

L'importanza dello sviluppo professionale dei docenti è evidente: "Never

before in the history of education has greater importance been attached to the professional development of educators. Every proposal for educational reform and every plan for school improvement emphasizes the need for high-quality professional development. The reasons for this emphasis are clear. Our knowledge base in education is growing rapidly, and so, too, is the knowledge base in nearly every subject area and academic discipline. As these knowledge bases expand, new types of expertise are required of educators at all levels. Like practitioners in other professional fields, educators must keep abreast of this emerging knowledge and must be prepared to use it to continually refine their conceptual and craft skills.”(Guskey, 2000, p. 3).

Gli studiosi hanno raggiunto un ampio consenso su cosa costituisce apprendimento professionale: “Effective professional development is intensive, ongoing, and connected to practice; focuses on the teaching and learning of specific academic content; is connected to other school initiatives; and builds strong working relationships among teachers.” (Darling-Hammond et al., 2009, p. 5). Inoltre, “It is directly aligned with student learning needs; is intensive, ongoing, and connected to practice; focused on the teaching and learning of specific academic content; is connected to other school initiatives; provides time and opportunities for teachers to collaborate and build strong working relationships; and is continuously monitored and evaluated.” (Loucks-Horsley et al., 2010, p. 5). Questi requisiti fanno meglio comprendere la complessità dei programmi di sviluppo professionale e spiegano in parte lo scarso impatto di molti corsi di formazione professionale.

Il programma di sviluppo professionale è consistito in workshop e presentazioni dell'apprendimento cooperativo, dell'uso delle mappe concettuali e del problem solving: nel tempo di un paio di pomeriggi verso la fine del progetto e in diverse decine di ore all'inizio. Ad ogni incontro è stato reso disponibile ad ogni insegnante materiale per poter approfondire quanto presentato. Lo studio, la conoscenza di nuovi metodi e la riflessione rispetto a ciò che viene fatto nella classe è un mezzo importante per la crescita professionale. Infatti è stato riconosciuto che “the purpose for self-study is not all at an individual level. It is also clear from the literature that beyond individuals’ desire to be better informed about how they think and act (to purposefully reframe their practice), is an expectation that their learning through self-study might also help to positively challenge and change teaching and teacher education practices more generally.” (Loughran, 2007, p. 155).

Questo sforzo degli insegnanti e con gli insegnanti è giustificato perché “the most powerful, durable and effective agents of educational change are not the policy makers, the curriculum developers or even the education au-

thorities themselves; they are the teachers.” (Sellars, 2012, p. 461) Gli incontri hanno sempre avuto luogo nelle scuole, per il dovuto rispetto del tempo degli insegnanti che, oltre alle ore di lezione, alla propria preparazione, alla correzione dei compiti in classe, sono sempre più impegnati a partecipare alle riunioni scolastiche.

Con i primi insegnanti partecipanti, il programma di sviluppo professionale è iniziato con un questionario sui loro bisogni composto da 35 domande; per ciascuna domanda erano previste 4 risposte possibili, rispetto alla propria confidenza e 4 risposte, rispetto all’enfasi che un certo aspetto ricevesse nel programma di sviluppo professionale. Le 35 domande erano così suddivise: 3 riguardavano la natura della scienza; 3 l’alfabetizzazione scientifica e tecnologica; 3 gli scopi della didattica e della formazione scientifica; 3 la didattica scientifica basata sull’indagine; 6 l’ambiente scolastico di apprendimento; 4 la motivazione degli studenti; altre 4 riguardavano la valutazione; 4 le teorie sulla didattica e le ultime 5 riguardavano la riflessione su se stessi. Questo questionario è riportato in appendice.

Nell’esperienza del progetto PROFILES, il programma di sviluppo professionale è stato l’inizio di un ‘cammino’: a questi primi incontri ne sono seguiti molti altri, spesso con singoli insegnanti, in cui si parlava di quanto potesse riguardare la messa in pratica delle idee e dei metodi presentati. Ad esempio, l’apprendimento cooperativo nelle scuole superiori, in generale dovrebbe essere introdotto a piccoli passi. Questo è consigliabile per l’insegnante che deve prendere confidenza col metodo e soprattutto per gli studenti, che potrebbero non amare il cambiamento e manifestare il proprio disappunto, come è successo in una classe quarta di una scuola superiore. In questi incontri vengono anche considerate nuove idee didattiche e il loro possibile utilizzo. Guardando indietro si può dire che i risultati del progetto sono dovuti principalmente a questo lavoro di riflessione continua sui contenuti e sulla pratica dell’insegnamento.

L’impegno per chi ha condotto il programma di sviluppo professionale è consistito in diverse migliaia di ore. Sono stati utilizzati anche metodi meno ‘invasivi’ quali l’e-mail e il telefono: evidentemente, quanto realizzato non sarebbe stato possibile senza la non comune pazienza e il desiderio di coinvolgersi da parte degli insegnanti.

La riflessione su ciò che facciamo in classe e sull’impatto del nostro insegnamento è fondamentale per raggiungere l’eccellenza professionale, infatti, “Reflective practice is increasingly being recognized as an essential skill for practitioners who are required to analyse and evaluate their personal and service performance.” (Forrest, 2008, p. 232). Questa riflessione dovrebbe essere svolta con diversi scopi: “The purpose of all the various types of reflection in professional contexts appears to two be fold; to engen-

der change in order to improve the practice ... and to develop further self knowledge and understanding”. (Sellars, 2012, p. 462). Che potrebbero diventare tre: “to redefine our understanding of (professional) knowledge ... for the development of personal knowledge or self-awareness ... to evaluate the appropriateness of our actions” (Marks-Maran, Rose, 2002, p. 119). Inoltre dovrebbe includere due dimensioni, “Developing as a critically reflective teacher encompasses both the capacity for critical inquiry and self-reflection. Critical inquiry involves the conscious consideration of the moral and ethical implications and consequences of classroom practices on students. ... Self-reflection goes beyond critical inquiry by adding to conscious consideration the dimension of deep examination of personal values and beliefs, embodied in the assumptions teachers make and the expectations they have for students.” (Larrivee, 2000, p. 294).

Diverse centinaia di insegnanti hanno conosciuto il progetto PROFILES: ma come sono stati avvicinati gli insegnanti? In diversi modi; dal passaparola tra colleghi alla partecipazione alle conferenze con nomi importanti della didattica internazionale. Nella maggioranza dei casi il progetto veniva prima presentato alla dirigente, che sempre acconsentiva alla presentazione a tutti i docenti nella prima riunione in programma (in cui vengono solitamente trattati problemi e novità burocratiche). I nomi e i recapiti degli insegnanti interessati venivano raccolti e per alcuni, l'avventura aveva inizio.

La motivazione intrinseca degli studenti

Perché alcuni studenti hanno il desiderio di imparare? Soprattutto, quando si può dire di avere degli studenti impegnati? A queste e ad altre simili domande ha cercato di dare una risposta la ricerca didattica. “Student engagement is considered the primary theoretical model for understanding dropout and promoting school completion, defined as graduation from high school with sufficient academic and social skills to partake in postsecondary educational options and/or the world of work. ... Engaged students do more than attend or perform academically; they also put forth effort, persist, self-regulate their behavior toward goals, challenge themselves to exceed, and enjoy challenges and learning. ... Student engagement, irrespective of the specificity of its definition, is generally associated positively with desired academic, social, and emotional learning outcomes.” (Christenson, Reschly, Wylie, 2012, p. vi) Riportiamo ora la definizione: “*Engagement* refers to the extent of a student’s active involvement in a learning activity.” (Reeve, 2012, p. 150) *Student engagement* è un costrutto complesso che coinvolge molte variabili, le più importanti sono l’insegnante e la scuola, i genitori e i compagni della classe. (Vergine, Cardellini, 2017).

Secondo i nuovi modelli emersi dagli studi in anni recenti, l’*engagement*

si compone di quattro dimensioni:

– *Academic engagement* refers to behaviors related directly to the learning process. (Finn, Zimmer, 2012, p. 102). Esiste un livello minimo di impegno sia in classe che a casa, affinché l'apprendimento significativo possa aver luogo.

- *Social engagement* refers to the extent to which a student follows written and unwritten classroom rules of behavior. (Finn, Zimmer, 2012, p. 102).

L'interazione appropriata con compagni e insegnanti, l'arrivare a scuola in orario, la partecipazione convinta alle attività scolastiche sono comportamenti che descrivono gli studenti che con maggiore probabilità raggiungono un elevato apprendimento mentre un basso livello di impegno 'sociale' di solito interferisce con l'apprendimento.

- *Cognitive engagement* is the expenditure of thoughtful energy needed to comprehend complex ideas in order to go beyond the minimal requirements. (Finn, Zimmer, 2012, p. 102). Elevati livelli di impegno cognitivo facilitano l'acquisizione di materiale complesso. L'impegno cognitivo include: fare domande per chiarire dei concetti; partecipare attivamente ai lavori di gruppo; la persistenza nei compiti difficili, apprendere e riflettere sui compiti assegnati, collegare nuovi concetti con quanto appreso in precedenza, l'uso delle mappe concettuali, l'approfondire lo studio utilizzando altre fonti di informazione e usando appropriate strategie per guidare l'apprendimento.

- *Affective engagement* is a level of emotional response characterized by feelings of involvement in school as a place and a set of activities worth pursuing. (Finn, Zimmer, 2012, p. 103). L'impegno affettivo costituisce l'incentivo per gli studenti a lasciarsi coinvolgere e a persistere negli sforzi scolastici. Essi si sentono inclusi nella comunità scolastica; l'appartenenza alla propria scuola è un motivo di orgoglio e l'esperienza scolastica diventa parte significativa della propria vita.

Ci sono ancora altre variabili che possono incidere nell'impegno degli studenti: la crescita nell'autostima, la rilevanza di ciò che si deve studiare, il trovare piacevole frequentare la scuola e il successo scolastico, sono aspetti che facilitano l'impegno degli studenti. "Students also differ on engagement with respect to psychological adjustment variables. For example, self-esteem and self-efficacy have been found to positively influence student engagement..., and optimism and self-esteem were found to be significant predictors of higher flow among high school students.... Time use has also been related to student engagement." (Shernoff, 2013, p. 98).

L'ambiente sociale e il contesto culturale hanno un ruolo nella motivazione e nell'apprendimento significativo, come pure la qualità, profondità e connessione della conoscenza pregressa. "A focus on the degree to which environments are learner centered is consistent with the strong body of evidence suggesting that learners' use their current knowledge to

construct new knowledge and that what they know and believe at the moment affects how they interpret new information.... Learner-centered environments attempt to help students make connections between their previous knowledge and their current academic tasks. Parents are especially good at helping their children make connections.” (Bransford, Brown, Cocking, 2000, p. 153).

La motivazione è un costrutto complesso e gli studiosi fanno una distinzione importante tra motivazione intrinseca e motivazione estrinseca: “*intrinsic motivation*, which refers to doing something because it is inherently interesting or enjoyable” e “*extrinsic motivation*, which refers to doing something because it leads to a separable outcome.” (Ryan, Deci, 2000a, p. 55). La tendenza a cercare nuove sfide, ad utilizzare e ampliare le proprie competenze e ad esplorare nuove aree, nonché ad imparare, è una componente della nostra natura. “The construct of intrinsic motivation describes this natural inclination toward assimilation, mastery, spontaneous interest, and exploration that is so essential to cognitive and social development and that represents a principal source of enjoyment and vitality throughout life.” (Ryan, Deci, 2000b, p. 70). La Self-Determination Theory (SDT) indica l’importanza che ha la motivazione come impulso nel guidare il comportamento umano. La SDT postula una naturale tendenza verso la crescita e lo sviluppo cognitivo. (Ryan, Deci, 2002).

