



Società Chimica Italiana

## **La Chimica nella Scuola**





## Indice

- 5 Editoriale  
Lezioni a distanza  
*Pasquale Fetto*
- 7 Un approccio sperimentale - induttivo agli orbitali molecolari  
di frontiera  
*Roberto Soldà*
- 21 Innamorarsi della Chimica - Parte 3: Altri cinque progetti  
*Leonardo Seghetti, Liberato Cardellini*
- 45 Le dodici pietre del pettorale di Aronne: la Turchese - Parte 1  
*Pasquale Fetto*
- 57 L'impatto del progetto PROFILES - Parte 1. Organizzazione e  
basi teoriche  
*Liberato Cardellini*



## EDITORIALE

### Lezioni a distanza

Pasquale Fetto

Coordinatore di Redazione di CnS

In epoca “*coronavirus*” viene meno la **didattica tradizionale** e con essa la “*lezione frontale*” o “*in presenza*”; il processo in atto richiede che la professionalità, le abilità e le competenze degli insegnanti si conformino alle tecnologie multimediali per giustificare il loro ruolo di fronte ai giovani, alla società e a se stessi al fine di dare senso e significato al proprio lavoro. Ogni giorno, sempre più insegnanti devono insegnare da casa questo richiede un approccio diverso dall'insegnamento a scuola. La prima domanda che l'insegnante si pone è la seguente: *Come posso coinvolgere gli studenti insegnando a distanza?* Ed ancora: *Come faccio per tenermi in contatto con gli altri insegnanti?*

Le tecnologie multimediali possono servire sia per migliorare i *processi di insegnamento* che per migliorare i *processi di apprendimento*.

La socializzazione giovanile è affidata agli insegnanti in quanto responsabili principali di questo processo e titolari di un ruolo al quale corrispondono aspettative di comportamento e funzioni formative in continua evoluzione. Agli insegnanti è affidata la trasmissione della cultura e dell'innovazione didattica ed è fuor di dubbio che dovranno mediare i condizionamenti interni ed esterni alla scuola.

Se è vero che nella società complessa le fonti della conoscenza (e i diversi tipi di sapere) sono mediate e “messe in forma” da istituzioni sociali diverse dalla scuola e dalla famiglia, non si può certo pretendere che l'insegnante, da solo, sia in grado di far concorrenza ai centri del potere culturale, ai mass-media, alle immagini che sono prodotte e diffuse dalle tecnologie della comunicazione.

E' da mettere in risalto che nella scuola primaria sono presenti sia i problemi che i punti positivi di questa “*nuova*” attività. La difficoltà deriva dal fatto che i docenti a tutt'oggi non hanno ricevuto una formazione sui nuovi metodi di lezione online. Non si è seguita alcuna formazione specifica. La maggior parte di docenti ha sempre sentito parlare di queste risorse digitali ma non le ho mai utilizzate. Con dei bambini delle prime tre classi della primaria, risulta più complicato

mettere a profitto tutte le potenzialità, rispetto a quando si lavora con gli studenti più grandi”.

Poiché questo tipo di formazione non può essere improvvisata, ben venga la (già in atto) di gemellaggi con istituti scolastici che siano in possesso di esperienze avanzate di didattica digitale e, nel contempo contenuti multimediali per lo studio e piattaforme certificate per la didattica a distanza.

*“La scuola italiana sta dimostrando grande capacità di reazione – ha detto Azzolina - Soprattutto sta facendo Rete e il Ministero è schierato al suo fianco. Da questa fase di emergenza dobbiamo lanciare un ponte verso la fase successiva, convogliare queste energie e questo spirito di condivisione in una spinta per rilanciare il tema dell’innovazione didattica”.*

Forse bisogna solo abituarsi. Tutto è nuovo, sia per gli alunni che per le loro famiglie“.

## **Errata Corrige**

Nella seconda tabella a pag.15 del fascicolo 5 del 2019 di CnS è saltata la nota relativa alle unità di misura posta in fondo alla tabella stessa:

\*) Tutte le unità si possono esprimere con le unità di base:  $J \equiv \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$  ;  
 $\text{Hz (hertz)} \equiv \text{s}^{-1}$  ;  $C (\text{coulomb}) \equiv \text{A s}$  ;  
 $\text{lm (lumen)} \equiv \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} \equiv \text{cd sr}$ ;  $W (\text{watt}) \equiv \text{J s}^{-1} \equiv \text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$  . Il simbolo sr indica la grandezza di base supplementare “angolo solido”.

**La redazione si scusa con i lettori per la dimenticanza**

**Pasquale Fetto**

# Un approccio sperimentale - induttivo agli orbitali molecolari di frontiera

Roberto Soldà

roberto.solda@libero.it

## Riassunto

*Di solito nelle scuole secondarie di secondo grado ad indirizzo chimico le regole di Woodward -Hoffmann e gli orbitali molecolari di frontiera di Fukui vengono introdotti trattando la reazione di Diels Alder in chimica organica.*

*Infatti tale reazione è forse l'esempio più famoso delle reazioni pericicliche, per le quali vale il meccanismo regolato dalle regole di Woodward, Hoffmann e Fukui.*

*Comunque è noto che gli orbitali di frontiera possono essere introdotti prendendo in considerazione anche altre reazioni (per esempio le reazioni acido-base di Lewis e le reazioni di sostituzione nucleofila SN2).*

*In questo articolo viene presentato un itinerario didattico per introdurre eventualmente gli orbitali molecolari di frontiera anche a livello di chimica di base, qualora ovviamente l'insegnante ritenga opportuno fornire ai suoi allievi (oltre al modello orbitalico della struttura atomica) alcune informazioni relative a tali orbitali. Infatti attualmente l'argomento degli orbitali molecolari di frontiera, oltre che in chimica organica, è entrato a fare parte della chimica generale e inorganica.*

*A tale scopo si propone, in ogni caso, un approccio sperimentale induttivo prendendo spunto dalla teoria acido-base di Lewis, basandosi su semplici esperimenti effettuabili con materiali e reattivi facilmente reperibili in qualsiasi scuola.*

*Inoltre gli allievi avrebbero la possibilità di apprezzare l'importanza del modello di Lewis e anche della sua teoria acido-base in relazione alla teoria degli orbitali molecolari di frontiera.*

*In questo modo forse il concetto di orbitale potrebbe essere introdotto nella realtà sperimentale come un ente non solo teorico ed essere usato correttamente per una migliore comprensione di argomenti ormai divenuti attuali anche a livello di divulgazione scientifica, come ad esempio, nel libro "L'architetto dell'invisibile ovvero come pensa un chimico" di Marco Malvaldi. (vd. un brano in appendice).*

## Abstract

*Woodward-Hoffmann's rules and Fukui's frontier molecular orbitals are usually introduced in secondary chemistry secondary schools by treating Diels Alder's reaction in organic chemistry.*

*In fact, this reaction is perhaps the most famous example of pericyclic reactions, for which the mechanism regulated by the rules of Woodward, Hoffmann and Fukui applies.*

*However, it is known that frontier orbitals can be introduced taking into consideration other reactions (for example the Lewis acid-base reactions and the  $S_N2$  nucleophilic substitution reactions).*

*This article presents a didactic itinerary to possibly introduce frontier molecular orbitals also at basic chemistry level, if obviously the teacher deems it appropriate to provide his students (in addition to the orbital model of the atomic structure) some information related to these orbitals. In fact, the topic of frontier molecular orbitals, in addition to organic chemistry, has now become part of general and inorganic chemistry.*

*For this purpose, in any case, an inductive experimental approach is proposed, taking inspiration from Lewis's acid-base theory, based on simple experiments that can be carried out with materials and reagents easily available in any school.*

*Furthermore, students would have the opportunity to appreciate the importance of the Lewis model and also of its acid-base theory in relation to the theory of frontier molecular orbitals.*

*In this way perhaps the concept of orbital could be introduced into the experimental reality as a not only theoretical entity and be used correctly for a better understanding of topics that have become current also at the level of scientific popularization, such as, for example, in the book "The architect the invisible or as a chemist thinks" by Marco Malvaldi. (see a passage in the appendix).*

## **Premessa**

E' noto che, a prescindere dal tipo di scuola (istituti tecnici, istituti professionali, licei), attualmente in alcuni testi di chimica di base si propongono, oltre al modello atomico orbitalico, anche alcune nozioni elementari relative al modello orbitalico molecolare.

Ciò soprattutto con l'obiettivo di dare una rappresentazione corretta, senza rinunciare al rigore scientifico, relativamente alle informazioni ottenute tramite la divulgazione scientifica e l'utilizzo di internet.

A tale scopo, in ogni caso, è consigliabile un approccio basato su esperimenti come anni fa, in questo giornale, si è tentato di fare per l'introduzione dell'orbitale atomico.

Questo discorso vale, a maggior ragione, anche per gli orbitali molecolari di frontiera.

Ma ciò implica l'introduzione di alcune nozioni relative alle regole di Woodward – Hoffmann e di Kenichi Fukui.

## Requisiti

Nozioni elementari concernenti:

- Semplici esperimenti di interferenza e diffrazione della luce.
- Il comportamento particella-onda dell'elettrone.
- Il concetto di orbitale come descrizione scientifica del possibile stato dinamico di uno o due elettroni nell'atomo.
- Confronto fra il modello atomico a strati e orbitalico.
- Il diagramma energetico degli orbitali atomici e la configurazione elettronica degli elementi della tavola periodica.
- La rappresentazione molecolare di Lewis di molecole biatomiche omonucleari ed eteronucleari ( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $HCl$ , ecc.) ed eteronucleari poliatomiche ( $H_2O$ ,  $NH_3$ , ecc.) e suoi limiti.
- Le forze che legano gli atomi (il legame covalente, il legame ionico, il legame dativo).
- Le forze fra le molecole (forze di van der waals, il legame covalente polarizzato e le forze intermolecolari dipolo-dipolo, il legame ad idrogeno).
- Esperimenti relativi al riconoscimento qualitativo di acidi, basi e ampliamento di definizione di acido e base mediante il modello di Lewis e il legame dativo.

## Note relative alla discussione preliminare agli esperimenti

In questo caso è opportuno che gli esperimenti vengano effettuati dopo avere richiamato in classe alcuni concetti relativi al modello atomico orbitalico, collegandoli con il modello orbitalico molecolare.

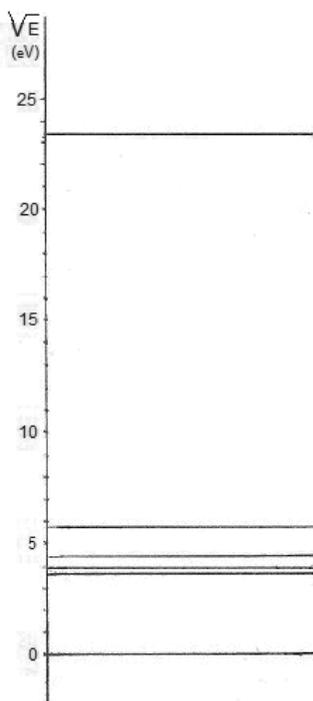
Per conseguire tale obiettivo si può proporre agli allievi la rappresentazione grafica di un diagramma dei livelli energetici di una molecola (ad esempio l'acqua) utilizzando i valori delle energie dei livelli energetici ottenuti sperimentalmente mediante la spettroscopia fotoelettronica.

A tale proposito, senza entrare nei dettagli di tale metodica, si può dire che, utilizzando tale tecnica, è possibile misurare le energie con cui gli elettroni sono legati in qualsiasi molecola, mediante espulsione con fotoni UV e X generati da una opportuna sorgente.

Per esempio, per la molecola di  $H_2O$  in cui sono presenti 10 elettroni, le misure effettuate con l'impiego della spettroscopia fotoelettronica forniscono 5 livelli energetici riportati in Tabella 1 e in Figura 1.

**Tabella 1.** Livelli energetici molecolari di  $H_2O$  ( in eV )

Livello	Fotoni X	Fotoni UV		Livello	Fotoni X	Fotoni UV
1a1	539,7	Insuff.		3a1	14,7	14,7
2a1	32,2	Insuff.		1b1	12,6	12,6
1b2	18,5	18,6				
(N. B. Non è necessario, in questo caso, soffermarsi sulla simbologia usata per distinguere i vari livelli.)						



**Figura 1.** Energie degli orbitali molecolari di H<sub>2</sub>O

Quindi, utilizzando tali dati sperimentali, gli studenti possono:

- “costruire” graficamente il diagramma dei livelli energetici della molecola dell'acqua, come riportato in Figura 1,
- rendersi conto che la molecola d'acqua ha una struttura simile, sotto molti aspetti, a quella a strati di un atomo,
- comprendere che anche in ogni altra molecola (in cui sono presenti due o più nuclei) gli elettroni sono distribuiti, come quelli di un atomo, secondo livelli energetici molecolari caratteristici.

In breve, mediante questa semplice attività, risulterà abbastanza comprensibile per gli allievi un modello molecolare orbitalico in cui tutti gli elettroni di una molecola appaiono stratificati in base all'energia, tenendo presente, come per il modello atomico orbitalico, che una coppia di elettroni con spin opposto viene descritta da un *orbitale molecolare* e inoltre che uno strato può corrispondere a diversi livelli.

E' necessario però fare notare che, anche per le molecole (come per gli atomi), oltre agli orbitali molecolari corrispondenti ai livelli energetici misurabili e “occupati” dagli elettroni, ce ne sono altri virtuali che nello stato

fondamentale non sono occupati.

E da ciò consegue che, in ogni molecola, c'è un ultimo orbitale molecolare "occupato" e un primo orbitale "vuoto". Questi due orbitali vengono detti orbitali molecolari di frontiera perché si trovano "alla frontiera" esistente tra gli orbitali molecolari occupati e vuoti e vengono rispettivamente indicati con gli acronimi:

HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) = Orbitale Molecolare occupato più alto

LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) = Orbitale Molecolare non occupato più basso.

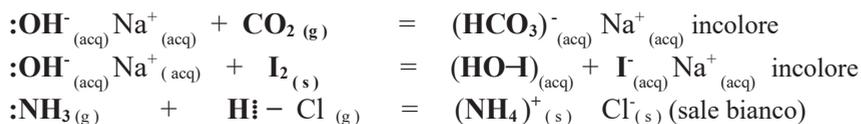
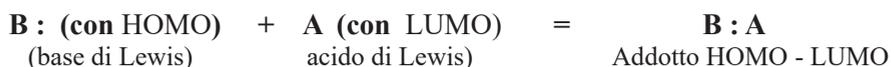
A questo punto, a mio avviso, la discussione può essere proseguita dopo avere effettuati gli esperimenti proposti di seguito, perché questi ultimi dovrebbero fornire l'anello di congiunzione tra la teoria degli orbitali di frontiera di Kenichi Fukui e la teoria acido-base di Lewis.

In questo modo l'itinerario didattico, rielaborato adeguatamente in funzione delle capacità e delle conoscenze dei propri allievi, dovrebbe consentire ad essi un apprendimento significativo non mnemonico.

## Esperimenti

Come è noto ci sono diverse reazioni acido-base di Lewis che possono essere utilizzabili per l'esperienza relativa all'argomento proposto e con materiali e reattivi facilmente disponibili o reperibili anche in scuole con laboratori poco attrezzati. Per le modalità operative, esse si possono reperire facilmente nei manuali di laboratorio di chimica di base.

Comunque qui si indicano tre reazioni agevolmente realizzabili senza grande dispendio di mezzi e tempo.



Il riconoscimento qualitativo di acidi e basi, necessario per individuare le specie aventi HOMO e LUMO, può essere effettuato mediante indicatore universale di pH e con le modalità operative riportate nell'esperienza relativa ai saggi su sostanze a carattere acido e basico.

In particolare, per la prima reazione, si può utilizzare il saggio di riconoscimento della CO<sub>2</sub> (espirata da noi), in modo analogo a quello proposto nella scuola secondaria di primo grado. Ossia si può fare ricorso alla "prova" di identificazione della CO<sub>2</sub> espirandola, tramite cannucchia di bevanda, in una

Soluzione di NaOH con indicatore fenolfaleina.

Invece, per quanto riguarda la terza reazione si può fare riferimento all'esperimento proposto ancora in molti testi di chimica di base per evidenziare la velocità di diffusione dei gas.

### **Discussione finale**

Dopo gli esperimenti e collegando i concetti acquisiti nel corso della discussione preliminare, agli studenti non dovrebbe essere difficile comprendere che la specie che funziona da base è in grado di donare una coppia elettronica perché ha un HOMO, mentre quella che funziona da acido ha la capacità di accettare un doppietto elettronico poiché dispone di un LUMO.

Ciò avviene tramite un legame dativo nella specie che viene definita complesso addotto.

E' necessario però fare notare che, per prevedere se una reazione avviene o non avviene, non è sufficiente che un reagente abbia un HOMO e un altro un LUMO. Infatti sono necessarie anche le seguenti due condizioni:

- a) il livello di energia di B ( HOMO ) deve essere circa uguale a quello di A ( LUMO)
- b) *gli orbitali HOMO di B e LUMO di A devono avere la stessa "simmetria", cioè i due orbitali di frontiera devono essere "disposti nello spazio in maniera corretta".*

### **Nota**

E' ovvio che è compito di ogni insegnante formulare le domande e gli esercizi da proporre per un apprendimento significativo non mnemonico dei propri allievi.

Ma, tra le altre domande, porrei anche le seguenti.

- Per quale motivo gli orbitali molecolari di frontiera c'entrano con il modello del legame chimico di Lewis e la sua teoria acido-base?
- Che cosa dimostra il fatto che le reazioni siano avvenute ?

**Tempo per gli esperimenti e la discussione finale:** due ore

**Itinerario didattico a livello di chimica professionalizzante (ed eventualmente, per approfondimento, in certe classi di liceo scientifico)**

### **Prerequisiti**

Argomenti di Chimica fisica, Chimica organica e Chimica analitica, proposti attualmente nelle indicazioni curriculari per la scuola secondaria di secondo grado, relativi a:

- teoria del legame di valenza e degli orbitali molecolari
- orbitali molecolari di frontiera collegati, come sopra, ad acidi e basi di Lewis

- principali meccanismi delle reazioni organiche (escluso il meccanismo relativo alle reazioni di cicloaddizione e delle altre pericicliche)
- delocalizzazione e colore

### **Nota**

Si ritiene che, anche per allievi delle scuole ad indirizzo chimico, l'apprendimento dei vari argomenti proposti dovrebbe avvenire il più possibile mediante un approccio sperimentale e non dogmatico come spesso invece avviene.