Per esperienza sappiamo che a volte può essere un compito arduo riuscire a coinvolgere alcuni studenti e dalla teoria proviene un suggerimento che a volte può risultare utile: “students sometimes lack self-motivation, display disaffection, and act irresponsibly. To resolve this seeming paradox ..., SDT research identifies the classroom conditions that support and vitalize students’ inner motivational resources versus those that neglect, undermine, and thwart them.” (Reeve, 2012, p. 152). La teoria identifica tre bisogni psicologici: “*Autonomy* is the psychological need to experience behavior as emanating from and as endorsed by the self; ... *Competence* is the need to be effective in one’s pursuits and interactions with the environment. ... *Relatedness* is the need to establish close emotional bonds and secure attachments with others. ... Students experience relatedness need satisfaction to the extent to which they relate to others in an authentic, caring, and reciprocal way.” (Reeve, 2012, pp. 153-154).

Anche rispetto alla motivazione, è il ruolo svolto dall’insegnante che spesso incide maggiormente, come viene riconosciuto dalla ricerca. “There is growing consensus that the nature and quality of children’s relationships with their teachers play a critical and central role in motivating and engaging students to learn. Effective teachers are typically described as those who develop relationships with students that are emotionally close, safe, and trusting, that provide access to instrumental help, and that foster a more

general ethos of community and caring in classrooms. These relationship qualities are believed to support the development of students' emotional well-being and positive sense of self, motivational orientations for social and academic outcomes, and actual social and academic skills. They also provide a context for communicating positive and high expectations for performance and teaching students what they need to know to become knowledgeable and productive citizens." (Wentzel, 2009, p. 301).

Biologia e Chimica ... che pizza!!!

La pizza è un alimento molto apprezzato dagli adolescenti e che insieme alla pasta caratterizza fortemente la gastronomia italiana. Nel febbraio 2010 la pizza napoletana è stata riconosciuta come Specialità tradizionale garantita della Unione Europea e nel 2017 l'arte dei pizzaioli napoletani è stata dichiarata dall'UNESCO come patrimonio immateriale dell'umanità.

Scopo del progetto è quello di partire da un alimento conosciuto per analizzare, dal punto di vista scientifico, le principali trasformazioni chimiche, fisiche e organolettiche che avvengono durante la sua preparazione, operando delle analisi, degli studi e acquisendo informazioni pertinenti, per poter poi riflettere sui parametri che hanno una influenza sulla riuscita del prodotto finale e rendere così interessante una parte del programma scolastico. Si è dunque preso spunto da una situazione concreta (come preparare una buona pizza) per proporre contenuti di biologia e di chimica in un contesto diverso dal solito. Il titolo scelto sottintende l'idea che queste materie scientifiche sono in genere poco amate dagli studenti.

Questa attività è stata anche progettata per stimolare le capacità di osservazione e riflessione degli studenti che sono chiamati ad affrontare un problema di ordine pratico utilizzando una metodologia scientifica di indagine ed un approccio di tipo sperimentale. Si vuole così avvicinare i giovani allo studio delle materie scientifiche (biologia e chimica) mediante fenomeni della vita quotidiana che suscitano il loro interesse, superando quella certa ostilità che spesso rende difficile l'apprendimento di concetti complessi, certi che non può esserci apprendimento significativo senza motivazione da parte del discente.

Dal punto di vista scientifico questo modulo di biologia e di chimica proposto in due classi seconde dell'indirizzo tecnico commerciale e al secondo anno di un liceo scientifico tratta di fermentazioni e reazioni chimiche, mentre gli obiettivi educativi sono quelli di aumentare la motivazione degli studenti, l'autostima, le abilità sociali, la leadership e le abilità comunicative e di manipolazione, attraverso il lavoro in gruppi cooperativi e il lavoro sperimentale. Il contenuto dei moduli è stato pianificato per raggiungere diversi obiettivi di apprendimento.

Obiettivi generali:

- aumentare la motivazione degli studenti verso lo studio;
- aumentare l'interesse nei confronti della chimica e della biologia;
- avvicinare gli studenti alla osservazione consapevole e allo studio di fenomeni della vita quotidiana.

Obiettivi didattici trasversali:

- incentivare la motivazione all'apprendimento attraverso il lavoro nei gruppi cooperativi;
- 'imparare ad imparare' per un apprendimento significativo anche con l'uso delle mappe concettuali;
- imparare a svolgere un esperimento scientifico, raccogliere i dati sperimentali ed elaborarli;
- imparare a comunicare in pubblico su argomenti della propria competenza.

Obiettivi didattici specifici:

- utilizzare il metodo scientifico di indagine per studiare un fenomeno (la lievitazione e alcune reazioni chimiche);
- individuare in un fenomeno complesso le variabili che ne influenzano il risultato finale;
- studiare l'effetto di alcuni parametri (temperatura, presenza di zucchero, variazione degli ingredienti), tenendo costanti gli altri e individuando le prove sperimentale più idonee per verificare le ipotesi iniziali.

I contenuti disciplinari del progetto consistevano per il corso di Biologia nello studio delle farine e dei lieviti, della reazione di fermentazione e delle trasformazioni che avvengono nel processo di cottura. Per il corso di Chimica: le reazioni chimiche, la velocità di reazione e l'individuazione delle variabili che influenzano la velocità di reazione, il rapporto tra substrati e catalizzatori.



Figura 1. Studenti del corso di biologia durante una sessione del lavoro cooperativo.

Le attività svolte dagli studenti nel corso di Biologia sono state: lavoro in gruppi cooperativi sulle caratteristiche chimiche e merceologiche degli ingredienti; osservazione al microscopio dei saccaromiceti; riconoscimento dell'amido; estrazione del glutine; osservazione e spiegazione della produzione di CO₂ durante la lievitazione.

Per tutti il progetto è iniziato con una ricerca da svolgere a casa sugli ingredienti, sul processo di produzione della pizza e sulla sua popolarità (web, genitori, libri, riviste, ...).

E' seguita una discussione nelle classi sulle informazioni trovate che sono poi state elaborate in una mappa concettuale. In questa fase sono state trovate molte notizie curiose; ad esempio la pizza è un alimento molto apprezzato anche in Brasile e San Paolo è la città col maggior numero di pizzerie al mondo. Alla prima occasione le insegnanti hanno informato i genitori sulla natura didattica del progetto e sul suo svolgimento. Diversi genitori hanno espresso il loro apprezzamento e un paio hanno offerto la loro casa per la pizza di fine anno.

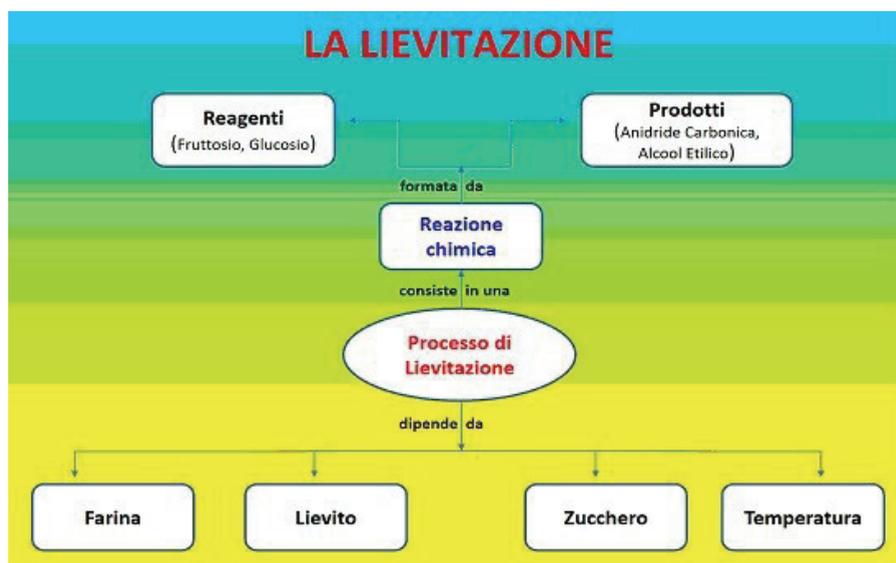


Figura 2. Mappa concettuale sviluppata sulla lievitazione.

Il lavoro è stato svolto nei laboratori di chimica e di scienze e alla fine del progetto, in cucina presso un Istituto Alberghiero per la preparazione e la cottura della pizza in un ambiente professionale. In questo progetto sono state coinvolte tre classi e nella sua pianificazione sono state considerate le necessità didattiche collegate ai programmi ministeriali privilegiando l'aspetto biologico - biochimico e la cinetica chimica.



Figura 3a. Studenti del corso di biologia durante lezioni il laboratorio.



Figura 3b. Studenti del corso di biologia durante lezioni il laboratorio.

Gli studenti del liceo hanno affrontato il modulo approfondendo lo studio dei nutrienti e delle trasformazioni che avvengono durante la lievitazione e la cottura, focalizzando l'attenzione sulla fermentazione operata dai saccaromiceti. Come risulta dalle foto, anche in laboratori non molto attrezzati è possibile fare delle esperienze significative.

Le due classi dell'indirizzo tecnico commerciale hanno invece rivolto l'attenzione alla chimica della lievitazione, rispondendo preliminarmente ad un questionario formulato dall'insegnante e mirato ad individuare reagenti e prodotti della reazione nonché gli effetti che le variazioni nelle quantità dei reagenti avrebbero potuto avere sul prodotto finale. Gli studenti hanno così acquisito alcune nozioni generali sulla lievitazione. La reazione si svolge in due fasi: nella prima il lievito scinde, tramite l'enzima invertasi, gli zuccheri complessi (disaccaridi, come il saccarosio) in zuccheri semplici (monosaccaridi, come glucosio e fruttosio); nella seconda avviene la fermentazione degli zuccheri semplici (ad esempio il fruttosio) con formazione di etanolo e di anidride carbonica.

La funzione del lievito è di favorire la produzione di anidride carbonica, usata per gonfiare l'impasto, agendo da "innesco" nella reazione precedentemente menzionata. Tempo e temperatura sono parametri importanti: un tempo prolungato di reazione porterebbe all'idrolisi del glutine con perdita

di estensibilità dell'impasto, mentre tempi brevi di reazione ridurrebbero la quantità di CO_2 prodotta e quindi la pizza sarebbe meno voluminosa e soffice. Una temperatura troppo bassa inibisce l'azione del lievito e fa aumentare i tempi di lievitazione, mentre temperature eccessivamente alte danneggerebbero le cellule del lievito bloccando la lievitazione.

E' stato anche studiato l'effetto della temperatura sulla velocità di lievitazione e i prodotti che si formano durante il processo. Dalle ricerche condotte nella prima fase del progetto gli studenti hanno scoperto che durante la fermentazione avvengono delle reazioni chimiche con formazione di anidride carbonica e etanolo. Inoltre, dalla discussione in classe con l'insegnante gli studenti avevano acquisito delle relazioni circa l'influenza della quantità dei reagenti. L'aumento della farina rende l'impasto più duro; l'aumento del lievito rende l'impasto più soffice; l'aumento dell'acqua rende l'impasto troppo liquido e la sua lavorazione più difficile; l'aumento del sale non solo renderebbe il prodotto finale più salato, ma l'impasto lievita di meno perché vengono uccisi i micro-organismi del lievito; l'aumento dell'olio (o dello strutto) rende l'impasto più duro con la cottura, mentre la presenza dello zucchero fa maggiormente lievitare l'impasto.

Alcuni esperimenti sono stati svolti in maniera qualitativa, come il riconoscimento della CO_2 . Prima di andare in laboratorio gli studenti sono stati invitati a predisporre la procedura con il materiale necessario e il procedimento. **Prodotti:** acqua 100 mL; zucchero 10 g; lievito di birra 10 g; soluzione di $\text{Ba}(\text{OH})_2$. **Materiale:** beuta con tappo forato e tubo di gomma; provetta. **Procedimento:** predisporre l'apparecchiatura come in figura 4; sciogliere lo zucchero in acqua; introdurre nella beuta la soluzione ottenuta; aggiungere il lievito, chiudere immediatamente il tappo di gomma e inserire il tubicino nella provetta contenente la soluzione di $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

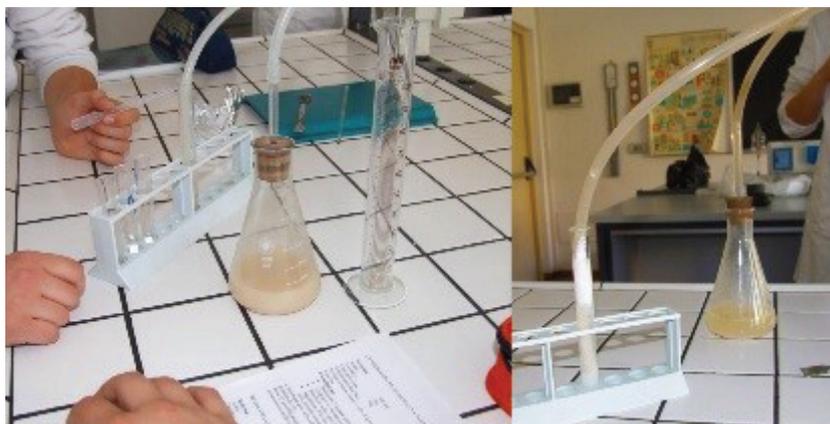


Figura 4. Determinazione della CO_2 per reazione con una soluzione di $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

Questo modo di fare vuole rendere il lavoro in laboratorio maggiormente fruttuoso come acquisizioni cognitive ed essere ciò che Alex Johnstone ha chiamato prelab, il cui scopo è “to prepare the mind to recognize the expected changes, to be surprised when something different occurs, to have the requisite theory “at the top of the head” to guide what is going to be experienced. ... It must be a more fundamental preparation involving revision of theory, reacquaintance with skills, planning the experiment to some extent, discussion with members of a team about partition of labor, and so on. The student has to be convinced that the experiment is worth doing and that the results will be important and informative. There has to be some feeling of ownership to justify the time spent.” (Johnstone, 1997, p. 266).

Le classi sono state divise in gruppi e a ciascun gruppo è stato chiesto di programmare un'attività sperimentale mirata ad individuare i prodotti di reazione e l'influenza di una particolare variabile sulla velocità della reazione stessa. Riportiamo una delle prove più semplici per stabilire la relazione tra velocità di reazione (svolgimento di CO_2) e temperatura.

Materiale: acqua 100 mL; zucchero 5 g; farina 20 g; lievito di birra 10 g; beuta con tappo forato e tubo di gomma; cilindro graduato da 100 mL; bacinella con acqua; piastra riscaldante.

Procedimento: Predisporre l'apparecchiatura come in Figura 5; Pesare le richieste quantità di reagenti tramite la bilancia elettrica; sciogliere lo zucchero in 100 mL di acqua; aggiungere la farina e il lievito spezzettato nella beuta contenente l'acqua zuccherata; chiudere immediatamente la beuta con il tappo di gomma; prendere nota del volume iniziale V_0 nel cilindro graduato; agitare bene la beuta; rilevare il volume di CO_2 dopo 15 minuti; ripetere l'esperimento più volte cambiando la temperatura dell'acqua zuccherata.

Figura 5. Apparecchiatura per la determinazione del volume di CO_2 svolto durante la lievitazione

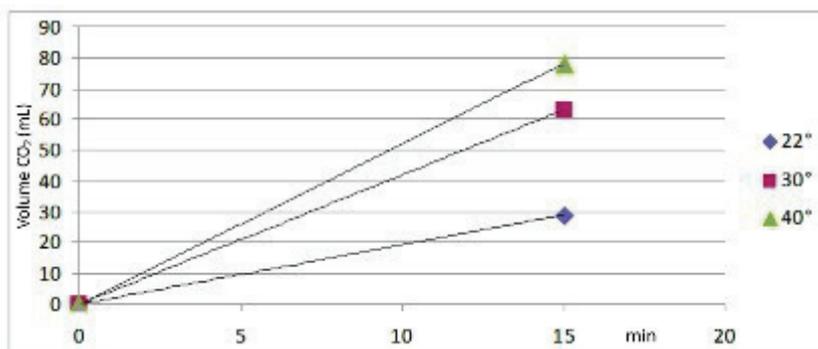


Figura 6. Volume di CO₂ svolto durante la lievitazione in funzione della temperatura.

I risultati sperimentali evidenziano un aumento del volume di CO₂ svolto durante la lievitazione con l'aumentare della temperatura, nell'intervallo considerato (22, 30 e 40°C).

I vari gruppi hanno eseguito numerose prove in laboratorio per stabilire l'influenza delle variabili sulla quantità di CO₂ svolta durante la lievitazione.

Oltre allo studio dell'influenza della temperatura, sono state considerate l'influenza della massa della farina utilizzata, la variazione della quantità di lievito e la quantità di zucchero aggiunto. L'elaborazione dei dati ottenuti è riportata nelle Figure 8 e 9, mentre la Figura 7 mostra alcuni gruppi che pesano i reagenti per preparare gli esperimenti. In Figura 10 è riportato il grafico che sintetizza i dati sperimentali ottenuti: la velocità della reazione di fermentazione segue un andamento esponenziale e aumenta all'aumentare della quantità dei reagenti e della temperatura, almeno entro i valori considerati in questi esperimenti dagli studenti. Osserviamo che gli studenti hanno svolto queste indagini senza alcuna esperienza acquisita sulla esecuzione delle misure sperimentali: certamente non si possono escludere errori sperimentali in parte visibili nei grafici riportati.



Figura 7. Gruppi di studenti preparano gli esperimenti da svolgere in modo quantitativo.

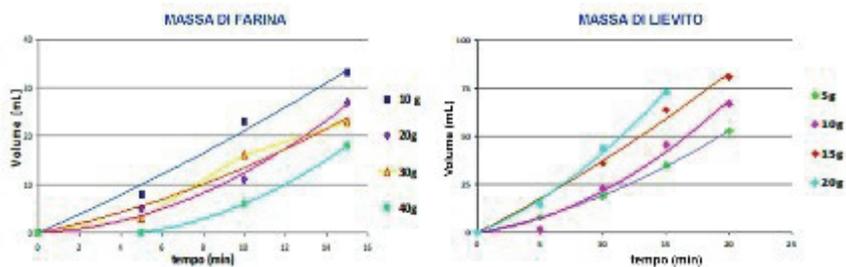


Figure 8. Influenza della massa della farina e della massa di lievito nella quantità di CO_2 svolta durante la lievitazione a temperatura costante.

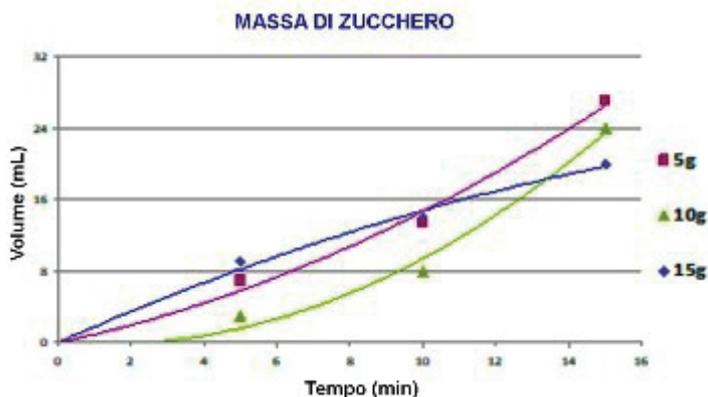


Figura 9. Volume di CO_2 svolto durante la lievitazione in funzione della quantità di zucchero a temperatura costante. Nella prima fase del progetto alcuni studenti avevano trovato la notizia confermata da qualche familiare, che piccole aggiunte di zucchero favoriscono il processo della lievitazione.

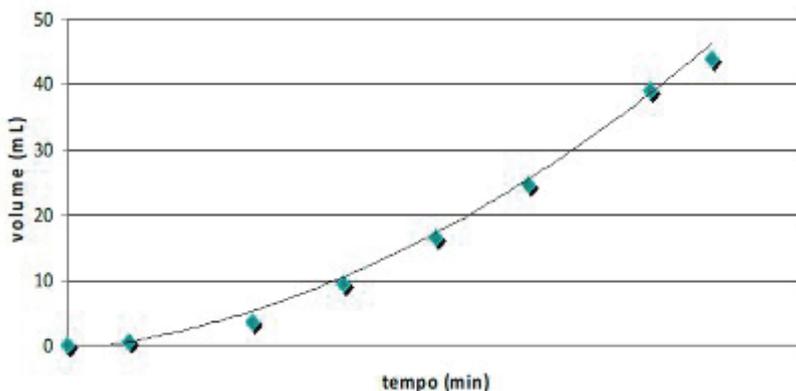


Figura 10. Volume di CO_2 svolto durante la lievitazione in funzione del tempo di reazione: ovvero, la velocità della reazione di fermentazione.

Determinazione della presenza dell'alcol etilico

Durante la discussione in classe relativa alla reazione di lievitazione, gli studenti di chimica hanno spontaneamente chiesto di fare una lezione sui glucidi. L'argomento era stato svolto l'anno precedente dal collega di biologia, ma i 'ricordi' degli studenti si erano alquanto affievoliti. Il fatto merita di essere evidenziato perché accade molto raramente di essere invitati ad aggiungere argomenti ai normali programmi. In laboratorio è stato effettuato l'esperimento per la ricerca dell'alcool nell'impasto utilizzando tre campioni contenenti: 1) acqua; 2) acqua e zucchero; 3) acqua zucchero e farina.

Il motivo di questo esperimento è dovuto alla necessità di introdurre il concetto di prova in bianco. Il test con il bicromato di potassio in ambiente acido è risultato positivo per il campione n. 3 ma ovviamente anche per il campione n. 2 e pertanto ci si è trovati in 'imbarazzo' nell'attribuire il risultato alla presenza di alcool o al gruppo alcolico dello zucchero. La soluzione al problema è stata suggerita da un alunno (e non uno dei più attenti alle lezioni di chimica!) il quale ha proposto di scaldare la miscela e di far passare i vapori ottenuti attraverso un etilometro usa e getta per rilevare la presenza di alcool. (Figura 11)



Figura 11. La determinazione dell'etanolo con $K_2Cr_2O_7$ e con alcool test monouso.