A tale scopo il meccanismo relativo alle reazioni di cicloaddizione e alle reazioni pericicliche basato sulle regole di Woodward-Hoffmann e di Kenichi Fukui potrebbe essere introdotto tramite un esperimento preliminare, inerente ad una reazione di Diels Alder o ad una reazione di sostituzione nucleofila, fra quelli reperibili attualmente in molti testi di laboratorio di chimica organica per scuole ad indirizzo chimico.

### **Modalità operative e tempo**

Per quanto riguarda le modalità operative relative all'esperimento scelto, si può fare riferimento a quelle riportate nel testo di laboratorio di chimica organica in dotazione, oppure a quelle fornite in una scheda di laboratorio adeguatamente elaborata.

E ciò vale anche per la teoria degli argomenti relativi a tale esperimento in quanto essa esula dagli scopi di questo articolo.

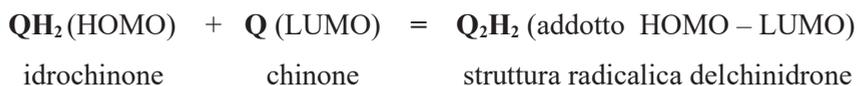
Qui ritengo utile soffermarmi soltanto su alcuni cenni relativamente alla sintesi del chinidrone che, diversi anni fa, veniva proposta in alcuni manuali di laboratorio di chimica organica soprattutto per la facile reperibilità dei materiali, per la semplicità delle modalità operative e il tempo (due ore inclusa la discussione).

A me invece sembra che tale sintesi sia proponibile in particolare anche per motivi più interessanti dal punto di vista didattico.

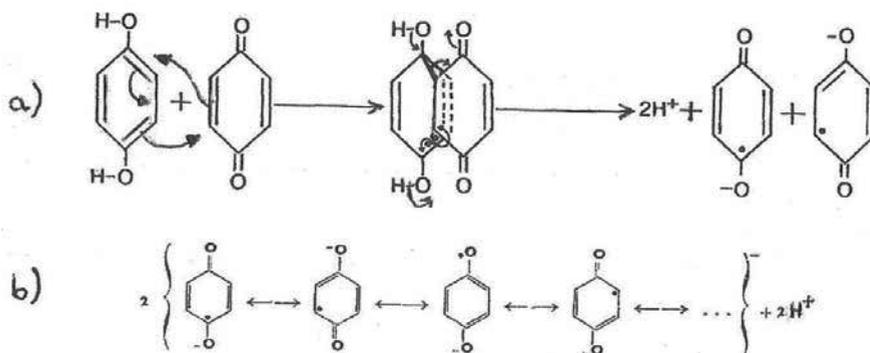
Infatti è noto che, secondo alcuni ricercatori, il colore intenso e il paramagnetismo del chinidrone sono dovuti a una struttura radicalica del chinidrone (rappresentata nelle Figure 2a e 2b sottostanti) e non a legami a idrogeno fra il chinone e l'idrochinone né a un complesso a trasferimento di carica.

E ciò permette:

- all'insegnante, in sede di discussione, di introdurre sperimentalmente in modo adeguato il meccanismo concertato della reazione

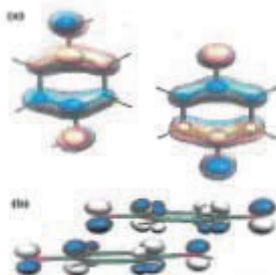


- agli studenti di poter comprendere, con la guida dell'insegnante, un'interpretazione microscopica plausibile delle proprietà macroscopiche in accordo con le regole di Woodward-Hoffmann e di Kenichi Fukui.



**Figura 2.** a) La reazione; b) La risonanza del chinidrone

Infine, a proposito delle Figura 2a e 2b), ritengo indispensabile aggiungere la Figura 3 e un breve commento.



**Figura 2.**  $\pm 0.1$  (solid) and  $\pm 0.05$  (transparent) isosurfaces of the Kolm-Sham HOMO obtained for hydroquinone molecule and LUMO for quinone at the MPWB95/6-311++G(2d,2p) 6d level (a). Side view of both Mos ( $\pm 0,1$  contours) in the crystal geometry (b). All image were plotted with MOLEKEL program.<sup>40,41</sup> Blue represents positive values and gray negative ones.

**Figura 3.** HOMO di idrochinone e LUMO di chinone ottenuti mediante studio computazionale

In base alla teoria degli orbitali di frontiera, anche questa cicloadizione, come le altre a (4+2) elettroni  $\pi$ , si svolge quando l'HOMO dell'idrochinone si sovrappone con il LUMO del chinone in modo idoneo a formare legami.

Nella Figura 2a) le frecce tra i due reagenti indicano che, essendo soddisfatte le condizioni relative alla simmetria e all'energia dei due orbitali HOMO – LUMO, la sovrapposizione di legame rispetta la geometria superfacciale adeguata per la formazione dell'anello cicloesenico e della struttura radicalica del chinidrone.

### **Ringraziamenti**

Si ringraziano i proff. Maria De Nobili, Marina Cisilino, Renzo Bortolomeazzi e Luca Bernardi per l'interessamento, le informazioni bibliografiche e le osservazioni.

### **Bibliografia**

- [1] P. Mironé, *Dall'interferenza di elettroni al legame covalente. Come introdurre la meccanica quantistica nell'insegnamento secondario della chimica*, CnS- La Chimica nella Scuola, II, 6, 1980.
- [2] R. B. Woodward – R. Hoffmann, *La conservazione della simmetria degli orbitali*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1972.
- [3] I. Fleming, *Frontier Orbitals and Organic Chemical Reactions*, John Wiley and Sons, Chicester, 1976.
- [4] J. McMurry, *Chimica Organica*, Zanichelli, Bologna, 1995.
- [5] N. Ege Seyhan, *Chimica Organica- Struttura e reattività*, Idelson Gnocchi, Napoli, 2003.
- [6] R. J. Gillespie, D. A. Humphreys, N. C. Baird, E. A. Robinson, *Chimica*, EdiSES, Napoli, 1988.
- [7] M. Guardo, *Lezioni di chimica fisica*, Zanichelli, Bologna, 1989.
- [8] P. W. Atkins, *Chimica fisica*, Zanichelli, Bologna, 1989.
- [9] W. Atkins, L. Jones, *Principi di chimica*, Zanichelli, Bologna, 2005.
- [10] G. Valitutti, *Complementi di chimica organica con sperimentazioni*, Istituto Italiano Edizioni Atlas, Bergamo, 1978.
- [11] H. Hart, Leslie E. Craine, *Laboratorio di chimica organica*, Zanichelli, Bologna, 2002.
- [12] B. Prodic, M. Roboz, B. S. Grabaric, *Structural Characterisation of p-semiquinone radical in a crystal: X-ray structure and EPR evidence*, Acta Cryst., A **61**, C 332, 2006.
- [13] M. J. Gonzales Moa, M. Mandado, R. A. Mosquera, *A computational study on the stacking interaction in quinhydrone*, J. Phys. Chem.A, **111** (10), 1998-2001, 2007.

### **Appendice**

M. Malvaldi, *L'architetto dell'invisibile ovvero come pensa un chimico*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2017, pp.157-161.

## UN PANETTONE DI ELETTRONI (CON CANDITI NUCLEARI)

ha fatto Einstein, lo ha fatto Fermi, l'ho fatto anch'io, e molte più volte di questi due. Ma quello che è sbagliato è rifiutarsi di incamerare nuove informazioni e ragionare basandosi solo su quelle che vanno nella direzione che vogliamo – questa, per definizione, è ideologia, non scienza.

FAR REAGIRE LE MOLECOLE TRA LORO:  
I MECCANISMI DELLE REAZIONI ORGANICHE

Nel nostro cammino verso la descrizione di dove si trova un elettrone e di come si muove, abbiamo visto che questi oggetti hanno in realtà una natura continua e probabilistica. Dovendo trovare un'analogia con il mondo classico e macroscopico, sono più simili a un fluido che a un insieme di solidi.

La moderna chimica fisica organica, in effetti, tratta il meccanismo di reazione più o meno in questo modo, considerando gli elettroni come un fluido e gli orbitali come bicchieri, recipienti atti a ospitarli, almeno finché non si riempiono. Pauling, con la sua teoria degli orbitali molecolari, aveva mostrato come calcolare la forma di questi bicchieri e come questi si forgiavano nel cercare le distribuzioni di minima energia che, dagli atomi, portavano alle molecole; altri ricercatori, salendo sulle spalle di Pauling, capirono in che modo si potevano usare questi astratti recipienti per versare elettroni da una molecola a un'altra, e spiegare così i meccanismi delle reazioni organiche.

Gli elettroni, come abbiamo spiegato, occupano gli orbitali a loro disposizione finché non si esauriscono; gli orbitali, d'altronde, sono infiniti, perché le soluzioni dell'equazione di Schrödinger sono infinite. Questa occupazione si verifica sia negli atomi (gli elettroni riempiono gli orbitali atomici) sia nelle molecole, dove invece i nostri simpatici amici carichi negativamente si riversano negli orbitali molecolari. Ne consegue che, in ogni molecola, ci sarà un ultimo orbitale molecolare occupato, ovvero che contiene uno o – più facilmente – due elettroni, e un primo orbitale molecolare vuoto, ovve-

## L'ARCHITETTO DELL'INVISIBILE

ro l'orbitale molecolare a energia più bassa che non contiene nemmeno un elettrone. Chiameremo questo orbitale vuoto, e quindi pronto per essere riempito, LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*), mentre l'ultimo orbitale pieno della molecola viene indicato con l'acronimo HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*).

Il primo ad avere l'idea che le reazioni chimiche potessero essere rappresentate come il trasferimento di elettroni tra orbitali di molecole diverse fu il giapponese Kenichi Fukui, il quale propose che, così come per la formazione delle molecole a partire dagli atomi si consideravano solo gli elettroni di valenza (quelli al di fuori della struttura del gas nobile), allo stesso modo per le reazioni tra molecole andassero considerati solo due orbitali, i cosiddetti orbitali di frontiera: l'HOMO della molecola 1, che forniva elettroni, e il LUMO della molecola 2, in grado di accettare elettroni. Perché la reazione avvenisse era necessario che l'HOMO e il LUMO fossero orientati e allineati in modo giusto e che si trovassero alle giuste energie, ovvero che il LUMO avesse un'energia più o meno a livello di quella dell'HOMO: traducendo la cosa in termini di energia potenziale classica, e riprendendo la nostra analogia tra gli elettroni e un liquido, si può versare acqua bene e facilmente da un bicchiere sul tavolo a un altro sullo stesso tavolo, si può versare acqua dal tavolo a un bicchiere sul pavimento (ma ne verseremo fuori tanta, e non conviene), si può (con una certa fatica e molta abilità di polso) trasferire acqua da un bicchiere sul tavolo a un altro bicchiere, o forse, meglio, a una catinella, sul soppalco che sta mezzo metro più su, ma tentare di versare acqua dentro un bicchiere che è sul tetto, a dieci metri di altezza, o vuotare una caraffa d'acqua dal tetto dentro una caraffa giù nel parcheggio sperando di non versarne nemmeno una goccia è oggettivamente un casino.

Ragionando in questo modo, Fukui ipotizzò che, quando una molecola con un HOMO gonfio di elettroni si avvicina a un'altra molecola, la quale ha un LUMO vuoto, i loro orbitali esterni cominciano a sovrapporsi e a interagire. Secondo la teoria, quanto maggiore è la sovrapposizione tanto maggiore sarà

## UN PANETTONE DI ELETTRONI (CON CANDITI NUCLEARI)

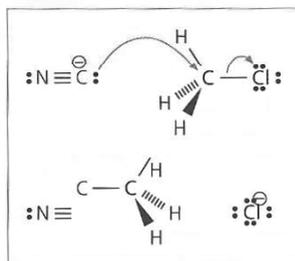
l'efficacia dell'interazione; tanto per continuare con l'analogia dei recipienti, maggiore è la loro somiglianza e più facile sarà versare acqua dall'uno all'altro, mentre se quello che contiene liquido è una scodella e quello in cui lo si deve versare è una bottiglia, il trasferimento sarà un casino. Allo stesso modo, come abbiamo detto, minore è la differenza tra le energie dei due orbitali, e maggiore sarà l'interazione. Sono in questo modo possibili il passaggio di elettroni dalla molecola A alla molecola B e la formazione di nuovi legami chimici che coinvolgono atomi delle molecole stesse.

Per vedere in azione il principio di Fukui, guardiamo un esempio classico di reazione organica, la sostituzione nucleofila bimolecolare (per gli amici  $S_{N2}$ ): una reazione in cui uno ione negativo (e quindi nucleofilo, alla ricerca di qualcosa di positivo) sostituisce un altro nucleofilo già presente su una molecola.

Prendiamo uno ione cianuro (tranquilli, è di carta, non fa nulla) e vediamo come reagisce con la molecola di clorometano. Sperimentalmente, si sa che il cianuro sostituisce il cloro e lo manda via a pedate, rovesciando nel contempo il metano come se fosse un ombrello (figura 6.10).

Il motivo per cui si comporti così, però, non è chiarissimo. Perché quel doppietto di elettroni va lì e non da un'altra parte? Se però andiamo a vedere come si comportano gli orbitali molecolari, la storia cambia e diventa più chiara (figura 6.11).

Nella figura, vediamo come l'HOMO del cianuro (con la sua parte blu, positiva) si possa sovrapporre con la parte blu (positiva) del LUMO solo avvicinando la molecola dalla parte opposta a quella del cloro. In questo modo, i due orbitali si possono sovrapporre efficacemente e gli elettroni possono passare tranquillamente dall'uno all'altro. È un po' come per i Lego: se i due incastrati sono voltati l'uno verso l'altro, non si montano, mentre se invece entrambi guardano nel-

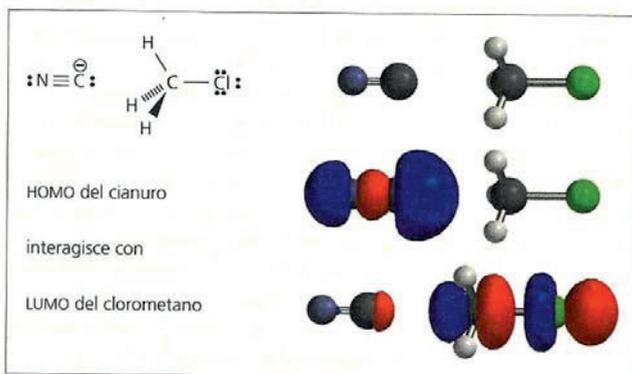


**Figura 6.10** Un cianuro aggredisce alle spalle un clorometano.

L'ARCHITETTO DELL'INVISIBILE

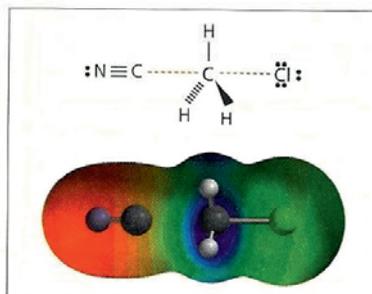
la stessa direzione, si incastrano. (Avevo pensato a un'altra analogia, molto più esplicita, ma ho il sospetto che l'editore non me l'avrebbe permessa.) Si crea, quindi, un cosiddetto stato di transizione, in cui la molecola è a metà strada tra quello che era e quello che diventerà (figura 6.12).

C'è un aspetto della teoria degli orbitali molecolari che abbiamo visto solo all'ultimo, ed è quello della simmetria. Perché un HOMO e un LUMO interagiscano, devono avere una simmetria adatta per l'interazione che si verifica tra loro. Se i due



**Figura 6.11** Orbitali molecolari. HOMO del cianuro (contiene elettroni) e LUMO del clorometano (non contiene elettroni). Una sovrapposizione efficace è possibile solo se i due orbitali si avvicinano con l'orientazione che vediamo in figura.

**Figura 6.12** Stato di transizione cianuro-clorometano. La nuvola che si vede in questo caso rappresenta la densità elettronica, non gli orbitali. Si vede che essa è distribuita uniformemente su entrambi i gruppi elettronegativi, cianuro e cloro.



UN PANETTONE DI ELETTRONI (CON CANDITI NUCLEARI)

---

orbitali non hanno la simmetria adatta, cioè non sono disposti nello spazio nella maniera corretta, l'interazione non si verifica; sarebbe come tentare di versare acqua dentro un bicchiere appoggiato al contrario. La simmetria giusta, però, dipende dal tipo di interazione che si deve verificare; la mutua orientazione ideale tra due bicchieri cambia, se quello che devo fare è "versare liquido" oppure "impilarli l'uno dentro l'altro per metterli a posto nella credenza". La simmetria è uno dei criteri più potenti a disposizione di un chimico; e, esattamente come negli esempi citati, un attento esame delle proprietà di simmetria di una molecola ci dice non tanto cosa una molecola o due molecole, o due orbitali possono fare, ma piuttosto cosa *non* possono fare.

## Innamorarsi della Chimica - Parte 3

### Altri cinque progetti

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

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

<sup>2</sup>Università Politecnica delle Marche, Ancona. l.cardellini@staff.univpm.it

#### La leucocarpa: l'abbagliante oliva della Magna Grecia

La leucocarpa, detta anche leucolea (*bianca oliva*), è una varietà di olive caratterizzata da piccoli frutti che, durante la maturazione, assumono un colore bianco-avorio. Olive che derivano da antiche varietà originarie dalla Grecia e importate in Italia: le poche piante di leucocarpa sono presenti in soprassuoli della Toscana e un poco più numerose in Calabria. A causa del colore bianco dei frutti, che nella cultura occidentale simboleggiano la purezza, l'olio è stato usato principalmente per scopi religiosi e le piante venivano coltivate nei pressi di chiese e monasteri.

Durante la maturazione, nelle olive ha luogo una degradazione della clorofilla e un aumento della produzione di antociani che danno ai frutti il caratteristico colore nero-blu. Al contrario, nella leucocarpa la sintesi dei pigmenti è bloccata e la diminuzione della clorofilla non comporta un aumento degli antociani (gene MYB; S1, S2, S3). Di piccole dimensioni, hanno forma ovale e polpa carnosa; riportiamo alcuni dati riguardanti le olive utilizzate in questa esperienza. Gli ulivi hanno un'età di circa 90 anni in quanto sono stati piantati negli anni '30;

- Peso totale di 10 olive = 7,78 grammi;
- Peso di 10 noccioli = 2,46 g;
- Peso della polpa di 10 olive = 5,32 g;
- Colore oliva: bianco;
- Colore polpa: bianco;
- Colore dell'olio: bianco, tendente al giallognolo;
- Colore del nocciolo: marroncino ocra.