Una delle due prove con alcool test monouso ha dato il risultato positivo. Oltre l'esito di tale esperimento, questo episodio ha anche innescato una discussione con gli studenti sugli etilometri e sul loro funzionamento dato che ne sono trovati di due tipi diversi: al cromo (inquinante) e allo iodio (reazione reversibile). La parte sperimentale ha permesso di frequentare spesso il laboratorio ed ha letteralmente entusiasmato gli studenti: nel consueto programma, poche volte gli studenti utilizzano il laboratorio nel corso dell'anno scolastico.

Il progetto è stato esteso e adattato anche ad alcuni alunni con disabilità e l'insegnante di sostegno ha utilizzato questo progetto per organizzare una serie di attività: manipolazione dell'impasto, osservazione in laboratorio della lievitazione in condizioni differenti, uscita al supermercato per l'acquisto delle materie prime (con calcoli di spesa associati), preparazione e cottura della pizza. Tutti gli alunni coinvolti hanno partecipato con entusiasmo al lavoro proposto ed il successo più grande è stato quello di riuscire a far 'mettere le mani in pasta' ad una alunna che, fino a quel momento, aveva rifiutato di svolgere qualsiasi attività che potesse sporcarle le mani.

Uscita didattica: il mulino

Sono state riportate le prove svolte dagli studenti di chimica. Gli studenti di biologia hanno svolto un impegnativo cammino parallelo; riportiamo degli spunti didattici della visita al mulino. Dall'antichità l'uomo ha imparato a frantumare i cereali, utilizzando lastre di pietra mosse da animali o corsi d'acqua. Con la rivoluzione industriale compaiono i più efficienti mulini a cilindri, che permettono una maggiore velocità della frantumazione delle cariossidi, con perdita di alcune proprietà nutrizionali per le maggiori temperature che si producono per l'attrito. Nei moderni mulini il chicco, prima della macina, viene privato di crusca e germe (ricco di vitamine e oli essenziali), venduti poi separatamente. La crusca può essere ri-aggiunta alla farina per ottenere farine integrali. I chicchi 'sfogliati' e macinati subiscono circa 30 passaggi in cui, attraverso dei setacci, vengono separate le varie parti per ottenere farine con diverso grado di abburattamento, farine tipo 2, 1, 0, 00 (le più raffinate).

Nella visita al mulino gli studenti hanno modo di seguire il percorso fatto dal grano dal momento in cui arriva, fino al prodotto finale. Nei silos avviene una pre-pulitura per scartare i residui erbacei grossolani, a questa seguono altri due trattamenti per eliminare ulteriori impurità. Segue il "condizionamento": il grano viene bagnato e lasciato a riposo per conferire maggiore elasticità e favorire il distacco della cuticola. Con un'apposita bilancia si determina il peso elettrolitico (kg/hl), un valore che è un indice della qualità dei grani ed è proporzionale alla resa di macinazione.

Nel laboratorio vengono effettuate prove importanti per valutare la qualità del grano e della farina. Tra gli strumenti utilizzati vi è l'alveografo Chopin che misura l'elasticità e la tenacità dell'impasto e il farinografo, che misura la resistenza alla lavorazione. Oltre alle prove reologiche, sugli sfarinati vengono effettuate analisi chimico-fisiche (esame ispettivo, colore, umidità, ceneri, glutine, prova di Zeleny, proteine, granulometria) e fermentative (determinazione dell'attività dell'alfa-amilasi, prova amilografica, determinazione degli zuccheri riduttori) ed igienico-sanitarie (analisi microbiologiche, filth-test, esame dei fitosanitari ...).

Pianificazione del lavoro e visita all'Istituto Professionale Alberghiero

Nella progettazione del modulo le insegnanti hanno usato al meglio le loro capacità professionali e le idee del progetto PROFILES. Un aspetto importante del lavoro di progettazione è stato lo sviluppo un sistema di valutazione adeguato per valutare positivamente il coinvolgimento e gli sforzi di tutti gli studenti. Dopo la presentazione del progetto alle classi, la problematizzazione del lavoro da svolgere e la divisione degli studenti in gruppi cooperativi, insieme agli studenti il modulo è stato diviso in tre blocchi di studio corrispondenti alle tre fasi di lavorazione (l'impasto, la lievitazione, la cottura). Per ciascun blocco è stata fornita agli alunni una 'mappa' delle attività da svolgere, così articolata:

- Una serie di domande – stimolo; analisi del fenomeno e sua concettualizzazione; realizzare una mappa concettuale, il diagramma di flusso (un'ora in classe) e la ricerca in rete (a casa, circa 2 ore);
- attività sperimentale in laboratorio, osservazioni (indagine qualitativa), raccolta ed elaborazione dei dati (indagine quantitativa), documentazione fotografica, relazione scritta (3 ore);
- discussione finale in classe, confronto e analisi dei risultati ottenuti dai vari gruppi (1 ora).

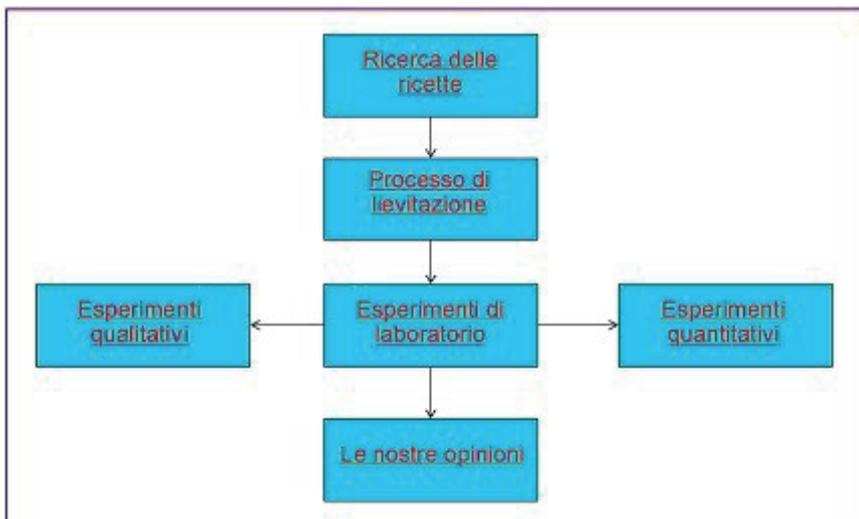


Figura 12. Il diagramma di flusso del progetto.

A conclusione del progetto gli alunni delle due scuole hanno discusso e sintetizzato le ricadute didattiche e le nuove acquisizioni conoscitive e sono stati invitati a realizzare delle mappe concettuali e a preparare una presentazione sul lavoro svolto nel proprio gruppo. Questo sia per consolida-

re le nuove acquisizioni che in vista di una presentazione che gli studenti di biologia e chimica avrebbero fatto a tutti gli studenti.

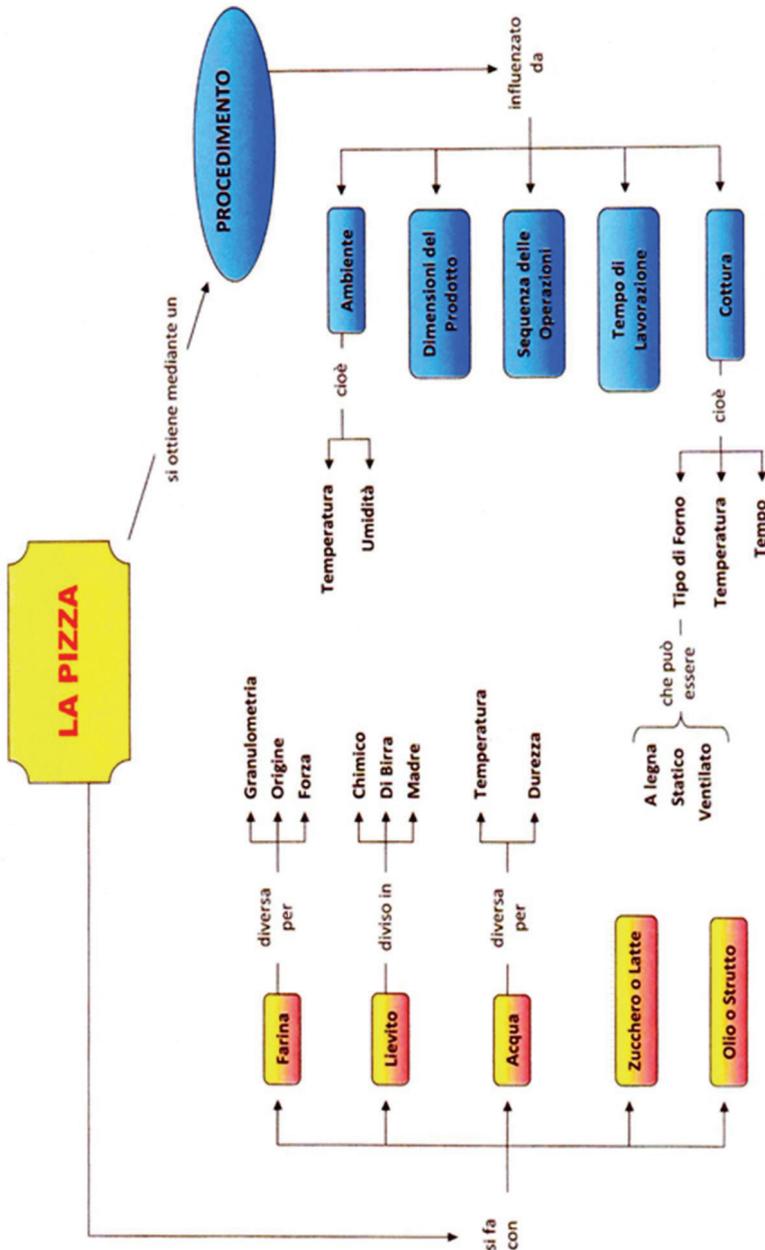


Figura 13. Mappa finale che sintetizza le nuove conoscenze sulla preparazione della pizza.

L'occasione per la presentazione si è avuta durante una visita in cui gli alunni delle due scuole sono stati ospiti di un Istituto Professionale alberghiero dove hanno avuto modo di confrontarsi con gli chef e i tecnici della panificazione, porre domande ed illustrare quanto avevano studiato e svolto, oltre che preparare loro stessi la pizza, utilizzando il laboratorio di cucina.



Figura 14. Nel laboratorio di cucina dell'Istituto Professionale alberghiero.

Durante questo evento gli studenti di chimica hanno illustrato il proprio lavoro agli studenti di biologia e gli studenti di biologia hanno presentato il lavoro svolto agli studenti di chimica. In previsione di questa attività gli studenti hanno avuto modo di preparare un file PowerPoint di qualità accettabile, e con le prove di presentazione hanno migliorato le loro capacità comunicative.



Figura 15. La presentazione del lavoro svolto.

La progettazione di un modulo

Tra i molti, un dovere importante dell'insegnante è quello di svolgere il programma scolastico; questo fatto però non dovrebbe far perdere di vista che il programma è lo strumento attraverso il quale gli studenti acquisiscono abilità e conoscenze significative. Per raggiungere elevati livelli di eccellenza

za educativa, sono necessari obiettivi molto più ambiziosi, perché come è stato osservato, “an examination of many classrooms reveals that instruction is often focused on superficial coverage of lots of content ... Even in nominally successful classrooms we see an overemphasis on short-term content acquisition for simple recall instead of long-term understanding.” (Wiggins, McTighe, 2011, p. 4).

Il lavoro fatto dall’insegnante è finalizzato a migliorare lo standard di apprendimento degli studenti e per questo si parla di apprendimento significativo. Se si considera la qualità dell’apprendimento, si deve riconoscere che esiste una differenza tra chi manda a memoria dei concetti e chi invece cerca di dare ai nuovi concetti un senso, collegandoli con quanto già conosciuto: questa differenza dipende dalla natura dell’elaborazione.

“Processing can be an active process in which the learner purposefully attempts to integrate new information with their existing ideas and knowledge (*deep processing*) or it may involve simply trying to remember facts in unconnected ways (*surface processing*).” (Loughran, 2010, p. 28).

Uno strumento utile per rendere significativo l’apprendimento sono le mappe concettuali, mentre un modulo didattico può costituire un utile processo.

Esperti nella progettazione dei moduli suggeriscono di pianificare il modulo didattico utilizzando la progettazione a rovescio (Backward design): “We ask designers to start with a much more careful statement of the desired results—the priority learnings—and to derive the curriculum from the performances called for or implied in the goals.” (Wiggins, McTighe, 2005, p. 17). Piuttosto che partite dalla progettazione con le attività, i materiali e il programma, viene suggerita la pianificazione in tre stadi: si identificano i risultati che alla fine del processo si desiderano ottenere, poi si stabiliscono i criteri per valutare la conoscenza acquisita, le abilità e le competenze, infine si procede con la progettazione del modulo che faciliterà il raggiungimento dei risultati voluti.

L’unità didattica dovrebbe essere costruita intorno a poche grandi idee, anche per dare un senso a fatti e argomenti che altrimenti potrebbero risultare isolati. Queste attività risultano piacevoli perché basate su un approccio che coinvolge gli studenti in un’indagine; facilitano l’acquisizione concettuale delle grandi idee e di abilità e competenze utili anche per la vita di tutti i giorni. Una serie di domande aiutano ad identificare i risultati e lo scopo del modulo: (Wiggins, McTighe, 2005, p. 257).

- What Big Ideas are embedded in this goal?
- What will students need to understand to really learn this?
- What Big Ideas either underlie this topic or emerge from studying it?
- Why is it so important?
- What will this skill enable students to do?

- What will students need to understand to effectively apply this skill?
- What will students need to understand to perform well on this test?
- What other evidence of learning is needed?
- Exactly why are we having students read this text or use this resource?
- What Big Ideas do we want students to understand as a result?
- What Big Ideas will students come to understand as a result of this activity or unit?
- What evidence of understanding is needed?

Gli Autori di questo articolo e un'insegnante di matematica del liceo hanno lavorato alla progettazione di un modulo per studenti delle elementari, utilizzando i principi generali esposti e le idee suggerite dagli esperti, che facilitasse e rendesse attraente l'insegnamento scolastico. Il risultato è stato giudicato un progetto molto ambizioso: usare i biscotti come sottofondo per veicolare in modo coinvolgente molte parti dei programmi, dalla matematica alle scienze, alla chimica, all'Italiano e rendere maggiormente consapevoli i bambini di ciò che viene consumato.

Bis...cotti e mangiati

Le insegnanti hanno portato per merenda alcune confezioni di biscotti e hanno posto la 'domanda-stimolo': Tra le tante confezioni di biscotti per la prima colazione che puoi acquistare al supermercato, quale sceglieresti? Perché? Nella discussione una bambina ha commentato: "maestra, perché non li facciamo noi?" La maestra ha approvato e lodato la proposta ed è stato l'inizio di una bella avventura che ha coinvolto una classe terza e una classe quinta. Gli allievi e le maestre di queste classi sono abituati a lavorare in modo cooperativo.



Figura 16. Bambini di una classe elementare al lavoro.

I bambini sono contenti di andare a scuola e partecipano volentieri ai compiti proposti: il poter produrre dei biscotti a scuola ha sollevato entusiasmo in alcuni che hanno portato ricette delle loro mamme e nonne. Il progetto si è sviluppato durante l'anno scolastico ed ha occupato gli studenti con le attività pratiche e cognitive per diversi mesi. Maggiori informazioni all'URL <http://www.profiles.univpm.it/sites/www.profiles.univpm.it/files/profiles/MODULI/Biscotti%26Mangiati.pdf>.

Gli obiettivi generali si possono riassumere nei seguenti aspetti molto impegnativi:

- osservare, selezionare, individuare le informazioni significative per compiere classificazioni, ordinare i dati raccolti in una mappa concettuale e confrontarli;
- progettare, ideare soluzioni, calcolare tempi e costi, misurare, disegnare e realizzare;
- valutare e ragionare in modo visibile.

Le insegnanti sono convinte che il successo scolastico è facilitato e deriva dal piacere e dall'interesse verso ciò che viene insegnato; ad esempio, la matematica alla scuola primaria significa molto di più che eseguire 'operazioni' o 'risolvere problemi con le operazioni aritmetiche'. Per raggiungere obiettivi più elevati è importante avviare gli alunni ad altre operazioni cognitive, necessarie per interpretare i dati dell'esperienza reale quali: rappresentare, schematizzare e generalizzare, che costituiscono le basi fondanti delle competenze scientifiche. Per far sì che gli alunni sviluppino tali competenze è necessario un cambiamento di rotta nel modo di lavorare in classe; i bambini non devono rimanere sempre seduti nei banchi e ascoltare l'insegnante, ma devono avere anche la possibilità discutere e confrontarsi, muoversi per sperimentare e imparare a ragionare.

Queste considerazioni hanno determinato alcune scelte metodologiche:

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

Finalità, crescita umana e obiettivi didattici dell'esperienza:

- offrire occasioni d'integrazione attraverso attività per piccoli gruppi, creando l'opportunità di esperienze sociali positive e piacevoli;
- rafforzare l'identità e le competenze sociali attraverso il rispetto delle regole di vita comunitaria e di quelle di educazione alla salute;

- sviluppare e incoraggiare la creatività;
- compiere attività di discriminazione, ordinamento e classificazione dei vari ingredienti;
- scrivere ed esprimersi in modo corretto;
- acquisto e misurazione di quantità e pesi degli ingredienti;
- racconto delle esperienze in ordine temporale e causale;
- rispetto delle basilari regole di igiene legate all'alimentazione;
- intuire alcuni elementi di proporzionalità e facilitare l'apprendimento delle frazioni;
- risolvere problemi e saper utilizzare algoritmi di calcolo.



Figura 17. L'euro e i suoi sottomultipli.

La realizzazione del progetto

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

Successivamente è stato chiesto loro di raccogliere informazioni relative al prezzo e al peso delle varie confezioni prese in esame; da ciò è scaturita un'attività di problem-solving per stabilire quale fosse il prodotto più conve-

niente, chiedendo di elaborare una valida giustificazione scritta alle risposte fornite.

I ragazzi hanno poi focalizzato la loro attenzione sulla tabella nutrizionale dei biscotti presi in esame e hanno scoperto la funzione dei vari ingredienti e additivi contenuti e le loro correlazioni con la salute. Molto interesse ha suscitato la decodifica del codice a barre per la modalità di scrittura e le informazioni che se ne possono ricavare.



Figura 18. Alcune confezioni e valori nutrizionali dei biscotti.

Un altro importante scopo di questo progetto è l'interazione tra bambini di età e classi differenti; in diverse occasioni i bambini più grandi hanno aiutato e spiegato ai più piccoli, ma anche i più piccoli hanno avuto modo di spiegare ai più grandi. La fase successiva è stata denominata 'Divento io un produttore di biscotti' in quanto, partendo da una ricetta, i ragazzi si sono impegnati nel realizzare dei prodotti pianificando e attuando tutte le operazioni necessarie:

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

Lo scopo di queste attività è la crescita umana, sociale e conoscitiva degli studenti; ad esempio al supermercato i vari gruppi hanno analizzato e discus-

so dei possibili acquisti, prima di mettere il prodotto nel carrello della spesa. Una cura particolare è stata quella di usare questo progetto per la comprensione più profonda delle frazioni. Moltissimi studi hanno evidenziato e confermato ciò che gli insegnanti conoscono per esperienza; la difficoltà che gli studenti incontrano nella comprensione profonda e operativa delle frazioni. (Siegler, 2005; Siegler et al., 2013; Fuchs et al., 2013).

Inoltre, la mancata comprensione profonda potrebbe pregiudicare in modo negativo la successiva comprensione di altri concetti di matematica. (Torbeyns, Schneider, Xin, Siegler, 2013) Per rendere significativo ai bambini il modo di procedere, è stata usata l'idea del ragionamento visibile; una idea sviluppata dal progetto zero dell'Università di Harvard. (Collins, Brown, Holum, 1991; Ritchhart, Church, Morrison, 2011) In Figura 19 sono riportati alcuni esempi di quanto fatto dagli studenti.

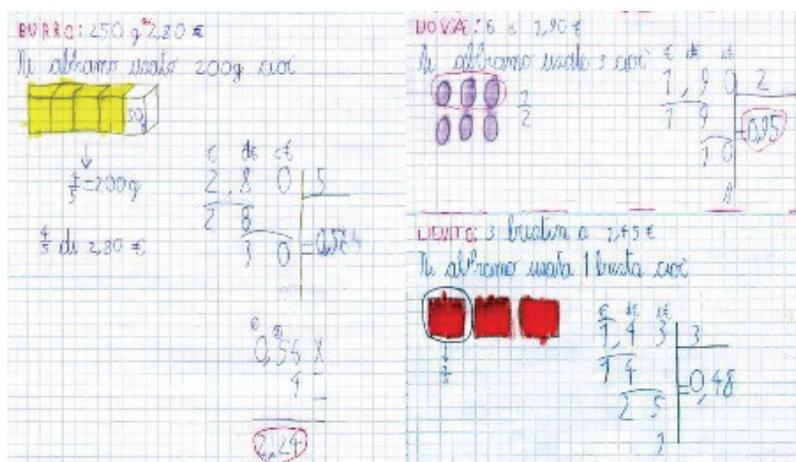


Figura 19. Le operazioni matematiche spiegate attraverso le rappresentazioni.