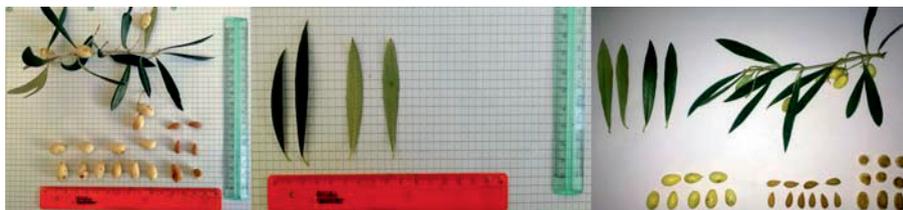


Figura 1. Altre misure su foglie, noccioli e polpa della leucocarpa.

### La leucocarpa in salamoia

Per conservare le olive e renderle commestibili si può usare la salamoia. “Le olive raccolte dall’albero non possono essere consumate subito, ma necessitano di un trattamento di lavorazione più o meno lungo che le renda commestibili. Tutto questo avviene utilizzando opportune tecniche di trasformazione che devono, tra le altre, determinare l’eliminazione o la riduzione del principio amaro contenuto nell’oliva. ...Dal punto di vista chimico, l’oleuropeina è un glucoside formato da un estere dell’acido elenolico e dell’idrossitirosolo; può essere idrolizzata in condizioni alcaline (mediante mezzi chimici o deamarizzazione chimica) o da enzimi come la  $\beta$ -glucosidasi (metodo biologico).” (Lanza, Poiana, 2012, p. 5) Per questa operazione è stata usata una ricetta popolare che prevede l’impiego di due salamoie; una soluzione di acqua e sale al 4% e poi una salamoia di acqua e sale al 8%, ottenuta dalla precedente per aggiunta di sale. Per esaltare il sapore è stato aggiunto del finocchio selvatico tagliato in bastoncini di circa 5 cm.



**Figura 2.** Le olive vengono poste nei vasetti con la salamoia.

Durante il processo di deamarizzazione è stata misurata la variazione di pH ed è stata osservata una diminuzione praticamente continua dovuta ad un aumento dell’acidità libera durante la fermentazione (Tabella 1), dovuta alla formazione di sostanze acide tra le quali l’acido elenolico ed acido lattico dagli zuccheri presenti nella polpa delle olive. (Lanza, Poiana, 2012, p. 8)

**Tabella 1.** Variazione del pH durante la fermentazione.

GIORNO	SALAMOIA 4%	pH
15 novembre		5.57
19 novembre		5.22
23 novembre	Dopo aggiunta di sale 8%	4.84
5 dicembre		4.98
14 febbraio		4.68
<b>16 maggio</b>		<b>3.95</b>

Usando agriperlite e un radicante per talee (IBA, acido beta indolacetico allo 0,5 % in talco) è stato possibile produrre due nuove piante di leucocarpa. Due talee di leucocarpa immerse in agriperlite sono state mantenute in un ambiente a umidità controllata ed esposti alla luce per due mesi.



**Figura 3.** A sinistra: noccioli macerati dopo l'estrazione dell'olio. Al centro: gli studenti presentano il loro lavoro. A destra: un rametto di leucocarpa radicato.

### La mela rosa dei monti Sibillini

La mela rosa dei Sibillini è un prodotto ortofrutticolo tipico della Comunità montana dei monti Sibillini. Come varietà questa mela ha una lunga storia: conosciuta dai romani e Quinto Orazio Flacco nel 65 a.C. ricorda le saporite "mele del Piceno". Nel '500 la mela rosa era considerata tra le migliori dal Mattioli, che così si esprime parlando delle mele Appie e delle Mele Rose: "imperocchè in queste due specie si ritrova oltre a un aromatico, e gratissimo odore, un sapore molto aggradevole al gusto nel mangiarle." (Discorsi del Mattioli, 1558, p. 166)

In seguito, "la coltivazione della mela rosa fu abbandonata, per essere poi ripresa soltanto nel 1998, quando vennero raccolte le gemme delle poche piante rimaste per diffonderne i germoplasti e far ripartire la produzione. ... Al di là del suo aspetto incantevole, la nostra mela sembra avere tuttavia altre proprietà magiche, ovviamente mutate da quell'intreccio tra realtà e leggenda che caratterizza qualunque fenomeno nel territorio dei monti Sibillini. Si dice allora che il tempo non ne intacchi la bontà, ma anzi la migliori (infatti la sua serbevolezza è incredibile): nello specifico, se raccolta nella prima metà d'ottobre, si conserva perfettamente sino ad aprile facendosi man mano più gustosa, poiché la polpa compatta e soda va ammorbidendosi. Inoltre, essendo indifferente al freddo, non ha neppure bisogno di trattamenti antiparassitari, cosicché la sua coltivazione è a impatto zero." (Giacobelli, 2015, p. 176)

Dal punto di vista botanico le mele rosa appartengono alle rosacee. L'albero è vigoroso, rustico e a portamento eretto, molto adattabile e longevo; fiorisce tardivamente ed è quindi adatto alle zone con gelate tardive. Il frutto è medio, rotondeggiante, regolare, schiacciato ai poli. La buccia è

giallo-verdognola, con sfumatura rosa dalla parte del sole, con poche lenticelle evidenti. Il peduncolo è grosso, inserito in una cavità larga e poco profonda. La cavità calicina è poco incavata. La polpa è bianca, croccante, dolce e molto profumata, leggermente acidula anche a maturazione. (S4, Virgili, Neri, 2002)

Considerata la composizione chimica media di queste mele, sono possibili molteplici trasformazioni nell'industria alimentare:

- Confetture
- Succhi e purea
- Sidro
- Liquore distillato di sidro
- Spumante di mela Rosa
- Aceto di mele
- Chips di mela rosa
- Yogurt alla mela rosa
- Liquore a base di mela Rosa ottenuto dai semi
- La birra alla mela rosa
- Estrazione delle pectine
- Produzione di energia

Due progetti sono stati messi in opera utilizzando queste mele: le confetture e i chips di mela rosa. La confettura è un tipo di conservazione della frutta e le fasi di produzione della confettura di mela rosa con aggiunta degli ingredienti sono:

1. Lavaggio e pulizia delle mele;
2. sbucciatura;
3. si toglie il torsolo delle mele e si tagliano a fette;
4. compiuta l'operazione 3, mettere le fette in una ciotola, spruzzandole con il succo del limone per evitare che diventino scure;
5. versarle poi in una larga pentola di acciaio inossidabile e aggiungere un poco d'acqua;
6. portare all'ebollizione e cuocere a fuoco lento, mescolando di continuo, per evitare che il denso miscuglio si attacchi alla pentola; quasi a fine cottura si aggiunge lo zucchero evitando la caramellizzazione;
7. raggiunta la densità voluta della confettura, viene versata in dei vasetti puliti preparati in precedenza e capovolti sul tappo per favorire la pastorizzazione.



Figura 4. La preparazione delle mele per la marmellata.



Figura 5. Altre fasi e uno dei vasetti confezionati.

I chips di mela rosa sono degli snack buoni, salutari e facili da preparare. Le fasi per la preparazione sono le seguenti:

1. Lavare le mele, tagliarle in quattro parti ed eliminare il torsolo.
2. Tagliarle a fette sottili di circa 2-3 millimetri, cosicché il prodotto finito risulti croccante.
3. Si aggiunge del succo di limone.
4. Le fettine vengono disposte nell'essiccatore a circa 70 °C per 5-6 ore.



Figura 6. Operazioni per la produzione dei chips di mela rosa.



**Figura 7.** Gli studenti preparano le presentazioni.

Con questo breve lavoro si è vista la possibilità di poter utilizzare le mele con calibro minore per la produzione di derivati trasformati, capaci di arricchire la base produttiva con prodotti remunerativi anche dal punto di vista economico. Certamente gli studenti dovevano aver presente il significato di  $aw$  (attività dell'acqua) che indica il rapporto tra la pressione di vapore della soluzione e la pressione di vapore dell'acqua pura: quanto più tale rapporto è prossimo a 0,65 tanto più il prodotto alimentare sarà stabile dal punto di vista microbiologico.

### **Le trasformazioni del miele**

Il miele è un alimento conosciuto da millenni e la parola miele sembra derivare dall'ittita *melit*; tutti i popoli dell'antichità ne facevano uso. Gli Egizi usavano deporre accanto alle mummie grandi coppe o vasi ricolmi di miele per il loro viaggio nell'aldilà e ricette a base di miele erano impiegate non solo ad uso alimentare, ma anche medico, per la cura di disturbi digestivi e per la produzione di unguenti per piaghe e ferite. Nel Codice di Hammurabi si ritrovano articoli che tutelano gli apicoltori dal furto di miele dalle arnie. (S5) “di questo prodotto i Romani ...facevano un uso assai vasto, non solo per la preparazione dei dolci, ma anche in tutti gli altri piatti, come pure nelle bevande.” (Jori, 2016, p. 97)

Nel medioevo il miele aveva un ruolo importante nell'alimentazione, seppure ridotto rispetto all'antichità; veniva usato principalmente come agente conservante oltre che dolcificante. Come agente dolcificante perse gradualmente di importanza, soprattutto dopo l'introduzione dello zucchero raffinato industrialmente. Recentemente, in virtù delle riconosciute proprietà terapeutiche, l'uso del miele sta ritornando in voga. (S5)

Ciò che le api producono ha avuto molta importanza nella storia: “Honey offers more than its amazing sweetness. Forget the flavor: making local

honey a regular part of your diet can ease allergy symptoms; it's good for ulcers; and it's full of antioxidants, important for heart health. ... Throughout history, beeswax has been worth considerably more than honey; early European importers brought Ethiopian wax back to their home countries, where it had thousands of uses beyond not quite holding together the wings of Icarus and Daedalus. ...Beeswax was demanded as war reparations and tribute, with tons of wax changing hands at a time. It was even acceptable as currency, as valuable (and more desirable) than cash money.” (Readicker-Henderson, 2009, p. 107)

In questi ultimi anni, le api sono in pericolo: “Scientists have discovered that some garden plants are being grown with neonicotinoids impregnated into the plant’s tissue. The insecticides cause neurological impairment in the bees. The bees leave the hives and then cannot find their way back. The common practice of transporting hives from place to place to pollinate particular crops further threatens bee populations by spreading diseases and by facilitating ways for mites to attack the bees. Also, in some locations around the world, traditional methods of obtaining honey from the wild have destroyed nesting sites and colonies.” (Long, 2017, p. 133). Dalla letteratura si apprende che sono necessarie almeno mille api ed ognuna deve passare cinquemila fiori per la produzione di un kg di miele.

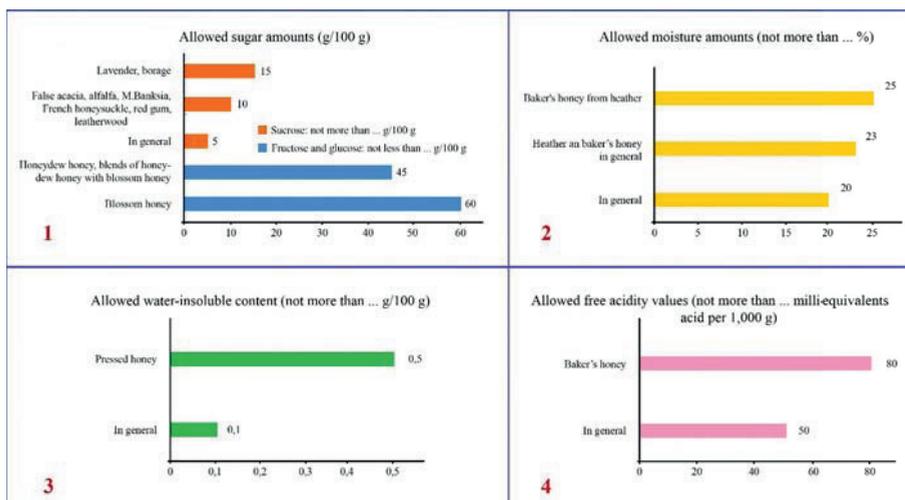
Le api producono il miele utilizzando le sostanze zuccherine raccolte in natura. Le principali fonti di approvvigionamento sono il nettare, prodotto dalle piante da fiori (angiosperme) e la melata, un derivato della linfa degli alberi prodotta da alcuni insetti succhiatori come la metcalfa, che trasformano la linfa trattenendone l’azoto ed espellendone il liquido in eccesso ricco di zuccheri. (S5) Per le piante, il nettare serve ad attirare vari insetti impollinatori e permette di assicurare la fecondazione dei fiori. A causa della loro anatomia – in particolare della lunghezza della proboscide – le api domestiche possono raccogliere il nettare solo da alcuni fiori, che sono detti appunto melliferi. (S7)

La composizione dei nettari varia a seconda delle piante che li producono. Comunque, tutti sono composti principalmente da glucidi, come saccarosio, glucosio e fruttosio, e acqua. Il loro tenore d’acqua può essere importante, e può arrivare fino al 90%. (S5) La produzione del miele inizia nell’ingluvie dell’ape bottinatrice (la cosiddetta borsa melaria), dove il nettare raccolto viene accumulato. Giunta nell’alveare, l’ape rigurgita il nettare, che si presenta molto liquido. L’elaborazione passa alle api operaie, che per 30 minuti digeriscono il nettare scindendo gli zuccheri complessi in zuccheri semplici, utilizzando enzimi come l’invertasi, che hanno la capacità di idrolizzare il saccarosio in glucosio e fruttosio. (S7)

L’elaborazione del nettare termina con la sua disidratazione, per prevenire la fermentazione. Per questo scopo, le api operaie lo depongono in strati

sottili sulla parete delle celle. Le api ventilatrici mantengono nell'alveare una corrente d'aria che determina l'evaporazione dell'acqua. (S8) Quando l'acqua è ridotta ad una percentuale dal 17 al 22%, il miele è maturo. Il miele impiega in media 36 giorni per maturare, ma la durata varia a seconda dell'umidità iniziale del nettare. Infine, viene posto in altre cellette, che una volta piene saranno sigillate. (S8, S9)

Esistono molti tipi di miele dovuti alle tante specie vegetali visitate dalle api: alcune danno origine a mieli monofloreali per la presenza delle stesse piante su vaste aree, in genere più pregiati e dall'aroma deciso e diverse piante concorrono a produrre le varietà millefiori, più delicate. Nei mieli uniflorali c'è comunque una percentuale variabile di miele proveniente da altre piante, perché è impossibile che le api prendano nettare e polline solo da un unico tipo di pianta. A seconda della fiorita da cui viene tratto il nettare, si hanno variazioni di colore, di consistenza del miele ma soprattutto varia il suo sapore e le sue proprietà organolettiche, portando a specifiche differenze di olfatto e gusto: (S5) Con la Direttiva 2001/110/EC del 20 Dicembre 2001 il Consiglio dell'Unione Europea ha stabilito i requisiti e le caratteristiche alle quali il miele deve soddisfare. (S10, Figura 8)



**Figura 8.** Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey, Annex II. 1. (S6) Quantità di zucchero consentite (g/100 g); 2. Quantità di umidità consentite (non più del ... %); 3. Contenuto di sostanze insolubili in acqua consentito (non più di ... g/100 g); 4. Valori di acidità libera consentiti (non più di ... milli-equivalenti di acido per 1.000 g). (Ridisegnato da: Baglio, 2018, pp. 2-7)

Vengono presentate le proprietà farmacologiche e curative e gli oligoelementi: nel miele sono presenti oligoelementi (quali rame, ferro, iodio,

manganese, silicio, cromo, presenti soprattutto nei mieli più scuri), vitamine (A, E, K, C, complesso B), derivati dell'acido caffeico, enzimi e sostanze battericide (acido formico) ed antibiotiche (germicidina). Queste ultime categorie di sostanze consentono di conservare a lungo il miele e ne giustificano l'utilizzo come disinfettante naturale. (S5)

Il miele è stato usato per tre produzioni: idromele, spumante di miele e aceto di miele. (Figura 9) La prima operazione è stata la preparazione delle soluzioni con lieviti (piede di fermentazione) e sono state usate due specie di lievito; lo *Schizosaccharomyces pombe*, che si replica per scissione e lo *Saccharomyces cerevisiae*, che si riproduce per gemmazione. Il ceppo DBVPG 6277 è stato isolato dalla scuola e conservato negli anni da A. Clerici. Poi è stato preparato dell'idromele per la moltiplicazione dei lieviti.

Si pesano con la bilancia 21,9 g di miele che vengono posti in un becher da 250 mL con 100 mL di acqua; si procede al rilevamento degli zuccheri con il rifrattometro e sono stati aggiunti anche 10 g/hl di H3c (acido citrico). Con un'ansa monouso, opportunamente disinfettata col fuoco e fatta raffreddare per pochi secondi, si preleva la patina superiore del lievito allevato in provetta e si mette nel becher contenente la soluzione. Questa viene trasferita all'interno di una beuta, che va chiusa con un tappo di cotone idrofobo e carta argentata (per permettere il passaggio di gas). Si ripete la preparazione per l'altro lievito e infine si mettono le beute nel termostato a 28 °C. Come attivanti della fermentazione sono stati aggiunti solfato e fosfato di ammonio 20 g/hl e 10 g/hl acido citrico. (Figura 9)



**Figura 9.** Le trasformazioni del miele e la preparazione dei lieviti.

Per azione dei lieviti, lo zucchero si trasforma in alcol e di conseguenza il grado zuccherino si abbassa. Con l'aumento del grado alcolico non è più possibile utilizzare il rifrattometro, perciò si analizza la quantità di zuccheri con il saggio di Fehling. Si comincia con l'analisi degli acidi volatili: si prelevano con l'aspiratore 5 mL di idromele e si mettono nell'acidimetro Juffman. Successivamente si misurano pH e grado alcolico. Si preleva l'idromele dal tino con un becher da 200 mL e si procede alla lettura al pHmetro. Di questi, si mettono 100 mL in un palloncino e si versano nel distillatore elettronico enochimico, si aggiunge ossido di calcio, per neutraliz-

zare gli acidi volatili (che influenzerebbero il grado alcolico) e antischiuma al silicone. Il distillato ottenuto viene versato nel palloncino e si riporta a 100 mL con acqua distillata, si scalda fino a 20 °C e si pesa con la bilancia idrostatica che restituisce il grado alcolico. Quando questo si aggira intorno ai 10 gradi si procede ad imbottigliare.