La chimica alle elementari

Molto è stato fatto e studiato anche nel nostro paese circa l'insegnamento della chimica alle elementari. In genere si segue l'approccio di sviluppare esperienze e discussioni per far comprendere ai bambini alcuni concetti di chimica. (Gabel, 1985) Viene affermato che "In the early years of school, students can investigate earth materials, organisms, and properties of common objects. Although children develop concepts and vocabulary from such experiences, they also should develop inquiry skills. As students focus on the processes of doing investigations, they develop the ability to ask scientific questions, investigate aspects of the world around them, and use their observations to construct reasonable explanations for the questions posed. Guided by teachers, students continually develop their science knowledge." (Kessler, Galvan, 2007, p. 454)

I bambini apprendono e apprezzano la chimica attraverso alcuni prodotti utilizzati nei biscotti e considerano il loro impatto per la loro salute, come conservanti, coloranti ed emulsionanti, grassi vegetali idrogenati e zucchero. Fanno alcuni semplici esperimenti: non è importante che sviluppino spiegazioni chimiche che dimostrino la loro conoscenza, ma che si stupiscano, che trovino l'attività divertente, in modo da sviluppare un'attitudine positiva verso la chimica e le scienze. Ad esempio l'esperimento del cavolo rosso che cambia colore al variare del pH è stato presentato come *'La pozione della strega'*, o esperimenti di mescolamento come *'Sfida a duello tra liquidi'*, riportati in Figura 20.

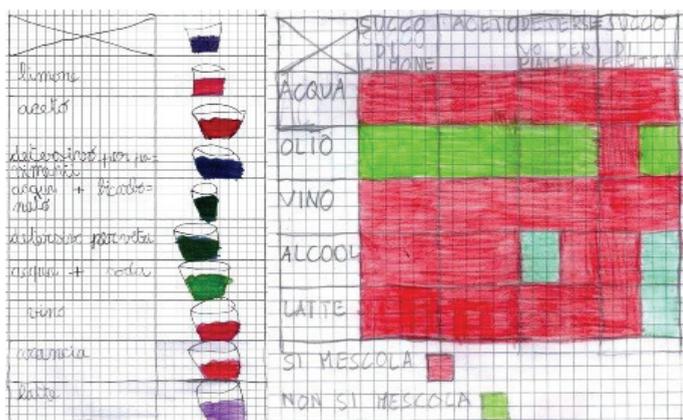


Figura 20. Risultati di due esperimenti: *'La pozione della strega'* e *'Sfida a duello tra liquidi'*.

I bambini in gruppi eseguivano gli esperimenti e avevano il compito di osservare e ordinare analogie e differenze; per i cocktail della strega, in cui l'intensità del colore dipende anche dalla quantità di altro liquido aggiunto, dovevano riportare in un disegno le tinte dominanti.



Figura 21. Bambini gioiosi mostrano il loro stupore e si divertono sperimentando la *'magia'* di un tensioattivo.

A cosa dovrebbero servire questi esperimenti?

Gli studenti “should learn to question and wonder about their experiences. ... It is hoped that ... [they will] continue to enjoy learning chemistry in the years to come.” (Greco, Greco, 1987, p. 538). Altro lavoro è stato fatto nel progetto dei biscotti. Si è cercato di misurare l’acquisizione della consapevolezza rispetto al lavoro fatto nel progetto. Con un questionario è stato chiesto di classificare le nove informazioni sulla confezione.

(Quando acquisti un pacco di biscotti, quali informazioni sulla confezione ritieni sia più importante leggere e prendere in considerazione?):

1. Elenco degli ingredienti;
2. prezzo;
3. peso;
4. tabella nutrizionale;
5. data di scadenza;
6. nome del prodotto;
7. nome del produttore;
8. codice a barre;
9. ubicazione dell’impianto di produzione.

In Figura 22 sono riportate le scelte degli studenti per la lista degli ingredienti

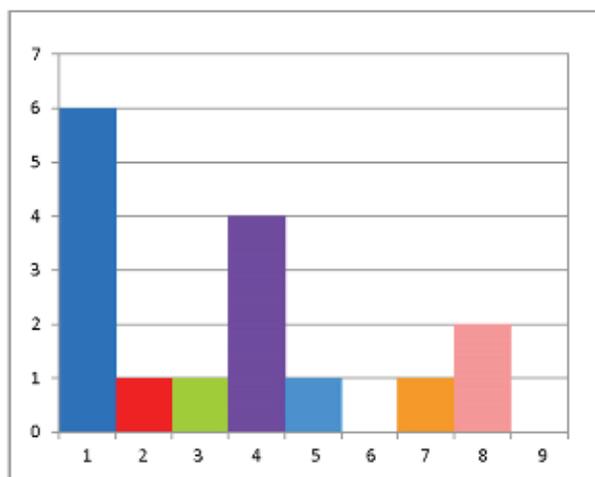


Figura 22. Le scelte degli studenti per la lista degli ingredienti.

Nel questionario c’era anche una domanda aperta: sei al supermercato, quale/i consiglio/i daresti a tua madre per l’acquisto di una confezione di biscotti? Le risposte, descritte in modo simpatico, evidenziano la nuova consapevolezza acquisita: “*La cosa più importante da fare per prima è guar-*

dare la data di scadenza, poi la tabella nutrizionale, la denominazione di vendita, l'elenco degli ingredienti, la modalità di conservazione, il peso e il codice a barre.” Invece, Sara una bambina della classe terza: “Mamma, prima di prenderlo guarda se è scaduto, guarda la tabella nutrizionale; mamma prendi questo pacco perché non conserva dei prodotti che fanno male.” A conclusione del progetto è stata fatta una grande mappa riassuntiva di tutte le attività svolte; oltre alle informazioni già menzionate, sono stati considerati anche gli additivi, i conservanti, coloranti ed emulsionanti, grassi vegetali idrogenati, zucchero o sciroppo di glucosio, come riportato in Figura 23.



Figura 23. Mappa riassuntiva di tutte le attività svolte.

La fiera della scienza

Questa manifestazione ripetuta più volte ha coinvolto migliaia di cittadini; merita però di essere riportata per il coinvolgimento di molti studenti, il valore di ciò che hanno appreso oltre il programma scolastico e la loro crescita umana e sociale. È un progetto originato da un'idea di una delle Autrici (FMF) e si è svolta per la prima volta nel 2012, nella piazza principale di Osimo. L'obiettivo del progetto, che coinvolgeva docenti di Biologia, Chimica, Fisica e Matematica, è di diffondere le idee della scienza, affascinando le persone con esperimenti scientifici, attrarre altri studenti allo studio delle materie scientifiche e stupire i bambini in modo che sviluppino un'attitudine positiva verso le scuole scientifiche. Inoltre, si voleva potenziare le abilità di comunicazione degli alunni che nelle attività del progetto dovevano rapportarsi con un'utenza diversificata (dai bambini piccoli ai nonni).



Figura 24. I manifesti per pubblicizzare l'evento.

Il progetto richiede parecchio impegno sia agli studenti che agli insegnanti; l'attività si svolge durante l'intero anno scolastico e prevede un ciclo di lezioni in laboratorio, dove i docenti espongono e spiegano gli esperimenti, un ciclo di 'prove' effettuate dagli alunni che realizzano gli esperimenti e spiegano quanto appreso come spiegazioni teoriche. Gli studenti e i loro insegnanti sono poi coinvolti in una serie itinerante di manifestazioni nelle scuole secondarie di I grado del territorio. Queste attività terminano con una manifestazione finale nella piazza principale, nel centro storico della città. Gli studenti partecipanti sono tutti volontari e la loro preparazione avviene in laboratorio con incontri al pomeriggio, prevalentemente fuori dall'orario scolastico. Tra studenti e insegnanti si instaura una atmosfera 'alternativa', molto più amichevole, diversa dal rapporto alunno-insegnante, normalmente sviluppato in classe.

La fiera è organizzata per l'intera giornata del sabato; al mattino partecipano le scuole del territorio, mentre al pomeriggio è dedicata all'intera cittadinanza. Per molti studenti, il dover parlare in modo convincente con estranei è difficile, infatti gli insegnanti hanno notato come i ragazzi 'crescano' durante la giornata della manifestazione; nelle prime ore del mat-

tino erano un po' rigidi, impacciati, esitanti, alla fine della giornata si sentivano perfettamente a loro agio. Sin dalla prima edizione, la fiera ha ottenuto un buon successo che ha reso orgogliosi gli studenti del proprio lavoro. Così, all'inizio del nuovo anno scolastico i nuovi studenti chiedevano se ci sarebbe stata la fiera e proponevano nuovi esperimenti da realizzare. Dal punto di vista del coinvolgimento degli studenti è stato un crescendo e alcuni studenti hanno svolto ruoli inusuali, come intrattenitore, presentatore e animatore dei bambini più piccoli.



Figura 25. La fiera della scienza 2013.



Figura 26. Una classe elementare visita lo spazio di biologia; al centro un esperimento di fisica; a destra un esperimento di chimica, il 'sangue'.



Figura 27. Un abile giocoliere intrattiene dei bambini; lo stand di matematica.



Figura 28. Gli studenti che hanno lavorato agli stand con il Sindaco della città.

Certamente questi eventi sono stati significativi dal punto di vista didattico. Gli insegnanti hanno notato un interesse maggiore verso lo studio e una più attiva partecipazione alle attività in classe. Riportiamo i titoli degli esperimenti in chimica. In una edizione è stato scelto il colore come idea unificante dei vari esperimenti: il camaleonte; la bottiglia magica; il sangue finto; il bar della chimica; saggi alla fiamma; la zecca, produzione di monete d'argento e d'oro. Questo ultimo esperimento 'magico' ha interessato particolarmente i bambini, che si prendevano le monete prodotte. L'anno successivo nel bar della chimica si poteva vedere l'acqua scambiarsi col vino; veniva sfruttata la diversa densità. Inoltre sono stati fatti i fuochi d'artificio, il giardino chimico, gli alberi metallici e le lampade vintage.

In una edizione sono anche stati esposti i lavori realizzati da gruppi di studenti nell'ambito del "Progetto Marketing: diventiamo produttori di sapone".



Figura 29. Il sapone prodotto e confezionato dagli studenti delle classi seconde dell'indirizzo Amministrazione, Finanza e Marketing alla fiera della scienza 2014: nell'occasione viene svolto un sondaggio di mercato.

Questo progetto ha ricevuto i complimenti da parte di una esperta di marketing di una famosa azienda della zona che ha molto apprezzato non soltanto i saponi prodotti quanto tutto il lavoro intorno al sapone, dal depliant pubblicitario realizzato per ogni sapone, alle eleganti confezioni, ai

sondaggi di mercato. Questa attività è riportata nella Newsletter n. 9, all'URL: <http://www.profiles.univpm.it/node/24>. Nel 2015 sono stati eseguiti anche esperimenti con alimenti (amido e zuccheri nella banana; arcobaleno nel succo di pomodoro; ricerca della vitamina C; esplosione di colori nel latte) ed esperimenti senza alimenti (un insolito semaforo; il tricolore italiano; cambia con la voce). Gli studenti di biologia, fisica e matematica hanno presentato esperimenti ugualmente interessanti e stupefacenti. Altre notizie nelle newsletter n. 5, 7, 9 e 12.

Il successo di questi eventi è da attribuire all'entusiasmo degli studenti, che gareggiavano nel poter intrattenere i visitatori, e adattavano il loro linguaggio ad un pubblico molto eterogeneo, dalla persona anziana, al docente universitario, al coetaneo o ai bimbi. Questo fatto ha quasi dell'incredibile se si pensa che, a volte, in classe alcuni di questi studenti non riuscivano ad avere una esposizione accettabile. Tra i tanti, riportiamo giusto un fatto curioso. Nel tardo pomeriggio una signora che qualche ora prima aveva visto l'esperimento del sangue finto è ritornata per chiedere notizie della salute del ragazzo e se fosse ritornato dal pronto soccorso. Lo studente ha mostrato il polso perfettamente sano ed ha ripetuto l'esperimento. Un altro studente aveva scritto la reazione con formazione del solfocianuro ferrico: $\text{FeCl}_3 + 3\text{KSCN} \rightarrow \text{Fe}(\text{SCN})_3 + 3\text{KCl}$. Più che dalla reazione, forse la signora ha compreso che lo studente ha svolto l'esperimento con grande destrezza scenica tale da farla stare in pensiero.

Note aggiunte a margine

Le esperienze riportate sono esempi di insegnamento efficace che permettono per la loro flessibilità di mettere in pratica ciò che Carol Tomlinson chiama istruzione differenziata, giustificata e resa necessaria dalla diversità degli studenti. “School populations are increasingly diverse in terms of student experience, culture, language, race, economics, gender, handicapping conditions, home support, and a myriad of other factors that undeniably shape how students learn. Thus, diversity in each of those areas results in academic diversity as well.” (Tomlinson, 2010, p. 249).

Questo tipo di insegnamento permette una valutazione più completa dei risultati poiché considera anche il modo in cui gli studenti interagiscono e si impegnano e, per le continue interazioni, la valutazione è di fatto formativa e incoraggia l'apprendimento facendo delle cose pratiche, ma comprendendo e riflettendo su ciò che si fa. “Formative assessments – ongoing assessments designed to make students' thinking visible to both teachers and students – are essential. They permit the teacher to grasp the students' preconceptions, understand where the students are in the “developmental corridor” from informal to formal thinking, and design instruction accordingly. In the assessment-centered classroom environment, formative assessments help

both teachers and students monitor progress.” (Bransford, Brown, Cocking, 2000, p. 24).

Il lavoro cooperativo e l’interazione tra studenti in un contesto problem solving costituisce uno dei migliori ambienti di apprendimento possibili. Quando gli studenti discutono, si scambiano idee, si spiegano e insegnano a vicenda e argomentano, siamo ai vertici dell’apprendimento significativo.

“The best answer to the question “What is the most effective method of teaching?” is that it depends on the goal, the student, the content, and the teacher. The next best answer may be ‘students teaching other students.’” (Svinicki, Mckeakie, 2014, p. 193). Secondo Philip Adey, “learning and the development of intelligence is essentially a social process. This is far more than a matter of becoming socialised into a set of beliefs by the cultural milieu in which one finds oneself. What it means is that our ability to process information, the actual development of intelligence, depends critically on social interaction, on the chugging back and forth of ideas and challenges, defending a position and learning to give up an untenable position gracefully.” (Adey, 2004, p. 21). Inoltre, questo ambiente facilita la crescita umana e sociale degli studenti.

Gli insegnanti contribuiscono e in parte preponderante stabiliscono le norme che generano l’ambiente di apprendimento che dovrebbe facilitare il raggiungimento degli obiettivi didattici e le finalità educative e formative. La qualità del risultato è funzione delle esperienze acquisite e dallo sviluppo professionale del docente. Sono le qualità umane e professionali dell’insegnante che possono far raggiungere agli studenti risultati importanti.

Infatti, “Good teaching was characterized by teachers being enthusiastic about their subject, setting it in everyday contexts and running well-ordered and stimulating science lessons. Good teachers were also sympathetic and willing to spend time, both in and out of lessons, talking with the students about science, careers and individual problems. Thus the picture emerging from this body of research about what kind of teaching is required is fairly unequivocal – finding the individuals with the knowledge, skills and aptitude – particularly in the physical sciences remains an enduring problem.” (Simon, Osborne, 2010, p. 249).

Secondo la scienza dell’apprendimento, che studia come la gente apprende, “Learning is a change in the learner’s knowledge attributable to the learner’s experience. This definition of learning consists of three elements: learning is a change, what is changed is what the learner knows, and the cause of the change is some interaction with the environment that primes appropriate cognitive processing in the learner. (Mayer, 2010, p. 96) Questa definizione conferma la convinzione che le esperienze qui riportate sono importanti esperienze di apprendimento, oltre che di crescita umana.

Conclusioni

Ciò che unisce queste esperienze, oltre alla continuità del filo didattico, è la stima professionale e l'amicizia che ha motivato i partecipanti a questi progetti a dare il meglio. Come è stato affermato, l'insegnamento efficace richiede entusiasmo per la propria materia da parte di chi insegna. (Simon, Osborne, 2010, p. 249) Oltre all'impiego di metodi di insegnamento appropriati. Questo perché gli studenti attuali hanno molti impegni oltre alla scuola e dispongono di passatempi piacevoli che richiedono molto meno impegno. L'apprendimento significativo delle materie scientifiche richiede uno sforzo mentale e l'abile utilizzo della capacità di ragionare, per apprendere modi di pensare più complessi e sofisticati. "It is important to realize that both teaching and learning are active processes and effort by the learner is therefore a necessary condition for learning to occur. It isn't of course sufficient, as this effort also needs to be well directed. If we as teachers therefore wish to support our students' learning, we must try to ensure that they are making well focused efforts to achieve the desired learning outcomes." (Byers, Eilks, 2009, p. 9).



Figura 30. Una delle Autrici (DB) coinvolge una classe elementare del progetto biscotti in un dibattito sulla densità, usando un uovo.

Cosa si può dire circa la motivazione degli studenti? La motivazione è un costrutto difficile, se non impossibile da misurare. La ricerca pedagogica mette in relazione la motivazione con l'interesse; "interest includes three components: knowledge, value, and affect; these exist and develop in relation to the learner's other engagements." (Renninger, 2010, p. 110)

La partecipazione costruttiva ed entusiasta degli studenti ad una attività di apprendimento significato è una dimostrazione della loro motivazione.



Figura 31. La motivazione viene evidenziata dalla partecipazione costruttiva ed entusiasta alle attività scolastiche.

Ci sono dati e aneddoti che dimostrano la validità didattica di queste attività. Un bambino, conquistato dagli esperimenti della fiera della scienza ha detto: “maestra, da grande voglio studiare chimica”. Gli studenti che hanno avuto qualche insegnante che utilizza questi approcci, al corso di chimica alla Facoltà di Ingegneria risultano tra i migliori studenti del corso. Phillip Schlechty, un grande educatore che negli Stati Uniti ha influenzato migliaia di insegnanti, suggerisce quale dovrebbe essere il compito primario dell’insegnante. “Rather than instructing students, the primary job of the teacher is to design work that leads students to seek instruction and then guide them to the most useful sources of instruction for them.” (Schlechty, 2011, p. 102). Ma questo è quanto con questi progetti si è cercato di realizzare.

Bibliografia

- P. Adey with G. Hewitt, J. Hewitt, N. Landau, *The professional development of teachers: Practice and theory*. Kluwer Academic Publishers: New York, 2004.
- I. Arends, A. Kilcher, *Teaching for student learning. Becoming an accomplished teacher*. Routledge: New York, 2010.
- B. Byers, I. Eilks, The need for innovation in higher level chemistry education. A pedagogical justification. In I. Eilks, B. Byers (Eds.), *Innovative methods of teaching and learning chemistry in higher education* (pp. 5-22). Royal Society of Chemistry: Cambridge, 2009.
- R. Bolam, A. McMahon, Literature, definitions and models: towards a conceptual map. In C. Day, J. Sachs (Eds.), *International handbook on the continuing professional development of teachers* (pp. 33-63). Open University Press: Berkshire, UK, 2004.
- J. D. Bransford, A. L. Brown, R. R. Cocking, (Eds.). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Expanded edition. National Academy Press Washington DC, 2000.

- C. Bolte, S. Streller, M. Rannikmäe, A. Hofstein, R. Mamlok-Naaman, F. Rauch, M. Dulle, Introduction: About PROFILES. In Bolte, C., Holbrook, J., Mamlok-Naaman, R., & Rauch, F. (Eds.). *Science teachers' continuous professional development in Europe. Case studies from the PROFILES project* (pp. 4-15). Berlin: Freie Universität Berlin (Germany)/Klagenfurt: Alpen – Adria - Universität Klagenfurt (Austria), 2014.
- V. Brianzoni, L. Cardellini, Il progetto europeo PROFILES e il suo impatto in Italia. *La Chimica nella Scuola*, **2015**, 37 (3), 39-60.
- S. L. Christenson, A. L. Reschly, C. Wylie, Preface. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. vi-x). Springer: New York, 2012.
- A. Collins, J. S. Brown, A. Holum, Cognitive apprenticeship: Making thinking visible. *American Educator*, **1991**, 6 (11), 38-46.
- L. Darling-Hammond, R. C. Wei, A. Andree, N. Richardson, S. Orphanos, *Professional learning in the learning profession: A status report on teacher development in the United States and abroad*. National Staff Development Council: Dallas, TX, 2009.
- I. Eilks, J. Sjöström, A. Hofstein, Relevant chemistry education for sustainability. *Daruna*, **2017**, 44, 18-29.
- P. J. Fensham, Science for all: A reflective essay. *Journal of Curriculum Studies*, **1985**, 17 (4), 415-435.
- P. J. Fensham, Increasing the relevance of science and technology education for all students in the 21st century. *Science Education International*, **2004**, 15 (1), 7-26.
- P. J. Fensham, Real world contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching*, **2009**, 46 (8), 884-896.
- L. S. Fuchs, R. F. Schumacher, J. Long, J. Namkung, C. L. Hamlett, P. T. Cirino, N. C. Jordan, R. Siegler, R. Gersten, P. Changas, Improving at-risk learners' understanding of fractions. *Journal of Education Psychology*, **2013**, 105 (3), 683-700.
- J. D. Finn, K. S. Zimmer, Student Engagement: What is it? Why does it matter? In S. L. Christenson, A. L. Reschly, C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 97-131). Springer: New York, 2012.
- M. E. S. Forrest, On becoming a critically reflective practitioner. *Health Information and Libraries Journal*, **2008**, 25 (3), 229-32.
- A. J. Franco-Mariscal, Exploring the everyday context of chemical elements: Discovering the elements of car components. *Journal of Chemical Education*, **2015**, 92 (10), 1672-1677.
- D. Gabel, Chemistry for gifted children in the intermediate grades. *Journal of Chemical Education*, **1985**, 62 (8), 702-704.
- J. K. Gilbert, On the nature of "context" in chemical education. *International Journal of Science Education*, **2006**, 28 (9), 957-976.
- T. G. Greco, C. B. Greco, A hands-on introduction to chemistry for gifted students in the intermediate grades. *Journal of Chemical Education*, **1987**, 64 (6), 537-538.
- T. R. Guskey, *Evaluating professional development*. Corwin Press, Inc.: Thousand Oaks, CA, 2000.