**Figura 10.** Bilancia idrostatica per misurare la quantità di alcool e distillatore.

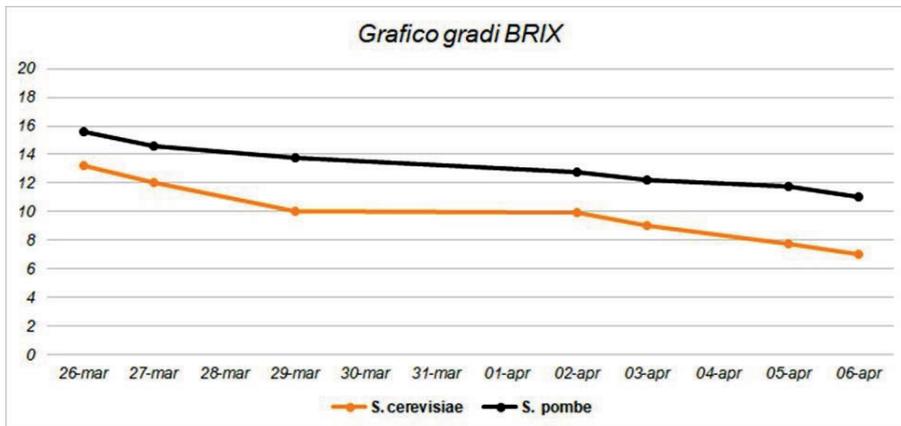
L'idromele è la bevanda fermentata più antica al mondo ed era molto apprezzata anche dai romani: “Il miele serviva anche per preparare l'*hydromeli*”. (Jori, 2016, p. 98) Nel processo di elaborazione dell'idromele si è tenuto conto sia della tradizione che delle moderne tecniche di vinificazione come il controllo della temperatura, l'uso di lieviti selezionati, la filtrazione, l'igiene del laboratorio. Tutto questo al fine di ottenere una bevanda dal gusto gradevole e che possa dar luogo a degli abbinamenti gastronomici che si esaltano a vicenda.

Per la produzione dell'idromele di qualità, vanno considerati i suoi componenti principali: acqua e miele. L'acqua deve essere di sorgente poiché quella del rubinetto contiene cloro, che potrebbe interferire con la vita dei saccaromiceti nella fermentazione. Per quanto riguarda il miele, questo deve essere pulito, dal gusto gradevole e senza tracce di fermentazione; non si fa un buon prodotto con una materia prima di bassa qualità. Per miele pulito si intende miele con modesta presenza di polline e mucillagini; entrambe possono interferire con il gusto finale dell'idromele, perché conferiscono un sapore amarognolo.

I lieviti o fermenti, trasformano gli zuccheri in alcool e come sottoprodotto danno anidride carbonica. Nella fase aerobia, cioè in presenza di os-

sigeno, il lievito si moltiplica mentre nella fase anaerobica prevale il processo fermentativo. Si dovrebbe quindi arieggiare il preparato in una prima fase per far partire bene la fermentazione, per poi chiudere il tino ed applicare un gorgogliatore che permetta ai gas di uscire e all'aria di non entrare.

Sono stati preparati 16 L di soluzione zuccherina a partire dal miele (caratteristiche del miele Brix-umidità) diluito con acqua in modo da ottenere una soluzione zuccherina a circa 16,40 Brix. Si aggiungono 10 g/hl di acido citrico. I due contenitori vengono inoculati con i due ceppi di lievito precedentemente moltiplicati. Ogni giorno viene seguito l'andamento fermentativo misurando la diminuzione del contenuto zuccherino e l'incremento del grado alcolico (Figure 11 e 12).

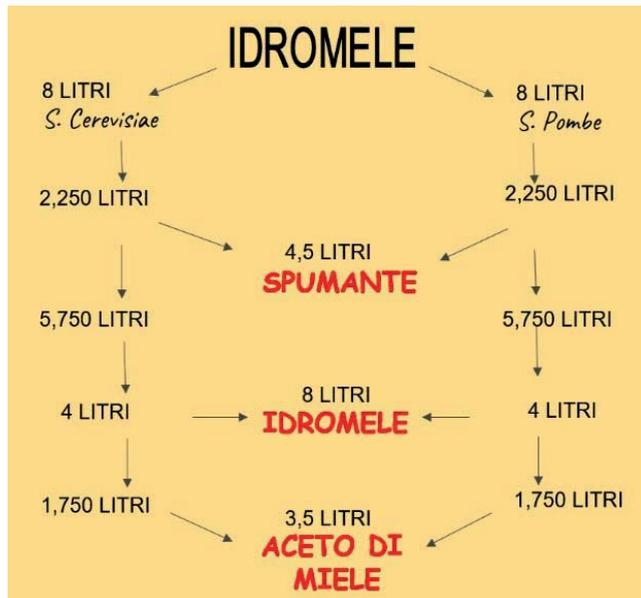


**Figura 11.** Valori della misura della diminuzione del contenuto zuccherino.

DATA	10/04	13/04	DATA	10/04	13/04
S. cerevisiae	2,85	2,97	S. cerevisiae	2,54	4,46
S. pombe	2,87	2,91	S. pombe	3,01	3,34

**Figura 12.** Valori del pH e del grado alcolico. Acidità volatile: S. Cerevisiae: 0,07 g/L; S. Pombe: 0,12 g/L.

Completato il processo fermentativo i due prodotti sono stati in parte (8 L) imbottigliati ed etichettati come idromele ed i restati quantitativi sono utilizzati per la produzione di spumante e aceto di miele (Figura 13). Il mosto iniziale è stato utilizzato secondo la seguente suddivisione:



**Figura 13.** La suddivisione dell'idromele.

Preparazione dello spumante di miele di acacia-millefiori. Vengono prelevati 2,250 L di idromele da entrambi i lieviti per poi mescolarli insieme. Si effettua la spumantizzazione dell'idromele aggiungendo 65 g di zucchero (15 g/L) considerando lo zucchero residuo dell'idromele e 1,0 g di attivante di fermentazione (20 g/hl). Dopo averli miscelati sono stati determinati i gradi zuccherino e alcolico, che risultavano 12% vol; residuo zuccherino 10 g/L. Vengono poi aggiunti zuccheri per raggiungere i 25 g/L: 4,23 g di zucchero/l atm di fermentazione. Successivamente, quanto prodotto è stato imbottigliato con delle bottiglie da spumante resistenti fino a 8 atmosfere di pressione. Si procede alla tappatura provvisoria con bidule e tappo corona maggiorato. Infine, le bottiglie sono state etichettate.

Conosciuto sin dai tempi degli egizi, l'aceto di miele si ottiene dalla fermentazione acetica dell'idromele. Caratterizzato da un sapore acidulo (meno forte dell'aceto di vino), ha un colore dorato e un intenso profumo. Ricco di vitamine, di oligoelementi e sali minerali, possiede molte proprietà benefiche, come è stato riportato. (S11) Per la preparazione, si uniscono entrambi gli idromeli in un'unica soluzione e si effettua una lenta fermentazione dell'idromele. Vengono controllate temperatura ed aerazione, per favorire la formazione e lo sviluppo di batteri acetici (*Acetobacter*). Infine, i batteri ossidano l'etanolo presente e lo trasformano in acido acetico.



Figura 14. I prodotti realizzati dalla trasformazione del miele.



Figura 15. La presentazione dei lavori con il miele.

### Due altri progetti

Illustriamo ora gli ultimi due progetti: le spezie e la produzione dello yogurt. Le spezie considerate dagli studenti sono 7: rosmarino, prezzemolo, alloro, basilico, timo, maggiorana e origano. Per ciascuna spezia è riportata la storia, le caratteristiche e gli usi e benefici. Il nome origano è composto da due termini di origine greca: “oros”, che significa montagna, e “ganos”, che significa splendore, quindi “splendore della montagna”. Esso infatti nasce in altura nelle zone più rocciose e impervie, rallegrando il paesaggio con il rosa acceso dei suoi fiori. (S12)

Oltre alle molte notizie e alle leggende che si possono trovare in molti siti, ci sono studi che considerano le spezie dal punto di vista scientifico. “Spices impart aroma, colour and taste to food preparations and sometimes mask undesirable odours. The volatile oils from spices give the aroma and the oleoresins impart the taste. There is a growing interest in the theoretical and practical aspects of the inner biosynthetic mechanisms of the active principles in spices, as well as in the relationship between the biological activity and the chemical structure of these secondary metabolites. The antioxidant properties of herbs and spices are of particular interest in view of the impact of oxidative modification of low-density lipoprotein choleste-

rol in the development of atherosclerosis.” (Parthasarathy, Chempakam, Zachariah, 2008, p. ix)

“The antioxidative activity of the fraction containing the essential oils from oregano ...has been documented in a system where oxidative stress and free radical reactions were induced either by UV irradiation or the superoxide radical.” (Lindberg Madsen, Bertelsen, Skibsted, 1997, p. 179) Questi studi riguardanti i radicali liberi vengono eseguiti con la spettroscopia ESR (Electron spin resonance). Ad esempio, nell’estratto di spezie di origano “have ...been identified as free radicals derived from thymol and carvacrol. Notably, thymol and carvacrol radicals were also present in untreated essential oils indicating the high stability of the radicals and the potential of the compounds as scavengers of oxygen-centred free radicals.” (Lindberg Madsen, Bertelsen, Skibsted, 1997, p. 183)



**Figura 16.** La presentazione dei lavori delle spezie (a sinistra) e dello yogurt (a destra).

Il processo della fermentazione del latte ha una storia molto lunga: “Fermentation is one of the oldest methods practised by human beings for the transformation of milk into products with an extended shelf-life. The exact origin(s) of the making of fermented milks is difficult to establish, but it could date from some 10-15000 years ago as the way of life of humans changed from being food gathering to food producing. ... It is likely, however, that the origin of yoghurt was the Middle East, and the evolution of this fermented product through the ages can be attributed to the culinary skills of the nomadic people living in that part of the world.” (Tamime, Robinson, 2007, p. 1)

Materiale occorrente per la produzione di yogurt in laboratorio: 1 litro di latte; 1 bustina di fermenti liofilizzati; 1 becher da 250 mL; becco Bunsen; 1 cilindro graduato da 100 mL; termometro da cucina e acqua distillata. È stato usato latte UHT, ovvero latte sterilizzato. Questo perché per produrre lo yogurt si deve avere la certezza che nel latte non ci siano altri batteri, in modo che quelli inoculati, prendano il sopravvento durante il processo di fermentazione. Dalle analisi risulta che il pH del latte è di 6,59, l'acidità è pari a 0,18% di acido lattico e 8° *Soxhlet-H*.

“The complex of fermentative reactions that are normally used in the industry of yoghurts shows extraordinary performances with relation to produced amounts and the qualitative composition of organic acids. In fact, the usual fermentative pathway in the yoghurt manufacture is coincident with the common homolactic fermentation. However, two distinct and important features have to be mentioned:

- The fermentative pathway is carried out by two different bacteria: *Lactobacillus delbruekii* subsp. *bulgaricus* (LDB) and *Streptococcus thermophilus* (ST)
- Above-mentioned lactic acid bacteria (LAB) are able to produce notable amounts of organic acids by converting the same substrate (lactose) without competition.” (Baglio, 2014, p. 26)

I fermenti lattici sono un gruppo di microrganismi capaci di metabolizzare il lattosio, lo zucchero più abbondante nel latte e trasformarlo in acido lattico. Il processo fermentativo viene innescato da due tipi di batteri lattici: *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. I batteri lattici hanno subito un processo di liofilizzazione. Questo è un processo che comporta l'eliminazione dell'acqua dalle cellule, per sublimazione. Questo trattamento rende la cellula inattiva, seppure ancora viva, ovvero in stato di quiescenza. È necessario riportare le cellule alla loro vitale attività. Perciò, la prima operazione da fare è quella di riattivarle in acqua distillata.

Il quantitativo di acqua distillata deve essere pari a dieci volte il peso dei batteri (8,5 g); vengono quindi utilizzati 85 mL di acqua distillata alla temperatura di 37 °C. Si prepara la sospensione batterica versando lentamente il contenuto della bustina nell'acqua a 37 °C; in questo modo le cellule riprenderanno vigore.

La sospensione batterica viene poi aggiunta al latte che agisce con un meccanismo protosimbiotico: lo streptococco lavora per primo creando le condizioni affinché il lattobacillo compia l'opera di scissione del lattosio in glucosio e galattosio. Uniti i batteri al latte, si versa il composto nella yogurtiera già dotata di vasetti della capacità di 150 mL. Il latte verrà mantenuto alla temperatura di 45-46 °C per 24 h. Si spegne la yogurtiera e i vasetti di yogurt andranno messi in frigo per farli raffreddare. Infine, si ripete la misurazione del pH dello yogurt che risulta essere di 4,20. Il pH dello

yogurt diminuisce e diventa più acido a causa della produzione di acido lattico; questa riduzione di pH causa la coagulazione delle proteine (che a pH 4,6 raggiungono il punto isoelettrico, in particolare quelle del gruppo della caseina), formando la consistenza dello yogurt.



**Figura 17.** La produzione dello yogurt.

### Dal laboratorio al mercato

Una osservazione acuta è dovuta al gruppo di studenti che hanno sviluppato l'idromele: l'idromele con la i maiuscola non esiste. Internet pullula di ricette spacciate per idromele veloce, e anche quando si parla della ricetta dell'idromele vero si consiglia l'uso di grandi quantità di spezie: cannella, vaniglia, chiodi di garofano, zenzero; che sono il residuo di tecnologie e produzioni antiche. Siamo all'anno zero dell'idromele, il lavoro di sperimentazione e di promozione è ancora tutto da fare; è necessario studiare e proporre abbinamenti gastronomici in grado di valorizzarlo, perché è una bevanda con grande possibilità di sviluppo. Non si dovrebbe mettere sul mercato un prodotto che non sia di qualità elevata, perché rovinerebbe la reputazione di tutti i produttori. La qualità del prodotto va valutata con grande amore, ma con occhio critico, facendolo assaggiare senza negarne gli eventuali difetti (Figura 18) e cercando il modo per eliminarli.



**Figura 18.** Analisi sensoriale dei due idromeli.

La valutazione sensoriale è stata fatta anche per i due tipi di birra (Figura 19).



**Figura 19.** Analisi sensoriale dei due tipi di birra: a sinistra, birra bionda “alfa”; a destra: birra rossa “la Ruetta”.

Dato lo scopo formativo e di preparazione alla vita professionale di questi progetti, agli studenti è stato chiesto di preparare i prodotti in modo da proporli per la vendita. L'accattivante confezionamento dei prodotti è un aspetto importante di questo processo; perciò gli studenti hanno preparato delle etichette con tutte le indicazioni di legge. La Figura 20 riporta le etichette per i prodotti derivanti dall'arancio biondo del Piceno.



**Figura 20.** Etichette per l'elisir d'arancia; la marmellata e i canditi.

La Figura 21 riporta altre etichette:



Figura 21. Etichette per la leucocarpa, la Ruetta e la birra bionda.

È interessante notare come nelle due etichette compaia la specifica ‘stile birraio’: India pale ale e Weizen. In molti paesi lo stile birraio è una specifica importante, perché la medesima marca di birra può avere per il palato degli intenditori caratteristiche differenti. Infatti, “All beer types evolve from the combination of and relationships among 1. Ingredients; 2. Processing; 3. Packaging; 4. Marketing; 5. Culture. ... When we vary these basic elements and their relationships with each other, we create variety and distinct styles.” (Papazian, 2018, p. 36)

Secondo una stima fatta da esperti, nel mondo esistono 150.000 differenti tipi di birra disponibili. “With the development of stylistic awareness in the beer market, beer moves away from being viewed as simply a commodity or just another fad or trendy alcoholic beverage. Many brewmasters and beer enthusiasts already appreciate this, but consumers in most beer markets have little knowledge about the richness of beer’s culture. Beer tradition and stylistic awareness develops passion for the product. Subsequently, beer drinkers and beer enthusiasts become more actively involved in promoting a healthy beer culture. With the appreciation of beer styles and traditions, opportunities for developing unique products emerge. (Papazian, 2018, p.43)

### Considerazioni finali

A conclusione del lavoro si possono riassumere i guadagni per gli studenti; oltre alla manualità delle varie operazioni ed esercitazioni, si sono cimen-

tati anche nei calcoli stechiometrici, riguardanti il pH, le diluizioni, la produzione di anidride carbonica ed altri argomenti, oltre al controllo dei processi fermentativi con l'ausilio delle analisi chimiche specifiche. Ciascun gruppo ha presentato il proprio lavoro condividendo con tutti gli altri studenti la propria esperienza.

Si potrebbe così dedurre che il coinvolgimento attivo degli studenti e la qualità di queste esperienze e dei prodotti realizzati sia una indicazione valida della qualità dell'apprendimento e dell'insegnamento. In aggiunta a quanto riportato in precedenza, valutare la qualità dell'istruzione in un certo contesto non è affatto semplice: "education quality is a rather vague and controversial concept in research and policy discussion. To different people, the definition may be different and so the indicators used to describe education quality may be different." (Cheong Cheng, Ming Tam, 1997, p. 23) Secondo gli indicatori di Dublino stabiliti dalla comunità europea per gli studi universitari, i cinque indicatori richiedono che gli studenti: (EC, 2005, p. 193)

- have demonstrated knowledge and understanding in a field of study that builds upon general secondary education;
- can apply their knowledge and understanding in occupational contexts;
- have the ability to identify and use data to formulate responses to well-defined concrete and abstract problems;
- can communicate about their understanding, skills and activities, with peers, supervisors and clients;
- have the learning skills to undertake further studies with some autonomy.

In varia misura gli studenti hanno dimostrato di aver raggiunto le richieste degli indicatori; anche la comunicazione del lavoro e dei risultati ottenuti è stata di ottimo livello.

La chimica è una disciplina scolastica che offre la possibilità di interessare gli studenti con argomenti vicini alla vita quotidiana. (Fuso, 2014)

Tra questi progetti è stata preparata la marmellata allo scopo di valorizzare le arance del Piceno e le mele rosa, ma si potrebbe usare l'argomento della preparazione della marmellata per insegnare in modo attivo moltissimi argomenti dei programmi di chimica. (Martínez Pons, 2009)

Agli studenti è stata chiesta una valutazione del tipo di insegnamento e della loro esperienza fatta con i progetti proposti:

**(1) Pensando al corso di chimica (Barrare una sola casella per ciascuna riga)**

L'attività (A, B, ecc.) è stata interessante	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	L'attività (A, B, ecc.) non mi è piaciuta
Questa attività non è utile alle mie necessità	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Questa attività è utile per la mia formazione
In questa esperienza ho incontrato delle difficoltà	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	L'esperienza è stata facile
Le lezioni sono state interessanti	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Ho trovato le lezioni poco interessanti

Gli studenti erano a conoscenza che la prima casella aveva il valore massimo, mentre l'ultima di ogni riga, il valore minimo; 18 studenti hanno consegnato il questionario compilato e i risultati sono: 5,89; 1,22; 3,17 e 5,78. Si noti che la seconda valutazione è in forma inversa e il risultato in forma positiva è 4,78. Gli studenti hanno valutato in modo molto positivo l'attività svolta e le lezioni di teoria; sei studenti hanno trovato delle difficoltà nell'esecuzione del progetto e per nessuno l'esperienza è stata molto facile. Questo aspetto non deve sorprendere perché l'esecuzione del progetto ha richiesto molto impegno, lavorare in attività pratiche con colleghi e fare delle nuove operazioni.