- D. Hodson, *Towards scientific literacy. A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Sense Publishers: Rotterdam, 2008.
- J. Holbrook, Introduction to the special issue of science education international devoted to PARSEL. *Science Education International*, **2008**, 19 (3), 257-266.
- J. Holbrook, M. Rannikmäe, Nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, **2007**, 29 (11), 1347-1362.
- J. Holbrook, M. Rannikmäe, The philosophy and approach on which the PROFILES project is based. *CEPS Journal*, **2014**, 4 (1), 9-29.
- E. Jenkins, School science, citizenship and the public understanding of science. *International Journal of Science Education*, **1999**, 21 (7), 703-710.
- A. H. Johnstone, Chemistry teaching-Science or alchemy? *Journal of Chemical Education*, **1997**, 74 (3), 262-268.
- J. H. Kessler, P. M. Galvan, *Inquiry in action: Investigating matter through inquiry* 3rd Ed. American Chemical Society: Washington, DC, 2007.
- D. King, New perspectives on context-based chemistry education: Using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, **2012**, 48 (1), 51-87.
- B. Larrivee, Transforming Teaching Practice: becoming the critically reflective teacher. *Reflective Practice*, **2000**, 1 (3), 293-307.
- S. Loucks-Horsley, P. W. Hewson, N. Love, K. E. Stiles, *Designing professional development for teachers of science and mathematics*, 3rd Ed. Corwin Press, Inc.: Thousand Oaks, CA, 2010.
- J. J. Loughran, Learning through self-study: The influence of purpose, participants and context. In J. J. Loughran, M. L. Hamilton, V. Kubler LaBoskey, T. Russell (Eds.), *International handbook of self-study of teaching and teacher education practices* (pp. 151-192), Part One. Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2007.
- J. Loughran, *What expert teachers do: Enhancing professional knowledge for classroom practice*. Allen & Unwin: Crows Nest, NSW, 2010.
- P. G. Mahaffy, Chemistry in context. How is chemistry portrayed in the introductory curriculum? *Journal of Chemical Education*, **1992**, 69 (1), 52.
- P. G. Mahaffy, T. A. Holme, L. Martin-Visscher, B. E. Martin, A. Versprille, M. Kirchoff, L. McKenzie, M. Towns, Beyond "inert" ideas to teaching general chemistry from rich contexts: Visualizing the chemistry of climate change (VC3). *Journal of Chemical Education*, **2017**, 94 (8), 1027-1035.
- D. Marks-Maran, P. Rose, *Reconstructing nursing: Beyond art and science*. Bailliere Tindall: London, 2002.
- R. J. Marzano, *The art and science of teaching: a comprehensive framework for effective instruction*. Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD): Alexandria, VA, 2007.
- R. E. Mayer, Applying the science of learning to instruction in school subjects. In R. Marzano (Ed.), *On excellence in teaching* (pp. 93-111). Solution Tree Press: Bloomington, IN, 2010.
- W. J. McKeachie, *Teaching tips. Strategies, research, and theory for college and university teachers*, 9th Ed. D. C. Heath and Co.: Lexington, MA, 1994.
- C. H. Middlecamp, S. W. Keller, K. L. Anderson, A. K. Bentley, M. C. Cann, J. P. Ellis, Chemistry in context. A project of the American Chemical Society, 7th Ed. McGraw-Hill: New York, 2012.

- M. T. Oliver-Hoyo, G. Pinto, Using the relationship between vehicle fuel consumption and CO₂ emissions to illustrate chemical principles. *Journal of Chemical Education*, **2008**, 85 (2), 218-220.
- J. Osborne, S. Collins, *Pupils' and parents' views of the school science curriculum*. King's College London: London, 2000.
- J. Reeve, A Self-determination theory perspective on student engagement. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 149-172). Springer: New York, 2012.
- A. Renkl, H. Mandl, H. Gruber, Inert knowledge: Analyses and remedies. *Educational Psychologist*, **1996**, 31 (2), 115-121.
- K. A. Renninger, Working with and cultivating the development of interest, self-efficacy, and self-regulation. In D. D. Preiss, R. J. Sternberg (Eds.), *Innovations in educational psychology: perspectives on learning, teaching, and human development* (pp. 107-138). Springer, New York, 2010.
- R. Ritchhart, M. Church, K. Morrison, *Making thinking visible: How to promote engagement, understanding, and independence*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2011.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*, Brussels: Directorate General for Research, Science, Economy and Society. Retrieved 03/08/2014, from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.
- R. M. Ryan, E. L. Deci, Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, **2000a**, 25 (1), 54-67.
- R. M. Ryan, E. L. Deci, Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, **2000b**, 55 (1), 68-78.
- R. M. Ryan, E. L. Deci, An overview of self-determination theory: An organismic-dialectical perspective. In E. L. Deci, R. M. Ryan (Eds.), *Handbook of self-determination research* (pp. 3-33). University of Rochester Press: Rochester, NY, 2002.
- P. C. Schlechty, *Engaging students. The next level of working on the work*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2011.
- M. Sellars, Teachers and change: The role of reflective practice. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **2012**, 55, 461-469.
- D. J. Shernoff, *Optimal learning environments to promote student engagement*. Springer: New York, 2013.
- R. S. Siegler, Children's learning. *American Psychologist*, **2005**, 60 (8), 769-778.
- R. S. Siegler, L. K. Fazio, D. H. Bailey, X Zhou, Fractions: the new frontier for theories of numerical development. *Trends in Cognitive Sciences*, **2013**, 17 (1), 13-19.
- S. Simon, J. Osborne, Students' attitudes to science. In J. Osborne, J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching. What research has to say*, 2nd Ed. (pp. 238-258). Open University Press: Berkshire, 2010.
- M. Stuckey, A. Hofstein, R. Mamlok-Naaman, I. Eilks, The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in*

Science Education, **2013**, 49 (1), 1-34.

- C. Sugrue, Rhetorics and realities of CPD across Europe: From cacophony towards coherence? In C. Day, J. Sachs (Eds.), *International handbook on the continuing professional development of teachers* (pp. 67-93). Open University Press: Berkshire, 2004.
- M. D. Svinicki, W. J. McKeachie, *McKeachie's Teaching tips: Strategies, research, and theory for college and university teachers*, 14th Ed., International Ed. Wadsworth, Cengage Learning: Belmont, CA, 2014.
- C. A. Tomlinson, Differentiating instruction in response to academically diverse student populations. In R. Marzano (Ed.), *On excellence in teaching* (pp. 247-268). Solution Tree Press: Bloomington, IN, 2010.
- J. Torbeyns, M. Schneider, Z. Xin, R. S. Siegler, Bridging the gap: Fraction understanding is central to mathematics achievement in students from three different continents. *Learning and Instruction*, **2015**, 37, 5-13.
- F. Vergine, L. Cardellini, Il sogno di Giovanni. Un progetto di inquiry al Liceo. *La Chimica nella Scuola*, **2017**, 39 (4), 37-60.
- K. R. Wentzel, Students' relationships with teachers as motivational contexts. In K. R. Wentzel, D. B. Miele (Eds.), *Handbook of motivation at school* (301-322). Routledge: New York, 2009.
- A. N. Whitehead, The aims of education and other essays. In F. S. C. Northrop, M. W. Gros, (Eds), *Alfred North Whitehead*. The Macmillan Co.: New York, 1953.
- D. T. Willingham, *Why don't students like school? A cognitive scientist answers questions about how the mind works and what it means for your classroom*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2009.
- G. P. Wiggins, J. McTighe, *Understanding by design*, Expanded 2nd Ed. Association for Supervision and Curriculum Development: Alexandria, VA, 2005.
- G. Wiggins, J. McTighe, *The understanding by design guide to creating high-quality units*. Association for Supervision and Curriculum Development: Alexandria, VA, 2011.
- D. L. Zeidler, T. D. Sadler, M. L. Simmons, E. V. Howes, Beyond STS: A research based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, **2005**, 89 (3), 357-377

Appendice

Cara/o Collega!

Abbiamo bisogno del suo aiuto per organizzare un programma di sviluppo professionale continuo. Per organizzarlo al meglio desideriamo conoscere:

- 1) la sua confidenza in alcune abilità didattiche;
- 2) i suoi bisogni, le sue aspettative e l'enfasi che le piacerebbe su questi aspetti fosse posta nel programma.

Per questa ragione le chiediamo di completare entrambe le colonne (*Confidenza* ed *Enfasi* nel programma di sviluppo professionale continuo) per le 35 affermazioni nel questionario mettendo una 'x' nella colonna appropriata. Grazie!

		Confidenza				Enfasi nel SPC			
		Molto grande	Grande	Soddisfacente	Non a pari	1-per niente	2- modesta	3- necessaria	4- molto grande
Natura della scienza									
1.	Spiegare agli studenti che cosa s'intende effettivamente con 'scienza'.								
2.	Fornire una spiegazione sul perché si studiano materie scientifiche a scuola.								
3.	Assicurarsi che gli studenti sappiano distinguere tra scienza e pseudoscienza.								
Alfabetizzazione scientifica e tecnologica (AST)									
4.	Creare scenari d'apprendimento interessanti per lo studente per migliorare la loro AST.								
5.	Dirigere la discussione degli studenti su un argomento socio-scientifico.								
6.	Cuidare gli studenti ad utilizzare le conoscenze e capacità acquisite in nuove situazioni (contesti).								
Scopi della didattica/formazione scientifica									
7.	Promuovere lo sviluppo intellettuale degli studenti, favorendo l'apprendimento di ordine superiore.								
8.	Stabilire gli obiettivi didattici in modo da favorire lo sviluppo di conoscenze, abilità, atteggiamenti e valori degli studenti.								
9.	Comprendere lo scopo del materiale tipo PARSEL.								
Didattica scientifica basata sull'indagine									
10.	Distinguere tra 'strutturata', 'guidata' e 'inquiry aperta'.								
11.	Stimolare gli studenti a proporre questioni e ipotesi scientifiche per le indagini.								
12.	Assistere gli studenti nel progetto di un esperimento.								
Ambiente scolastico di apprendimento									
13.	Utilizzare metodi attivi di apprendimento come il Cooperative Learning.								
14.	Promuovere il pensiero di ordine superiore tra gli studenti (analisi, sintesi e valutazione).								
15.	Considerare i desideri e le proposte degli studenti per il contenuto delle lezioni (interagire con gli studenti).								
16.	Tenere conto di conoscenze pregresse, attitudini e capacità degli studenti.								
17.	Stimolare le abilità di comunicazione degli studenti in ogni maniera, sia in forma scritta che orale.								
18.	Favorire il pensiero creativo degli studenti.								
Motivazione dello studente									
19.	Proporre sfide che siano proporzionale alle motivazioni degli studenti.								
20.	Mostrare agli studenti l'utilità degli studi scientifici per la vita e il proprio apprendimento continuo.								
22.	Incoraggiare la motivazione personale degli studenti nelle lezioni scientifiche.								

AREE SCIENTIFICO–DISCIPLINARI

AREA 01 – Scienze matematiche e informatiche

AREA 02 – Scienze fisiche

AREA 03 – **Scienze chimiche**

AREA 04 – Scienze della terra

AREA 05 – Scienze biologiche

AREA 06 – Scienze mediche

AREA 07 – Scienze agrarie e veterinarie

AREA 08 – Ingegneria civile e architettura

AREA 09 – Ingegneria industriale e dell’informazione

AREA 10 – Scienze dell’antichità, filologico–letterarie e storico–artistiche

AREA 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche

AREA 12 – Scienze giuridiche

AREA 13 – Scienze economiche e statistiche

AREA 14 – Scienze politiche e sociali

AREA 15 – Scienze teologico–religiose

Il catalogo delle pubblicazioni di Aracne editrice è su

www.aracneeditrice.it

Finito di stampare nel mese di ottobre del 2018
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)