Sono inoltre state chieste opinioni circa la motivazione, la maniera di imparare la chimica, l'utilità delle esperienze di laboratorio e in cosa il professore dovrebbe migliorare. Ecco alcune risposte; la prima di una studentessa:

Il Professore di chimica fa bene a fare questi progetti, perché sono cose che potremmo fare al di fuori della scuola, ma che nessuno ci insegna. Le esperienze di laboratorio mi sono molto utili, perché vorrei continuare a studiare queste materie.

Due studenti sulla suddivisione dei progetti in gruppi:

*“La suddivisione in gruppi è stata interessante, in modo che ciascun gruppo si organizzi in modo autonomo. L'idea di fare delle trasformazioni e ottenere dei prodotti in questo corso di chimica ci ha motivato, come pure la grinta e la passione del prof ci ha molto motivato.”*

*“Questa maniera di imparare la chimica la trovo molto interessante e riesce ad interessare tutti gli alunni. Inoltre, penso che ci sia utile specialmente per il futuro perché ci insegna ad ottenere dei prodotti, che con il solito studio non saremmo in grado di fare.”*

Gli studenti trovano questa maniera originale di imparare divertente, molto efficace e interessante:

*“Mi è piaciuto il metodo con il quale in questo anno scolastico mi sono inserito nel programma di chimica e l'ho trovato divertente perché ho partecipato alle lezioni in maniera diversa dal solito.”*

*Trovo questa maniera originale di imparare la chimica molto efficace, interessante e anche divertente, perché invece di svolgere le solite lezioni, siamo tutti più motivati ed entusiasti di questo nuovo metodo.*

Ancora sulla motivazione; uno studente scrive:

“Diverse cose mi hanno motivato in questo corso, ad esempio l’idea di trasformare dei prodotti; ma la cosa che mi ha motivato di più è stato l’interesse del professore nel trasmetterci le sue competenze riguardanti il corso.”

Sul lavoro svolto dal professore:

“Il nostro professore di chimica è davvero bravo, ed ha un metodo di insegnare che molti professori non apprezzano, ma che noi studenti troviamo bello, diretto e originale; tutto ciò che si cerca in una lezione.”

Inoltre, “non è il professore che deve migliorare, ma ...”

*non è il professore che deve migliorare, ma l'istituzione scolastica, offrendo attività come quelle che abbiamo praticato quest'anno pensavo essere fatte più spesso.*

Un’osservazione finale sulle esperienze di laboratorio, in forme diverse ripetuta da molti studenti: alcune di queste produzioni potrebbero diventare delle attività economiche offrendo una occupazione, come già avvenuto in passato per altri studenti.

*Tra queste trasformazioni ci potrà essere un futuro lavoro, per questo lo ritengo un corso molto formativo sia nel settore lavorativo e sia a livello di conoscenze.*

Riportiamo i commenti finali di un gruppo di studenti nella loro presentazione del lavoro svolto: “siamo molto soddisfatti del lavoro svolto, perché non ci aspettavamo risultati così soddisfacenti. È stata un’esperienza sicuramente costruttiva dove abbiamo potuto approfondire le nostre conoscenze, appassionandoci sempre di più alla materia. Nei momenti in laboratorio durante le operazioni svolte ci siamo divertiti molto. Il fatto di poter svolgere un’attività pratica e non solo teorica ci è piaciuto particolarmente.

Il percorso che abbiamo intrapreso è stato molto positivo sia per il nostro bagaglio culturale che personale, e nonostante qualche difficoltà, coraggiosamente scavalcata, possiamo dire che è stata l’esperienza più proficua del nostro percorso scolastico e ringraziamo i nostri docenti per averci dato questa grandissima opportunità.”

## Ringraziamenti

Un ringraziamento speciale alla professoressa Ameli Rita (Docente tecnico pratico), e alle tecniche di laboratorio di Chimica Sig.re Lucidi Emiliana

e Ciampini Zuleica che hanno guidato gli studenti nelle esperienze di laboratorio. Un sentito ringraziamento al Prof. Bevini Maurizio (Docente di produzioni animali) che oltre ad aver fornito il miele ha illustrato l'importanza dell'Apicoltura per il nostro pianeta. Desideriamo inoltre ringraziare i tecnici del Laboratorio di Informatica (Salvatore Ranieri e Francesco Ciabattoni) che ci hanno supportato per lo sviluppo della etichettatura dei vari prodotti, il personale della cantina e gli addetti alla cucina.

### **Bibliografia**

- E. Baglio, *Chemistry and technology of yoghurt fermentation*. Springer: New York, 2014.
- E. Baglio, *Chemistry and technology of honey production*. SpringerBriefs in Molecular Science: Cham, Switzerland, 2018.
- Y. Cheong Cheng, W. Ming Tam, Multi-models of quality in education. *Quality Assurance in Education*, **5** (1), 22-31, 1997.
- Discorsi del Mattioli: *I discorsi di M. Pietro Andrea Matthioli sanese, medico cesareo, et del serenissimo principe Ferdinando archiduca d'Austria &c. nelli sei libri Di Pedacio Dioscoride Anazarbeo della materia Medicinale*. In Venetia. Appresso Vincenzo Valgrisi, 1558.
- EC, *A framework of qualifications for the European higher education area*. Ministry of Science, Technology and Innovation: Copenhagen, 2005.
- S. Fusco, *Chimica quotidiana. Ventiquattro ore nella vita di un uomo qualunque*. Carocci: Roma, 2014.
- C. Giacobelli, *Forse non tutti sanno che nelle Marche ... Curiosità, storie inedite, misteri, aneddoti storici e luoghi sconosciuti di una regione dai mille volti*. Newton Compton Editori: Roma, 2015.
- A. Jori, *La cultura alimentare e l'arte gastronomica dei romani. Contributo alla filosofia dell'alimentazione e alla storia culturale del mondo mediterraneo*. Accademia Nazionale Virgiliana di Scienze Lettere e Arti: Mantova, 2016
- B. Lanza, M. Poiana, *Olive da tavola: Tecnologia*. Accademia Nazionale dell'Olio e dell'Olivo: Spoleto, PG, 2012.
- H. Lindberg Madsen, G. Bertelsen, L. H. Skibsted, Antioxidative activity of spices and spice extracts. In S. J. Risch, C.-T. Ho, (Eds.), *Spices. Flavor chemistry and antioxidant properties* (pp. 176-187). American Chemical Society: Washington, DC, 1997.
- L. M. Long, *Honey. A global history*. Reaktion Books Ltd: London, 2017.
- J. A. Martínez Pons, La preparación de la mermelada como recurso didáctico. *Anales de Química*, **105** (3), 221-226, 2009.
- C. Papazian, Beer styles. Their origins and classification. In G. G. Stewart, I. Russell, A. Anstruther (Eds.), *Handbook of brewing*, 3rd Ed. (pp. 35-52). Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, 2018.

- V. A. Parthasarathy, B. Chempakam, T. J. Zachariah (Eds.), *Chemistry of spices*. CABI: Cambridge, MA, 2008.
- E. Readicker-Henderson, *A short history of the honey bee: Humans, flowers, and bees in the eternal chase for honey*. Timber Press, Inc.: Portland, OR, 2009.
- A. Y. Tamime, R. K. Robinson, *Tamime and Robinson's Yoghurt. Science and technology*, 3rd Ed. Woodhead Publishing Limited: Cambridge, 2007.
- S. Virgili, D. Neri, *Mela rosa e mele antiche. Valorizzazione di ecotipi locali di melo per un'agricoltura sostenibile*. ASSAM: 2002.

### Sitografia

- S1.<https://www.oliveoiltimes.com/it/production/leucocarpa-the-dazzling-white-olive-from-magna-graecia/64475>
- S2.<https://www.italianfoodexperience.it/prodotti/leucocarpa-antica-rara-oliva-bianca/>
- S3.<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/vivaismo-e-sementi/2019/06/04/conosciamo-leucocarpa-l-oliva-bianca/63219>
- S4.<http://www.archeologiaarborea.org/en/the-orchard-collection/apples/215-mela-rosa>
- S5.<https://it.m.wikipedia.org/wiki/Miele#Produzione>
- S6.<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0110&from=EN>
- S7.<http://www.tuttogenuino.com/miele/>
- S8.<https://www.mieleartemide.com/miele-proprietà-e-benefici/>
- S9.<http://www.mielidautore.it/il-miele.htm>
- S10.<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0110&from=EN>
- S11.<https://www.benesserecorpomente.it/acetato-di-miele-bio-proprietà-di-salute-e-bellezza/>
- S12.<https://www.taccuinigastrosofici.it/ita/news/antica/spezie-erbe/print/origano-e-lampolla-profumata.html>



# Le dodici pietre del pettorale di Aronne: la Turchese - Parte 1

Pasquale Fetto

pasquale.fetto@didichim.org

## **Riassunto**

*Nel simbolismo religioso non mancano riferimenti alle virtù delle pietre. La Turchese, a mio parere, ha avuto tra tutte le pietre un ruolo predominante legato sia alla diffusione dei giacimenti che alle proprietà terapeutiche ad essa attribuite e presenti nelle culture delle popolazioni native Americane, fino ai Maya, agli Atzechi e alle popolazioni Aborigene dell'Australia. Sulla teoria migratoria delle popolazioni Asiatiche (Mongole) verso il continente Americano e viceversa non vi sono dubbi. Penso che l'interesse sul quando e sul come sia avvenuta questa migrazione possa servire da stimolo per una ricerca mirata da proporre agli allievi. Nonostante ciò, l'importanza della turchese risulta ancora troppo limitata e parziale in relazione alle più complesse proprietà terapeutiche venute alla luce con l'avvento della civiltà Egizia.*

*La turchese occupa il primo posto nella seconda fila del Pettorale del Giudizio.*

**Parole chiave:** Turchese, Callaiano, simbolismo, scarabeo, Mesoamerica, civiltà precolombiane.

## **Abstract**

*In religious symbolism they will contain references to the virtues of the stones. The Turquoise, in my opinion, among all the stones had a predominant role is linked to the spread of the deposits that the therapeutic properties attributed to it and present cultures of native American, to the Maya, the Aztecs and the Aboriginal populations of Australia. On the theory of migration of Asian populations ( Mongolian ) to the American continent and back again there is no doubt . I think that the interest in when and how did this migration can serve as a stimulus for targeted research to be presented to students. Nevertheless the importance of turquoise is still too limited and partial in relation to complex therapeutic properties come to light with the advent of the Egyptian civilization.*

*The turquoise occupies the first place in the second row of the Breastplate of Judgment.*

**Keywords:** Turquoise, Callaiano, symbolism, Egyptian scarab, Mesoamerican civilization, pre-Columbian civilizations

## Introduzione

L'attrazione per i minerali è un retaggio atavico che permane nell'inconscio dell'uomo anche attualmente. Se nel passato i minerali e i cristalli, con il loro mistero, hanno affascinato gli uomini inducendoli a vedere in essi poteri magici; oggi si tende ad attribuire loro particolari proprietà in quanto ricchi di "elevata energia" alla quale l'uomo non attinge sempre e solo per finalità lecite ed oneste.

Le attuali conoscenze scientifiche ci portano a considerare *superstizioni* molte delle antiche credenze; nonostante ciò, oggi come ieri, l'uomo vive la necessità di creare attorno a sé delle barriere psichiche protettive facilmente trasportabili. Crediamo che i cristalli, con i loro colori, la loro luce e le loro forme, possano contribuire a trovare la tranquillità e l'armonia di cui ha una *urgente esigenza* la vita divenuta sempre più caotica e stressante.

L'uomo primitivo fu colpito dai colori delle pietre e dal bagliore dei cristalli che gli ricordavano il luccichio delle stelle. Solo più tardi cominciò a riconoscere, oltre i cristalli, anche altre pietre intorno alle quali sono nate tradizioni e credenze magiche che si sono conservate nel tempo.

All'inizio del Neolitico<sup>1</sup> (8000-3000 a.C.) gli uomini attribuivano ad alcune pietre, grandi poteri e credevano di accrescerli incidendovi dei segni magici. L'adorazione delle pietre viene detta "*Litolatria*" ed è ancora comune presso molte civiltà primitive e rimase a lungo anche fra le popolazioni di lingua greca, soprattutto dell'Asia Minore.

Si annetteva, inoltre, una particolare importanza ai meteoriti, ossia a pietre luminose che erano state viste cadere dal cielo; sembra che anche la **Pietra Nera** (in arabo = *Al-hajar Al-aswad*) custodita nella **Ka'ba** della Mecca fosse in origine un meteorite.

Le prime pietre talismaniche furono i **betili**, pietre situate presso un bosco o una fonte in cui si credeva che abitasse la divinità e l'uso di queste pietre, come talismani, si ritrova frequentemente nella cultura ebraica.<sup>2</sup>

1. Il Neolitico è un periodo della preistoria, l'ultimo dei tre che costituiscono l'età della pietra. Il termine deriva dalle due parole greche νέος (nèos, "nuovo") e λίθος (lithos, "pietra"): l'età della nuova pietra fu contraddistinta da notevoli innovazioni nella litotecnica, tra le quali la principale è rappresentata dall'uso della levigatura.

2. Il **betilo** o (**bétile** - **bethel**) è una pietra a cui si attribuisce una funzione sacra in quanto dimora di una divinità o perché identificata con la divinità stessa. Il termine "betilo" (latino "*Baetylus*", greco "*Baitylos*") deriva infatti dall'ebraico **Beith-El** che significa "**Casa di Dio**". I betili hanno varie forme (conica, piramidale, antropomorfa, cilindrica, prismatica, triangolare, ecc.) e sono collocati in posizione verticale. I più famosi bethel al mondo sono i monoliti dell'Isola di Pasqua. L'origine dei betili è legata probabilmente agli antichi popoli orientali. Si sa che venivano innalzati da Sumeri, fra le popolazioni che vivevano in Mesopotamia, Semiti, Siro-Palestinesi e che probabilmente si diffusero in tutta Europa con le migrazioni e le conquiste di queste popolazioni.

Nel Vecchio Testamento si legge che Giacobbe utilizzava un *betilo* come capezzale<sup>3</sup>; durante il sonno gli fu rilevato il destino che Dio riservava alla sua discendenza. Anche Giosuè eresse una pietra a testimonianza del patto concluso fra Jahvè e il suo popolo.

Queste pietre speciali, vivacemente colorate, divennero la prima moneta di scambio tra i nomadi del deserto e gli abitanti delle comunità agricole che le ricercavano prevalentemente per le loro supposte virtù magiche.

Presso i Romani il culto delle pietre non era molto diffuso. Esisteva il cosiddetto "Giove Lapide", una pietra che probabilmente in origine era considerata sede di uno spirito divino, ma che in età classica veniva considerata un semplice simulacro dello spirito di Giove.

L'apporto alla conoscenza dei minerali fu dato da autori come Plinio che con la sua "Storia naturale" fu la fonte di riferimento per conoscere le caratteristiche dei minerali allora conosciuti, anche se venivano spesso indicati con nomi che non corrispondono a quelli degli attuali minerali.

Tra i trattati di mineralogia, di una certa importanza, si devono ricordare quello scritto intorno al 1270 dal frate domenicano Alberto Magno e nel 1546 da Giorgio Agricola. Fu quest'ultimo che gettò le basi della moderna mineralogia classificando i minerali in base alle loro proprietà fisiche.

*Ma, solo attraverso la chimica, è stata compresa la vera natura e struttura dei minerali e dei cristalli.*

## **1. Mitologia e leggende**

Secondo una leggenda greca, Deucalione e Pirra, la coppia sopravvissuta al Diluvio Universale, diede vita ad una nuova razza umana, gettandosi dietro le spalle delle pietre.

Sempre secondo un antico mito greco, il dio Crono, temendo di essere spodestato, come egli aveva fatto con il padre Urano, reso sterile dallo stesso Crono, decise di divorare tutti i suoi figli.

Solo Zeus si salvò per un inganno dalla madre Rea (sorella e moglie di Crono) che diede a Crono una pietra avvolta in un panno anziché il piccolo Zeus. La pietra, vomitata da Crono, fu portata a Delfi e venerata come "*omphalòs*" **ombelico del mondo**.

Questa pietra, in quanto ombelico, è il simbolo della nuova nascita e della coscienza reintegrata.

La pietra è anche simbolo della Terra-madre e la pietra di Pessinunte<sup>4</sup> era la manifestazione concreta di Cibele, la Grande Dea Madre. Adorata dal po-

---

3. **Capezzale** - cuscino stretto, lungo quanto la larghezza del letto, che si poneva tra il materasso e il lenzuolo per tenere sollevati i guanciali

4. **Pessinunte**, città dell'Anatolia (Turchia) in cui si dice che sorgesse il regno del Re Mida.

popolo frigio, fu trasportata a Roma all'inizio del III° secolo a.C. e posta sul Palatino. Un'antica cerimonia celtica si svolgeva all'interno di un cerchio di pietre. Per i Celti le pietre, incarnazione della Madre Terra, possedevano un grande potere. Le pietre cadute dal cielo, probabili aeroliti, venerate e adorate sono state considerate "*pietre parlanti*", strumenti di oracoli come la pietra nera della Mecca e la pietra di Pessinunte (Asia Minore).

La maggior parte delle pietre preistoriche, dette "*pietre del fulmine*" erano ritenute la punta della saetta. Queste pietre, associate al culto degli dei, sono ancora oggi presso alcune popolazioni africane oggetto di adorazione.

*"Per i Dravidi<sup>5</sup> la pietra, come l'albero o l'acqua, è un trattenitore di spiriti buoni o cattivi. Da qui l'utilizzazione terapeutica delle pietre che poste sulla testa del malato, estirpano dal suo corpo lo spirito della febbre ed è costume dravidico gettare una pietra sulla strada, dietro di sé, ritornando da una cerimonia funebre, per arrestare lo spirito della morte, nel caso che volesse ritornare"* (Dal Dizionario dei Simboli- Rizzoli)

Ben poco gli antichi sapevano della struttura dei minerali nonostante ne facessero grande uso. Il primo trattato *Sulle Rocce*, anche se frammentario, apparve intorno al 300 a.C ad opera di Teofrasto, discepolo di Aristotele.

La traduzione di tutte le opere di Teofrasto si deve a John Hill<sup>6</sup> il quale ipotizzò che le proprietà terapeutiche dei cristalli fossero dovute alle inclusioni metalliche in essi contenute. Ipotesi troppo limitata e parziale se si considera la complessità delle proprietà terapeutiche emerse dallo studio delle antiche civiltà e culture (Egiziane, Americane, Maya, Atzeca fino a quelle Aborigene dell'Australia).

Nel IV° millennio a.C. presso i Sumeri le pietre incise divennero i primi sigilli (Figure 1-2) che avevano prevalentemente la forma di un bottone o di



**Figura 1** - Sigillo sumero Museo del Louvre

5. **Dravidi** è il nome che viene dato alle genti brachicefale (che hanno il cranio sviluppato più in senso orizzontale che in lunghezza), di colore scuro, capelli neri e lisci che colonizzarono la zona indiana 6000-5000 anni fa imponendosi sugli autoctoni, **forse gli antenati degli attuali munda** e dando forse origine alla civiltà della valle dell'Indo.

6. La sua prima pubblicazione fu una traduzione di Teofrasto storia delle rocce (1746).

un cilindro perforato per essere infilato in una collana. [1]



Figura 2 - Sigillo sumero

In Egitto si diffuse l'uso degli amuleti ottenuti dalla lavorazione di pietre di ogni genere (agata, corniola, turchese, lapislazzuli, ecc.); sulle pietre gli Egiziani erano soliti scrivere le loro formule magiche. La diffusione e l'uso degli amuleti era tale che le mummie portavano sul petto lo "*scarabeo del cuore*" come è testimoniato dal grande numero di scarabei incisi su gemme e portati alla luce negli scavi. Gli amuleti più belli erano ricavati dai lapislazzuli (o "*zaffiro degli antichi*") una delle pietre preferite dagli Egiziani che la usavano negli ornamenti dei faraoni o per modellare le statuette degli dei.

In Grecia le gemme incise venivano usate dai ceti abbienti come sigilli o segni di identificazione, a volte anche ufficialmente, il loro uso poteva essere ricordato nelle iscrizioni. Negli elenchi dei tesori presenti nei templi del V e del IV secolo a.C. sono riportate le gemme tra le offerte votive.

I Romani indossavano le gemme soprattutto per il valore talismanico che veniva loro attribuito: si racconta che, nella Domus Aurea, Nerone avesse fatto ornare il suo letto e le pareti dell'alcova di pietre preziose.

### La Turchese: origine del nome

Plinio la chiamava "*Callaiano*" (dal greco *Callalithos* = *bella pietra*). La *turchese* anticamente era detta "*pietra turca*", i primi campioni di questo minerale arrivarono in Europa attraverso le rotte della Turchia. I Turchi compravano questa pietra preziosa dai paesi centro orientali e la esportavano in Russia. Il suo nome sembra sia legato alla provenienza dal Turkestan. Si ritiene che i cavalieri crociati scoprirono questa pietra e la fecero conoscere al mondo occidentale.

La turchese ha colore azzurro piuttosto intenso, più spesso, è azzurro cielo chiaro, azzurro con sfumature verdi o verde. Proveniente dalla Persia, dal Sinai, dal Turkestan, dal Tibet; si trovava, associata alla malachite anche nelle miniere di Re Salomone che era chiamata pietra di Eilat. Alcune popo-

lazioni dell’America Centrale la estraevano dall’attuale Nuovo Messico (Usa); le migliori turchesi provengono ancora oggi dall’Iran. Le grandi quantità di materiale provenienti oggi da vari Stati americani non sono di buona qualità.

La Turchese è usata in archeogemmologia<sup>7</sup> fin dal V millennio a.C. presso le civiltà medio-orientali, centro asiatiche e intorno al Mediterraneo.

### **Simbologia**

In molte culture del vecchio e del nuovo mondo questa gemma è apprezzata da migliaia di anni come pietra sacra, come portafortuna o talismano. La prova più antica di ciò sta in Egitto dove, in tombe di circa 3000 avanti Cristo, furono trovati manufatti con turchesi. Nell’antico regno persiano, le gemme blu cielo erano originariamente portate al collo o su una mano a protezione contro una morte non naturale. Se la pietra cambiava colore, c’era un pericolo imminente per chi la indossava. Nel frattempo è stato scoperto che il turchese può veramente cambiare colore ma questa reazione non è necessariamente un’indicazione di un pericolo imminente. *Il motivo del cambio di colore è dovuto all’influenza della luce, all’uso di cosmetici, e persino al pH della pelle che possono innescare una risposta chimica.*

Un bracciale in oro e turchese è il reperto più antico risalente a circa 8000 anni fa (circa 5500 anni prima del regno di Cheope), fu ritrovato in Egitto dove questa pietra era considerata il simbolo dell’Universo e dell’Aldilà. La turchese fu tra le pietre “egiziane” la più amata, considerata capace di proteggere dagli incantesimi e vegliare, nell’aldilà, sul suo possessore. La credenza di questa capacità spiegherebbe il motivo per cui un bracciale di turchese, è stato trovato al braccio di una mummia risalente a 7500 anni fa.

---

7. Archeogemmologia: Branca della geoarcheologia che si occupa della caratterizzazione chimico-fisica e della classificazione dei materiali litici e litoidi utilizzati come manufatti ornamentali e rinvenuti negli scavi, a cominciare dalla determinazione della provenienza dei materiali. L’archeogemmologia investiga sui commerci, sulle tecniche di lavorazione, sui significati attribuiti a gemme e amuleti, fino ai processi di deterioramento e di riutilizzo che questa classe di manufatti ha subito. I metodi di analisi comprendono la lettura dei testi letterari antichi, accanto ad analisi scientifiche per verificare sia i trattamenti intenzionali sui manufatti, sia eventi termici accidentali (incendi), sia le microalterazioni determinate dalle condizioni di giacitura e di conservazione. Tali analisi consentono anche di affrontare il problema delle copie e delle falsificazioni, in collaborazione con altri specialisti (archeologi, fisici, chimici ecc.). [3]

8. Il Libro dei Morti (chiamato anche *Libro del ritorno del giorno*) è il testo sacro degli Egizi in cui sono presenti formule magiche e racconti in preparazione della testimonianza sulla condotta di vita del defunto, doveva fornire davanti al giudizio di Osiride.

Per gli Egiziani ogni colore impiegato aveva un significato ben preciso. I colori non venivano mai applicati a caso o con valenza meramente estetica. Le stesse formule magiche incise sulle pietre seguivano un loro significato preciso legato al simbolismo del colore delle pietre.

Nel corso della VI dinastia, apparvero i primi amuleti molto semplici e senza incisioni. Successivamente si sviluppò la lavorazione delle pietre dure come l'agata, la corniola, la turchese e i lapislazzuli da cui ottenere gli amuleti. Si diffusero, solo a partire dal Nuovo Regno, degli amuleti che raffiguravano lo scarabeo che solitamente avevano incisioni, iscrizioni e disegni sull'addome. (v. Appendice)

### **Proprietà terapeutiche**

La turchese con il suo colore simboleggiava **protezione e gioia**.

La turchese è una pietra che viene amata da persone estremamente concrete e realistiche, che pianificano nei dettagli la loro vita, cercando di aderire a rassicuranti schemi precodificati.

La turchese consente di tonificare e rafforzare l'intero corpo fisico, rigenerando nel contempo i tessuti. Ma aiuta anche a riattivare la circolazione del sangue, il buon funzionamento dei polmoni e del sistema respiratorio in generale. Rivitalizza il sangue e il sistema nervoso. Pietra calmante a livello globale, è particolarmente utile contro l'ansia, favorendo il sonno se disturbato o discontinuo.

La turchese oltre ad allineare fra loro tutti i chakra e a migliorare la meditazione, favorisce la preveggenza, la divinazione e l'intuizione, facilita inoltre il collegamento fra il quarto e il quinto chakra (cuore, gola). A questa pietra si collegano alcune importanti parole chiave, quali espressione creativa, pace della mente, comunicazione, amicizia, lealtà. Importante equilibratore emozionale.

La turchese, per la sua stabilità e incorruttibilità, in molte culture, ha simboleggiato la potenza di Dio e in molti miti si nota la presenza di esseri soprannaturali e anche di uomini che nascono dalle pietre.

## **APPENDICE**

### **Lo scarabeo**

Questo coleottero ha lasciato grandi tracce nella cultura dell'uomo, in particolare in quella egizia, ma non solo. La larga diffusione che ebbe fu tale da divenire uno dei simboli dell'Egitto. Gli scarabei funebri detti "del cuore", recavano le invocazioni del defunto dirette al suo cuore o preghiere ai geni che si credeva trattenessero il cuore del morto, iscrizioni improntate

ai capitoli XXVIII e XXX del Libro dei Morti<sup>8</sup>.

Durante la XVIII dinastia lo *scarabeo del cuore*, inciso su gemme tra cui la turchese, veniva posto sul petto della mummia; il grande numero di scarabei, portati alla luce dagli scavi, sono la dimostrazione che questo amuleto entrò a far parte del corredo funerario.

Lo scarabeo egizio, chiamato *kheperer*<sup>9</sup>, era considerato un potente amuleto sin dal **Periodo Tinita**<sup>10</sup> con funzione apotropaica<sup>11</sup> capace di assicurare solo eventi felici ed un costante miglioramento delle facoltà intuitive e spirituali. Sacro agli Egizi, era paragonato al Dio Sole.

Gli scarabei divennero sigilli su cui venivano incise sentenze o titolature<sup>12</sup> di funzionari; l'epoca **Hyksos**<sup>13</sup> ci ha lasciato un gran numero di questi sigilli con incisi i nomi dei capi delle tribù semitiche. Ne è esempio quello di Giacobbe e quelli di piccoli sovrani che circondavano il proprio nome con un cartiglio.[5] (Figura 3)



**Figura 3** - Scarabeo hyksos a nome di Ipepi (XV dinastia)

---

8. Il Libro dei Morti (chiamato anche *Libro del ritorno del giorno*) è il testo sacro degli Egizi in cui sono presenti formule magiche e racconti in preparazione della testimonianza sulla condotta di vita del defunto, doveva fornire davanti al giudizio di Osiride.

9. Il nome deriva dal verbo kheper che significa nascere o divenire. Associato alla divinità solare Khepri, che donava la vita e rappresentava il sacro animale coprofago *Scarabaeus sacer aegyptiorum*. Khepri rappresentava il sole del mattino

10. Il Periodo Tinita o Periodo Arcaico dell'Egitto è collocato cronologicamente tra il 3150 e il 2700 a.C.

11. Apotropaico (dal greco *apotrépein* ="allontanare" si riferisce ad oggetti dotati della facoltà magica di tenere lontano l'influsso degli spiriti maligni.

12. Le titolature erano l'insieme dei titoli che spettavano a persone nobili o di carica elevata.

13. Il termine **Hyksos**, forma grecizzata dell'egizio, in greco antico *Υκσώς* (*Uksós* o *Yksós*), viene generalmente usato per definire le popolazioni che penetrarono in Egitto sul finire del periodo detto del *Medio Regno*.

Gli Hyksos furono un'etnia che governò l'Egitto in un periodo in cui la società egiziana stava vivendo una forte crisi sociale e istituzionale; basti pensare che in duecento anni si susseguirono al potere più di duecento faraoni. In tale confusione gli Hyksos riuscirono ad imporsi diffondendo in Egitto nuove tradizioni ed usanze.

Il potere degli Hyksos terminò con l'avvento della XVIII dinastia che ripristinò l'unità dello stato dando inizio al periodo detto *Nuovo Regno*. Trascorsi due secoli gli egiziani riacquisirono stabilità politica riorganizzandosi e riuscendo a scacciare questa dinastia "non-ereditaria" proveniente dall'Asia minore ed Anatolia centrale.

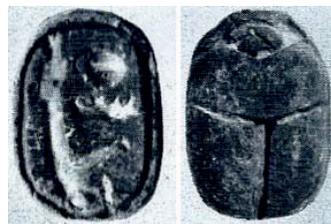
Ben presto il suo valore simbolico entrò a far parte della cultura simbolica di altri popoli quali i Fenici, i Cartaginesi e i Greci. In Sardegna, sono stati ritrovati moltissimi amuleti riproducenti lo scarabeo a testimonianza delle forti relazioni esistenti tra la Civiltà Nuragica ed Egiziana. (Figure 4-5-6)



**Figura 4.** Particolare dello scarabeo Monte Prama, esposto presso il Museo archeologico di Cagliari.



**Figura 5.** Scarabeo sardo, con scrittura Usermaatre, prenome di Ramesses II (1279-1213 a.C.) [6]



**Figura 6.** Scarabeo sardo, con scrittura Menmaatre, prenome di Seti (1290-1279 a.C.) [6]

Quello di Mont'e Prama non è l'unico scarabeo egizio rinvenuto in un contesto nuragico: ne sono stati rinvenuti anche presso il Nuraghe Nurdolead Orani, nell'abitato di Sant'Imbenia ad Alghero e presso il Complesso Nuragico di S'Arcu'e Is Forros a Villagrande Strisaili.

Secondo gli studiosi occorre sottolineare la generale inaffidabilità degli scarabei ai fini della cronologia dei siti e dei monumenti in cui furono depositi.

Sono numerosi i casi documentati di scarabei rimasti in circolazione anche per quasi un millennio dalla data di produzione, come ad esempio gli scarabei del Nuovo Regno rinvenuti a Cartagine.

Lo **scarabeo** è per gli Egiziani uno dei simboli per eccellenza. Tra le pietre più utilizzate per la sua creazione troviamo la turchese. Usato come amuleto protettivo, ritenevano che fosse capace di dare gioia e mantenere alta la voglia di vivere. Particolarmente utilizzato in Egitto era la Turchese Verde.

### **Cristalloterapia e Simbolismo**

La turchese è considerata un prezioso portafortuna in particolare se associata al corallo; è inoltre simbolo di sincerità. Nella sfera spirituale i benefici della turchese sono più forti che mai; in cristalloterapia questa pietra è collegata al *chakra* 5 della gola.

La turchese è anch'essa *una pietra dalle virtù mistiche* e dall'azione purificatrice, protegge dal malocchio e dalle malelingue. È antidoto eccezionale contro opere di magia nera, cura la malaria e i disturbi cardiaci.

Nei periodi di grande esaurimento la turchese riesce a migliorare lo stato d'animo e infonde maggiore serenità e ottimismo. Aiuta a tenere lontane quelle influenze negative che possono solo peggiorare la salute psicofisica. Le proprietà della turchese si legano in particolare alla crescita personale e dell'autostima.

Si credeva che il cambiamento di colore si legasse agli avvenimenti della propria vita, in particolare si attenuava all'avvicinarsi di una disgrazia e segnalava l'infedeltà della donna diventando, in caso di tradimento, quasi nera. In realtà i cambiamenti di colore di questa pietra sono attribuibili solo alla sua porosità. Se posta a contatto con saponi, profumi, sudore, calore eccessivo, e luce intensa si deteriora scolorendosi o diventando opaca.

In Oriente è considerata la pietra portafortuna per eccellenza ed è sempre presente nelle case dove favorisce l'amore felice e una serena vita familiare e l'armonia fra i coniugi, promuovendone la comprensione reciproca.

La turchese è la *pietra sacra del Tibet* che richiama *l'azzurro divino*, pietra fondamentale per la costruzione di oggetti di culto; per gli Indiani d'America è la pietra celeste. In Egitto era considerata la pietra dei faraoni e con essa si scolpivano anche **gli scarabei** che rappresentavano **il dio Ra**, perciò venne associata **all'Aldilà e all'infinito**.

### **Approfondimento scarabeo**

- Mario Viridis. (Oristano 8 Gennaio 2014). "*Lo Scarabeo, sacro agli Egizi che lo paragonavano al Dio Sole, insetto astronomo che si orienta con la Via Lattea e le stelle. È considerato fonte di vita, di rinnovamento e portatore di fortuna.*" <http://amicomario.blogspot.it/2014/01/lo-scarabeo-sacro-agli-egizi-che-lo.html>

- Paolo Bernardini. *Phoinikes b Shrdn. I Fenici in Sardegna: nuove acquisizioni*. Memoria storica, a cura di P. Bernardini, R. D'Oriano, F. Lo Schiavo, A. Sanciu e R. Zucca, coordinamento P. G. Spanu, Oristano, S'Alvure, 1997 pag. 250. <http://monteprema.blogspot.it/2013/10/una-gran-casa-con-la-coda-di-toro.html>

### **Bibliografia**

[1] <http://civiltanticheantichimisteri.blogspot.it/2015/03/la-lunga-storia-delluomo-cronologia-dei.html>

[2] [http://www.mineralicristalli.it/minerali\\_nellantichita.htm](http://www.mineralicristalli.it/minerali_nellantichita.htm)

[3] <http://www.treccani.it/enciclopedia/archeogemmologia/>

[4] [https://it.wikipedia.org/wiki/Scarabeo\\_\(amuleto\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Scarabeo_(amuleto))

[5] <https://it.wikipedia.org/wiki/Hyksos>

[6] <http://monteprema.blogspot.it/2013/02/i-documenti-ufficiali-della-sardegna.html>



# L'impatto del progetto PROFILES - Parte 1

## Organizzazione e basi teoriche

Liberato Cardellini

Università Politecnica delle Marche, Ancona

l.cardellini@univpm.it

### **Riassunto**

A dieci anni dal suo inizio, viene presentata l'organizzazione e la filosofia del progetto PROFILES. Questo progetto europeo ha come scopo la diffusione dell'insegnamento delle materie scientifiche basato sull'inquiry, al fine di interessare molti studenti allo studio delle materie scientifiche e migliorare la loro formazione scolastica. Per raggiungere questo scopo, fondamentale è la preparazione professionale degli insegnanti, che vuole essere una formazione continua, per avere degli insegnanti capaci di svolgere la funzione di leader, orgogliosi del proprio operato e potenzialmente capaci di coinvolgere tutti gli studenti in tutte le situazioni istruttive.

Trattandosi di un progetto complesso e con grandi ambizioni, ha richiesto una robusta organizzazione operativa e in questo articolo vengono presentati i risultati di studi fatti per misurare sia l'efficacia del metodo sugli studenti che le aspettative e i miglioramenti professionali degli insegnanti coinvolti.

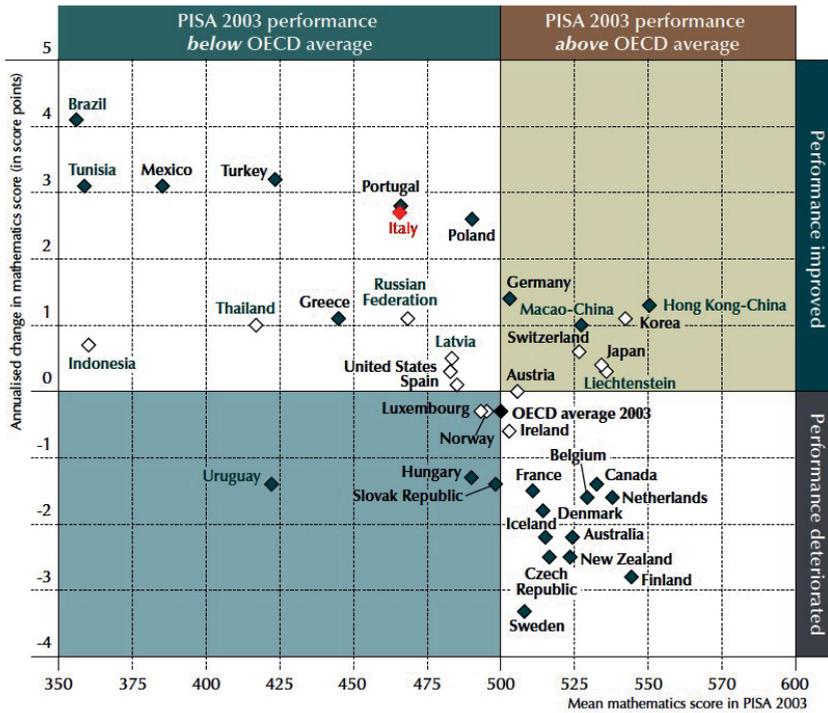
Nella seconda parte verranno illustrate le risultanze nelle pratiche scolastiche e nel coinvolgimento degli studenti dell'eccellenza professionale raggiunta da molti insegnanti, in attività importanti e significative per la loro formazione. Molti di questi insegnanti a sei anni dalla fine del progetto, continuano ad avere un impatto nella formazione scolastica e umana dei loro studenti.

### **Introduzione**

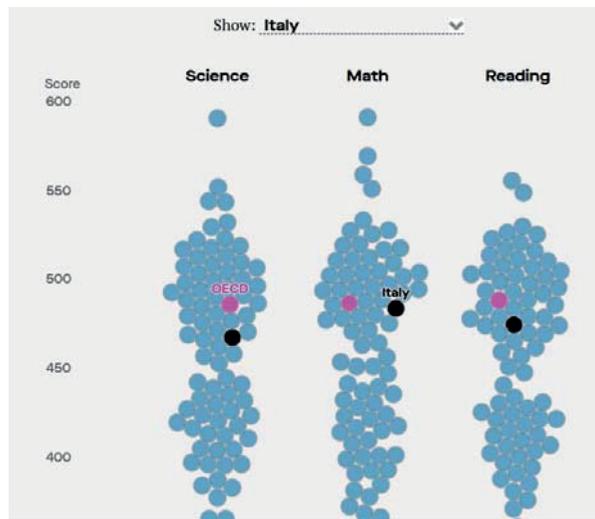
Se ci si interrogasse circa la qualità dell'insegnamento, la valutazione sarebbe relativa e dipenderebbe da chi la valuta e a quali scuole si fa riferimento; si potrebbero avere risposte molto diverse e il giudizio potrebbe spaziare da un molto positivo a uno molto negativo. Se si volesse avere un'idea più precisa mediata su tutto il paese, ci si potrebbe riferire a studi oggettivi, ad esempio agli studi PISA (Programme for International Student Assessment). Una tabella che racchiude dati interessanti è riportata in Figura 1.

I dati riportati in Figura 1 forniscono due informazioni importanti; la notizia positiva è che il risultato per l'Italia è migliorato passando da 470 (OECD, 2004, p. 342) a 485 (OECD, 2014, p. 5). L'altra informazione è che le prestazioni dei nostri studenti sono inferiori a quelle di molti altri paesi e inferiori alla media dei paesi OCSE. Risultati più recenti indicano un ulteriore lieve miglioramento; matematica 487 (489 media OCSE), scienze 468 (489) e lettura 476 (487). (INVALSI, 2019) Posti in forma grafica questi ri-

sultati ci mostrano una situazione internazionale per noi meno confortante. (Figura 2)



**Figura 1.** Variazione annuale delle prestazioni tra il 2003 e il 2012 e la media dei risultati PISA 2003 in matematica. (Modificato da OECD, 2014, p. 8).



**Figura 2.** Risultati di OCSE PISA 2018. (Anderson, Shendruk, 2019).

Molti paesi hanno scuole che formano studenti con prestazioni migliori dei nostri studenti; tra questi paesi consideriamo i dati dell'Estonia: matematica 523, scienze 530 e lettura 523. Questi risultati sono sensibilmente migliori sia di quelli dell'Italia che della media OCSE. Nel seguito si avranno indicazioni dei possibili motivi.

### **Cosa viene misurato negli studi PISA**

Nei nostri paesi economicamente più sviluppati, l'istruzione e l'acquisizione di abilità sono importanti per trovare una occupazione. "without an upper secondary qualification, ... have difficulty entering the labour market." (OECD, 2015, p. 2) Inoltre, in tutti i paesi OECD gli adulti con una laurea guadagnano di più degli adulti con un titolo di istruzione della scuola secondaria.

Con il presupposto di fornire dati e indicazioni per migliorare gli standard dell'istruzione, gli studi PISA monitorano l'alfabetizzazione scientifica degli studenti quindicenni. Possiamo ricordare la definizione di alfabetizzazione, che ha tre componenti (OECD, 2002, p. 12): lettura (Reading literacy) "The capacity to understand, use and reflect on written texts, in order to achieve one's goals, to develop one's knowledge and potential, and to participate in society.", matematica (Mathematical literacy) "The capacity to identify, to understand, and to engage in mathematics and make well-founded judgements about the role that mathematics plays, as needed for an individual's current and future private life, occupational life, social life with peers and relatives, and life as a constructive, concerned, and reflective Citizen." e scienze (Scientific literacy) "The capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity."

Da queste definizioni si evince che ciò che viene misurato va oltre la conoscenza scolastica; a differenza del TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study), che monitora quanto gli studenti riescono a ricordare dall'apprendimento scolastico; "PISA was about how well 15-year-old students could apply their science knowledge from whatever source to quite new situations from the real world that involved science and technology." (Fensham, in Cardellini, 2013, p. 738)

Ad esempio, in matematica le attività proposte sono progettate per includere diversi processi generali che sono utili e pertinenti a tutti i livelli educativi: "1. *Mathematical thinking and reasoning*, ... 2. *Mathematical argumentation*, ... 3. *Mathematical communication*, ... 4. *Modelling*, ... 5. *Problem posing and solving*, ... 6. *Representation*, ... 7. *Using symbolic, formal and technical language and operations*, ... 8. *Use of aids and tools*,... ." (OECD, 2002, 82-83) Queste abilità e competenze non vengono misurate

individualmente; quando si usa la matematica come strumento, ad esempio per risolvere un problema di chimica, è necessario utilizzare diverse abilità tra quelle elencate.

### **Insoddisfazione della situazione presente**

L'insegnamento in generale e quello delle scienze in particolare è ritenuto insoddisfacente, come è evidenziato dal fatto che un numero insufficiente di studenti è attratto dagli studi scientifici, (Lyons, 2006) oltre che dalle risultanze degli studi PISA. Negli ultimi decenni l'interesse verso la chimica e le altre discipline scientifiche – meglio, verso lo studio – è diminuito in tutti i paesi. I vecchi sistemi, ad esempio il brutto voto, sono divenute armi spuntate.

La ragione di questo declino di interesse, “while multifaceted and complex, generally relate to pupils’ feelings that chemistry and physics are irrelevant and boring, mainly because their instruction is out of synchrony with the world outside of school.” (Aikenhead, 2003, p.115) In uno studio successivo basato su dati di ricerche, Glen Aikenhead approfondisce questa affermazione e individua quattro difetti nei curricula tradizionali. “The first major failure concerns the chronic decline in student enrollment due to students’ disenchantment with school science or due to students’ cultural self-identities conflicting with students’ perceptions of science and technology.” (Aikenhead, 2006, p. 25) Per il nostro contesto è da considerare anche il quarto difetto: “A fourth documented major failure dates back to the 1970s’ research into student learning: *Most students tend not to learn science content meaningfully* (i.e., they do not integrate it into their everyday thinking).” (Aikenhead, 2006, p. 27)

Un altro aspetto problematico dell'istruzione è l'abbandono degli studi da parte degli studenti. Questo è un trend diffuso anche nelle università ad indirizzo scientifico: un numero elevato di studenti abbandona gli studi o passa ad altre università. Alla California State University (CSU) dopo 6 anni dall'iscrizione, soltanto il 54% degli studenti arriva alla laurea (Zare, 2009). L'abbandono è anche causato dal “poor teaching and the lack of approachability on the part of faculty, who don’t seem to have much time for undergraduates.” (Lagowski, 1992, p. 173) Probabilmente ci sono molteplici cause e come è stato sottolineato “the collection of statistical data alone is limited in its impact on educational quality improvement, which is implicit in quality assurance objectives. One way to improve quality in regard to student retention is to identify influences and causes of student retention and attrition. Engaging students in their studies has been identified as important in retaining students and stemming attrition. Institutions have also shared responsibility to facilitate student engagement.” (Crosling, Heagney, Thomas, 2009, p. 16)

Un recente studio approfondito sulla natura di queste cause riporta che “students also discussed a range of individual, social, and institutional factors that enabled their persistence in STEM. Most students credited their persistence to a complex mix of all of these factors. Students rarely cited a single factor in supporting their persistence, but often described an interaction among individual factors, such as self-efficacy or determination; behavioral adjustments, such as refining their study habits; practical behaviors, such as navigating the college system and STEM courses in a way that will best ensure their success; and social and institutional factors, such as peer support or university services.” (Thiry, 2019, p. 401)

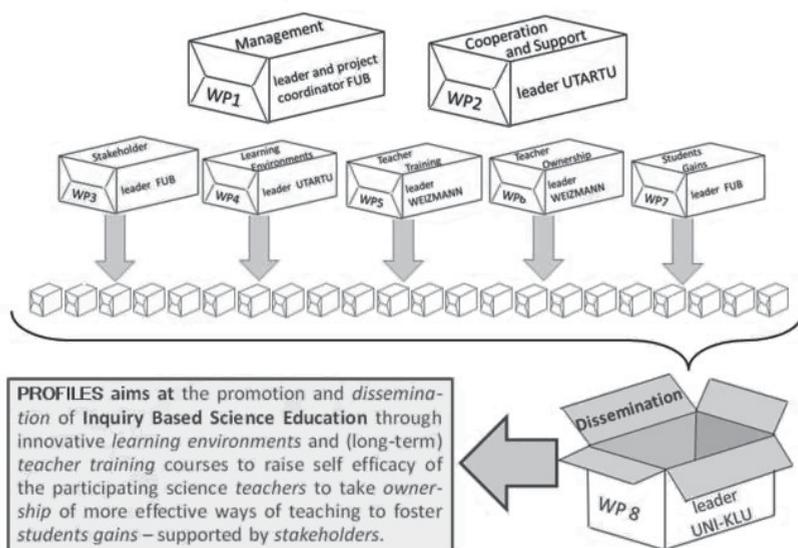
Questa tendenza all'abbandono degli studi esiste anche in Europa, anche se è in parte mascherata dalla mancanza di standard nella valutazione, così che anche studenti non sufficientemente preparati superano gli esami. La diminuzione della motivazione verso gli studi è un problema serio che necessariamente avrà anche conseguenze sociali ed economiche. Anche per questo motivo vengono intrapresi studi e suggerite soluzioni. Risulta che spesso l'istruzione scientifica è percepita come irrilevante, noiosa, astratta e difficile: “students have a perception of science education as irrelevant and difficult” (Rocard et al., 2007, p. 9), forse per i motivi addotti da Aikenhead.

In uno studio esteso riguardante i programmi di scienze che ha coinvolto studenti, genitori e insegnanti, Osborne e Collins affermano che “The subject that attracted the most antipathy was, surprisingly, chemistry. This was seen as abstruse and irrelevant to contemporary needs.” (Osborne, Collins, 2000, p. 5) Per motivare gli studenti all'apprendimento delle scienze, un rapporto della Commissione Europea raccomanda che i metodi inquiry-based science education (IBSE) siano una componente importante da inserire nelle pratiche scolastiche (Rocard et al., 2007).

## **Il progetto Europeo PROFILES**

Il progetto PROFILES (acronimo di: Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science) è un progetto Europeo costituito da un consorzio di 21 istituzioni partner di 19 paesi diversi, coordinato dalla Division of Chemistry Education della Freie Universität di Berlino. Questo progetto è finalizzato all'impiego e alla divulgazione di pratiche scientifiche basate sull'inquiry (IBSE). Per raggiungere questo obiettivo, i partner PROFILES utilizzano e creano ambienti di apprendimento innovativi e programmi di formazione per lo sviluppo professionale continuo degli insegnanti. Si suppone che entrambe le strategie di azione di supporto aumentino l'autoefficacia degli insegnanti per facilitare la consapevolezza del proprio valore professionale e di assumere la paternità di modi più efficaci nell'insegnamento delle scienze.

Di conseguenza, il maggior numero possibile di studenti dovrebbe beneficiare di questo metodo di insegnamento certamente più coinvolgente, dei moduli e degli approcci di insegnamento suggeriti e sviluppati nel progetto. Tutti i partecipanti coinvolti nel progetto PROFILES sono supportati dai suggerimenti provenienti dalle parti interessate al mondo della scuola da diverse componenti della società. Trattandosi di un progetto complesso e molto impegnativo, le responsabilità e il lavoro da svolgere sono state suddivise in otto pacchetti di lavoro tra i quattro gruppi capofila del progetto come riportato in Figura 3.



**Figura 3.** La suddivisione delle attività in otto pacchetti di lavoro (WP, Work Packages).

In modo sommario, riportiamo i compiti di ciascuno degli otto WP, che hanno scandito lo svolgersi del progetto.

WP 1: Gestione e valutazione. Guidato dalla Freie Universität di Berlino (FUB). Coordina la gestione complessiva del progetto che comprende, tra l'altro, i seguenti compiti principali: collegamento con la Commissione Europea in generale e coordinazione della preparazione dei due 'Rapporti periodici PROFILES' e in particolare del 'Rapporto finale del progetto PROFILES'. Inoltre, coordina la gestione finanziaria e la comunicazione tra i partner del consorzio PROFILES; organizza le sette riunioni del consorzio e del comitato direttivo PROFILES.

WP 2: Cooperazione e supporto. La responsabilità di questo pacchetto di lavoro è dell'Università di Tartu (Estonia). Fornisce il supporto professionale ai partner per guidare il progetto secondo la filosofia, gli obiettivi, i risultati e le opinioni delle parti interessate.

WP 3: Coinvolgimento degli stakeholder; FUB. Con l'obiettivo di colmare il divario tra la teoria e la pratica dell'educazione scientifica e il potenziamento delle collaborazioni tra le parti interessate viene compiuto uno studio Delphi, raccogliendo le opinioni delle parti interessate ad una maggiore efficacia dell'insegnamento e dell'istruzione scientifica basata sull'indagine e su ciò che sarebbe desiderabile all'interno dei sistemi scolastici in tutti i paesi dei partner coinvolti. In questo studio vengono coinvolti almeno quattro gruppi: studenti, insegnanti di materie scientifiche, colleghi della science education e scienziati. Si dovrebbero raggiungere 25 partecipanti per gruppo, per un totale di 100.

WP 4: Ambienti di apprendimento (Università di Tartu). Preparazione dei materiali per il programma di formazione degli insegnanti e identificazione dei moduli di insegnamento relativi all'IBSE oltre alla loro modifica e valorizzazione basata sul feedback valutativo e sul coinvolgimento di altri insegnanti.

WP 5: Sviluppo professionale continuo (Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israele). L'obiettivo è formare i futuri insegnanti PROFILES per nuove pratiche e implementare moduli e maniere di apprendimento basati sulla pedagogia del progetto nella loro classe. Più specificamente, il modello CPD (Continuous Professional Development, sviluppo professionale continuo) ha l'obiettivo di sviluppare le conoscenze e la pedagogia degli insegnanti, in modo che possano coinvolgere al meglio i loro studenti nell'acquisizione delle competenze specifiche necessarie.

WP 6: Sviluppo del senso di ownership (appropriazione e responsabilità) degli insegnanti (Weizmann). Alcuni insegnanti diventeranno dei leader (svilupperanno la leadership) per quanto riguarda gli sviluppi e l'implementazione del progetto. Il senso di ownership si manifesta in alcune delle seguenti azioni:

- Coinvolgimento di altri insegnanti nel progetto.
- Impiego dei valori e dei principi del progetto nelle attività di insegnamento.
- Percezione della rilevanza di un certo argomento per la loro classe.
- Presentazione delle proprie attività nelle newsletter.
- Sviluppo di moduli e attività proprie.
- Coinvolgimento nella diffusione delle attività PROFILES fuori dalla scuola.

WP 7: Valutazione dell'utilità dell'approccio PROFILES per gli studenti; FUB. Per analizzare i guadagni degli studenti si potrebbero utilizzare diversi

strumenti; il comitato direttivo ha convenuto di adottare lo strumento per l'analisi dell'ambiente di apprendimento motivazionale (MoLE, Motivational Learning Environment). Infine,

WP 8: Diffusione e networking (Alpen-Adria-Universität, Klagenfurt).

Gli approcci di diffusione proposti includono:

1. Sito web del progetto nazionale per ciascun partner:  
[www.profiles.univpm.it](http://www.profiles.univpm.it)
2. Conferenze internazionali/nazionali/regionali
3. Seminari, workshop, presentazioni
4. Utilizzo e diffusione di moduli didattici
5. Presentazione del progetto in conferenze internazionali
6. Articoli in riviste di didattica
7. Studio di casi
8. Newsletter del progetto
9. Creazione di reti di insegnanti

### **La filosofia PROFILES**

Il progetto PROFILES si propone di migliorare lo standard dei processi di apprendimento e di insegnamento attraverso dei cambiamenti nei modi di insegnare. "PROFILES promotes IBSE through raising the self-efficacy of science teachers to take ownership of more effective ways of teaching students, supported by stakeholders. The proposal innovation is through working with 'teacher partnerships' to implement existing, exemplary context-led, IBSE focussed, science teaching materials enhanced by inspired, teacher relevant, training and intervention programmes." (Seventh framework programme, 2010, p. 9)

Si tratta di un progetto ambizioso che come risulta dai documenti firmati con la commissione europea si propone di (Seventh framework programme, 2010, p. 6):

1. Establishing a well-managed and well monitored consortium, which is able to introduce PROFILES ideas into a multitude of individual educational systems and cultures, but especially into the systems to which the project partners relate.
2. Ensuring improved students' science learning by offering innovative learning opportunities for pre- and in-service teachers and teacher educators as well as for students within the school and non-formal education centres.
3. Taking into account stakeholder's views in seeking ways to raise teacher ownership (and hence self-efficacy) of innovative science teaching approaches.
4. Developing methods to disseminate project ideas and successes on a wide scale within Europe and promote networking to raise teacher awareness Europe-wide.

I rapidi cambiamenti sociali ed economici ridefiniscono le nuove competenze necessarie agli studenti per partecipare e contribuire alla società di oggi. PROFILES sottoscrive l'inclusione di tutte queste componenti come parte integrante della formazione scientifica e propone i seguenti obiettivi offrendo opportunità innovative di apprendimento scientifico per tutti gli insegnanti: (Holbrook, Rannikmäe, 2014, p. 15)

- a) P stands for Professional. This refers to ways of enhancing the teacher as a professional in addressing the concerns and issues in science education.
- b) The second area of focus is indicated by ROF, or the Reflection Oriented Focus of the teacher. PROFILES recognises the need for all teachers to reflect on any intervention in which PROFILES teaching is conducted.
- c) A third area of concern is the IL, or Inquiry learning. This component is heavily stressed by the EC report (2007) and thus features strongly in PROFILES.
- d) The last area of focus is ES, or the need to interpret science teaching as fundamentally about educating students rather than seeing science teaching in schools as being solely focused on the fundamentals of science.

Nei documenti sono stati introdotti dei termini e concetti utili – anche se non necessariamente nuovi – alla comprensione degli scopi e delle finalità del progetto; iniziamo con *modulo*. Un modulo può essere considerato come una unità di insegnamento, che rende più interessante una parte del programma. Come esempi utili per veicolare le novità e per dare suggerimenti agli insegnanti, sono stati tradotti alcuni moduli del progetto PARSEL (2006; Acronimo di: Popularity and Relevance of Science Education for Scientific Literacy)

*Alfabetizzazione scientifica* (scientific literacy). L'alfabetizzazione scientifica è qualcosa di più vasto dell'apprendimento delle materie scientifiche e delle esperienze di laboratorio: "For many science educators, efforts to promote greater scientific literacy have been shaped by the image of laboratory science. Science courses are often a means of pushing students into the world of scientists rather than a way of helping them cope with their own life worlds." (Roth, Calabrese Barton, 2004, p. 22) Il termine scientific literacy è stato usato in molti contesti e con significati diversi (Holbrook, Rannikmäe, 2009); come definizione operativa può essere adottata la seguente: "It is a mix of facts, vocabulary, concepts, history, and philosophy. It is not the specialized stuff of the experts, but the more general, less precise knowledge used in political discourse." (Hazen, Trefil, 2009, p. xii)

*Conoscenza pedagogica dei contenuti* (Pedagogical Content Knowledge, PCK). Sono i modi e le strategie usate dall'insegnante per presentare un ar-

gomento per renderlo più facilmente comprensibile agli studenti. Questo costrutto è stato introdotto come “A second kind of content knowledge is pedagogical knowledge, which goes beyond knowledge of subject matter per se to the dimension of subject matter knowledge *for teaching*.” (Shulman, 1986, p. 9)

Recentemente, il concetto è stato ulteriormente raffinato e arricchito di significato. “The ... limitation is that PCK as I originally conceived it was devoid of emotion, affect, feelings, and motivation, all of the non-cognitive attributes. ... The affective aspects of teacher understanding, and action are important both because a lot of what teachers ‘know and do’ is connected to their own affective and motivation states, as well as their ability to influence the feelings, motives, persistence, and identity formation processes of their students. [inoltre,] doesn’t make much sense to be reflective about practices you’re not skilled at performing, and teaching IS a form of skilled performance. ... Culture and context are huge envelopes within which we find many of the determinants of teaching and learning. ... The relationship between measured teaching and measured learning is not only an artifact of the accountability policies of government agencies; we have a moral obligation to ask how our teaching is affecting the minds and hearts of our students.” (Shulman, 2015, pp. 9-10)

*Rilevanza.* La rilevanza è un aspetto importante perché stimola e aumenta l’interesse degli studenti verso ciò che viene chiesto loro di studiare. È stato suggerito che “the teaching of a sequence of chemistry lessons begins from a relevant socio-scientific context. The teaching progresses from the societal (the familiar), to the chemistry concepts (the unknown), which are needed to better appreciate the issues, or concerns, and then proceeds to the socio-scientific decision making needed (the purposeful learning involving all educational domains). Teachers need to recognise that curricula promoting chemistry fundamentals, grouping chemistry concepts for scientific convenience, rather than for popularity, is not the approach to promote education through chemistry. Such an approach leads to an academically perceived course that is likely to be abstract, difficult ad irrelevant.” (Holbrook, 2005, p. 4)

La conoscenza scientifica necessaria nel mondo del lavoro è molto specifica rispetto al contesto; la formazione scolastica importante è la conoscenza concettuale e la comprensione procedurale. (Duggan, Gott, 2002, p. 674) Raccomandano la riduzione radicale del programma di insegnamento: “what is needed is a radical reduction in the taught conceptual content and its associated assessment.” (Duggan, Gott, 2002, p. 675) Ciò che gli studenti hanno bisogno di conoscere “*and understand the principle concepts of evidence and the overarching concepts of validity and reliability. ... how to use and apply concepts of evidence such that they can*

*critically evaluate scientific evidence. ... how to: access conceptual knowledge which is directly relevant to topical issues; apply and use such knowledge in 'real' issues.*" (Duggan, Gott, 2002, pp. 674-675)

A differenza di ciò che accade, "the concept of 'relevance' was invoked to persuade us that the content of the curriculum would appeal to pupils but it was often an adult view rather than a pupil view of what was meaningful for young people." (Rudduck, Flutter, 2000, p. 84) in PROFILES, la rilevanza è considerata dal punto di vista degli studenti ed è il catalizzatore che ha attivato tutte le esperienze didattiche svolte.

Ci sono tre dimensioni di potenziale rilevanza immediata e futura con impatto differente sulla motivazione degli studenti: (Eilks, Hofstein, 2017, p. 174)

- *Relevance for the individual*: meeting students' curiosity and interest, giving them necessary and useful skills for coping in their everyday life today and in future, or contributing the students' intellectual skill development.
- *Relevance for a future profession*: offering orientation for future professions, preparation for further academic or vocational training, or opening formal career chances (e.g. by having sufficient courses and achievements for being allowed to study medicine).
- *Relevance for the society*: understanding the interdependence and interaction of science and society, developing skills for societal participation, or competencies in contributing society's development .

*Insegnante come leader*. L'adagio 'il dirigente dirige e l'insegnante insegna' spesso descrive la realtà della scuola. Negli ultimi decenni si è compreso che lo sviluppo delle abilità personali degli insegnanti è nell'interesse di tutte parti coinvolte (stakeholder), dirigenti inclusi. Infatti, gli insegnanti esemplari sono la risposta alla domanda fondamentale della scuola "How do we provide the best possible educational experience for young people as they move through schools?" (Townsend, 2019, p. 8). Si trovano molte definizioni; forse la più semplice è "Teachers who lead leave their mark on teaching." (Little, 1988, p. 84)

Molto impegno è stato posto nel programma di sviluppo professionale perché l'insegnante capace di trasformare e rendere efficaci i processi di insegnamento e apprendimento, capace di collaborare con i colleghi, configurare atteggiamenti positivi ed entusiasmo verso il proprio lavoro e dedicare tempo a fare tutto il necessario per dare agli studenti la migliore formazione possibile è stata la garanzia del successo del progetto. Infatti, "teacher leadership is a critical component or crucial element of school improvement." (Murphy, 2005, p. 43)

Una prova indiretta del valore dell'approccio e della pedagogia del progetto è data dagli ottimi risultati ottenuti in questi ultimi anni dagli studenti estoni

nelle indagini OCSE PISA: un probabile motivo è da ricercare nei metodi usati per i programmi di sviluppo professionale degli insegnanti, svolti secondo le indicazioni dei professori Miia Rannikmae e Jack Holbrook dell'università di Tartu che condividono la filosofia del progetto PROFILES.

### **Il progetto PROFILES in Italia**

Questa grande avventura per me è iniziata nel dicembre 2010, con l'incontro d'inizio del progetto, con il gruppo-guida e i coordinatori rappresentanti il Consorzio, a Berlino. Incidentalmente, il viaggio è stata un'avventura: l'aereo che da Monaco mi portava a Berlino delle 20:15 è stato annullato a causa del ghiaccio. Ho passato parte della notte in piedi in aeroporto e verso le 1:30 mi è stata fornita una brandina. Il giorno dopo ho fatto il viaggio in treno, che a causa di alberi caduti per la neve sulle rotaie è tornato indietro facendo un percorso molto più lungo. Sono arrivato a Berlino dopo un giorno e mezzo di viaggio.

All'incontro sono stati presentati gli otto pacchetti di lavoro e le scadenze nei successivi 48 mesi di ciascun pacchetto: ciò avrebbe richiesto un impegno imponente. Per la prima volta ho sentito parlare delle questioni socio-scientifiche nell'istruzione e di formazione attraverso la scienza, come percorso didattico contrapposto all'usuale insegnamento scientifico per mezzo dell'istruzione. (Holbrook, Rannikmae, 2007)

Clonazione, cellule staminali, OGM, riscaldamento globale, virus, genoma e carburanti alternativi sono concetti conosciuti dalla pubblica opinione e sono argomenti di dibattiti politici. I progressi della scienza medica e della biologica molecolare accoppiati con le sfide ambientali prodotte da una popolazione umana in crescita alimentano l'interesse di questo tipo di problemi. A causa dei ruoli centrali di fattori sia sociali che scientifici in questi dilemmi, sono stati definiti *questioni socio-scientifiche* (socio-scientific issues). (Sadler, 2004)

All'incontro è risultato che i vari coordinatori avevano il supporto di un gruppo di lavoro ed ho avuto la impressione di essere uno dei pochi a non avere precedenti esperienze di lavoro con insegnanti delle scuole medie e superiori. Al ritorno mi sono sentito sopraffatto dall'enorme mole di lavoro che mi aspettava. Dalle notizie ricevute dall'amministrazione della mia università la prospettiva di questo impegno mi è sembrata ancora meno motivante. Dall'amministrazione mi è stato detto che non avrei ricevuto alcun compenso per il mio lavoro nel progetto e, non avendo il supporto di un gruppo di lavoro, avrei dovuto contare unicamente sulle mie forze. Due opzioni erano possibili: ritirarsi dal progetto o accettare la sfida.

Dato l'interesse per ciò che riguarda la didattica e la formazione e l'opportunità di migliorare lo standard di preparazione degli studenti che arrivano nella mia università, ho intrapreso questa avventura. Il primo com-

pito era familiarizzare con la filosofia del progetto per poi adattarlo alla situazione e alle condizioni delle scuole in Italia. I fondamenti del progetto PROFILES sono costituiti dallo sviluppo professionale continuo dei docenti e dal coinvolgimento attivo degli studenti nel processo di apprendimento; le strategie suggerite nella classe sono il ragionamento e l'apprendimento visibile e l'argomentazione socio-scientifica: su queste fondamenta insegnanti motivati possono edificare robuste pratiche di insegnamento.



Figura 4. Il progetto PROFILES in Italia: luoghi con insegnanti coinvolti.

### Pratiche di insegnamento efficaci

Affinché un progetto di sviluppo professionale sia efficace e produca risultati significativi, non è sufficiente mettere insieme alcune idee, magari interessanti, ma è necessario avere un obiettivo chiaro di dove si vorrebbe arrivare. Per migliorare i processi di apprendimento e insegnamento, dobbiamo considerare ciò che la ricerca educativa ha evidenziato. Le persone imparano in molti modi diversi e usano diverse strategie di apprendimento e processi mentali per farlo. In particolare, i bambini e gli adolescenti imparano studiando, osservando, ascoltando, ripetendo, esplorando, sperimentando (facendo), riflettendo, facendo inferenze e ponendo domande. (Bransford et al., 2000; Hattie, Yates, 2014; Ormrod, 2017)

Dalla ricerca sul funzionamento del cervello e dalle sue implicazioni sono stati formulati sette principi utili per la didattica efficace e basati sulle solide fondamenta della scienza cognitiva. Il volume che propone questi principi è stato oggetto di tre recensioni molto lusinghiere. (Brent, Felder, 2011; Nyquist, Jubran, 2012; Criddle, 2016) L'apprendimento viene definito come: “a process that leads to change, which occurs as a result of experience and

increases the potential for improved performance and future learning.” (Ambrose et al., 2010, p. 2) e presentati i sette principi: (Ambrose et al., 2010, pp. 4-6)

- *Students' prior knowledge can help or hinder learning.*
- *How students organize knowledge influences how they learn and apply what they know.*
- *Students' motivation determines, directs, and sustains what they do to learn.*
- *To develop mastery, students must acquire component skills, practice integrating them, and know when to apply what they have learned.*
- *Goal-directed practice coupled with targeted feedback enhances the quality of students' learning.*
- *Students' current level of development interacts with the social, emotional, and intellectual climate of the course to impact learning.*
- *To become self-directed learners, students must learn to monitor and adjust their approaches to learning.*

Questi principi sono indipendenti dalla disciplina e valgono per l'insegnamento di tutte le materie, non solo di quelle scientifiche, e sono anche indipendenti dall'esperienza, sia degli studenti che degli insegnanti e vengono così spiegati in modo sintetico: “... any meaningful piece of knowledge is a chunk formed by an interconnected cluster of neurons, ... The basic distinction between a chunk and other connections is that a chunk is a single entity. It might be a relatively small thing, like the visual image of a ball. Or it might be something quite large like our understanding of what a bird is or what “balls” in general are. We often refer to these larger chunks as concepts. ... Connections can exist between these separate chunks ... The micro-architecture of the brain, our knowledge, is made up of these connections. We interconnect specific information about individual things into larger and larger chunks. We interconnect chunks into associated groupings sometimes called *schema* in the literature. *The building of these connections is basically what school is all about.*” (Shell et al., 2010, pp. 35-36)

L'apprendimento è un evento rimarchevole e comporta una modifica nelle reti neurali del cervello. “As people acquire knowledge, there are significant changes in their brain activity, brain structure, or both that complement the rapid increase in processing speed and effort needed to use the acquired knowledge. ... [Questi cambiamenti suggeriscono] a bidirectional relationship between learning and brain development: Learning promotes brain development, and brain development promotes learning. A number of studies have found that experts in particular disciplines (such as sports or music) have an increase in the density of both gray matter (containing neurons) and white matter (containing neurons' connections to other neurons)

that connect task-related regions of their brains, in comparison with nonexperts. These changes appear to be associated with long-term training.” (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2018, pp. 63-64)

L'apprendimento è connesso alla conoscenza acquisita e su questa viene costruito il nuovo apprendimento: “Learning and knowledge are doubly related. On the one hand, knowledge is the outcome of learning. On the other hand, knowledge is one of the inputs into the learning process. New skills are constructed within the context provided by prior knowledge. This is no less true of technical domains such as mathematics, science, and engineering than of common-sense domains such as cooking and travel planning. ... procedural knowledge forms a closed loop: Problem solving methods generate problem solving steps which, in turn, generate the experiences from which new problem solving methods are induced.” (Ohlsson, 1993, p. 148)

Nel brano precedente viene menzionata la conoscenza procedurale. Dagli studiosi della cognizione sono state definite differenti tipi di conoscenza. “Our working definition of the cognitive goals, which we call “science achievement” when expected of students, involve “knowing that” – *declarative* (factual, conceptual) knowledge. For example, force equals mass times acceleration. Achievement also involves knowing how to do something – *procedural* (step-by-step or condition-action) knowledge. For example, knowing how to measure the density of an object. And we also seek to teach *schematic* knowledge – “knowing why”. For example, schematic knowledge involves knowing why New England has a change of seasons. Finally, we want students to develop *strategic* knowledge – knowledge of when, where and how their knowledge applies, and to check to see if their application of this knowledge is reasonable.” (Shavelson, Ruiz-Primo, Wiley, 2005, p. 414)

Analogamente alla distinzione tra teoria e pratica, è utile conoscere la distinzione tra conoscenza dichiarativa e procedurale e la loro importanza: “Procedural knowledge is prescriptive and use-specific. To a first approximation, it consists of associations between goals, situations, and actions. ... Declarative knowledge, on the other hand, is descriptive (as opposed to prescriptive) and use-independent. To a first approximation, it consists of facts and principles. ... The function of procedural knowledge is to control action; the function of declarative knowledge is to provide generality. Intelligent behavior requires both types of knowledge.” (Ohlsson, 1993, pp. 149-150)

### **Uno studio Delphi sull'insegnamento delle materie scientifiche**

A fondamento del programma di sviluppo professionale dei docenti, è stato raccolto un ampio spettro di punti di vista delle diverse parti interessate

(stakeholder) sullo scopo e sul valore dell'istruzione scientifica. È stato condotto uno studio Delphi sull'insegnamento delle materie scientifiche con l'obiettivo di individuare i principali aspetti dell'educazione scientifica ritenuti rilevanti e pedagogicamente significativi, nonché i concetti, i temi e i metodi che dovrebbero essere trattati e usati per rendere le lezioni più interessanti, per migliorare l'apprendimento e l'insegnamento.

Il metodo Delphi è stato sviluppato da ricercatori della RAND Corporation negli anni '50. Il suo scopo è quello di ottenere un consenso che sia il più affidabile possibile sull'opinione di un gruppo di esperti: "Its object is to obtain the most reliable consensus of opinion of a group of experts. It attempts to achieve this by a series of intensive questionnaires interspersed with controlled opinion feedback." (Dalkey, Helmer, 1963, p. 458).

Per questo studio gli esperti interessati ai risultati scolastici sono stati individuati nelle seguenti categorie: insegnanti, studenti, genitori, professionisti al di fuori della scuola, dirigenti scolastici e politici. Sono stati inviati dei questionari in forma scritta a oltre 600 esperti, chiedendo loro di esprimere la propria opinione rispondendo a queste domande:

1. **Situazione/Contesto e/o Motivo:** *Come dovrebbero essere organizzate le lezioni delle materie scientifiche per stimolare, interessare e appassionare gli studenti alle scienze? Quali **motivazioni e situazioni** potrebbero rendere più interessanti le lezioni?*

2. **Contenuto:** *Quali **contenuti, metodologie e temi** relativi alle materie scientifiche si dovrebbero trattare nelle lezioni?*

3. **Abilità:** *Quali **abilità o competenze** e attitudini sono da sviluppare e migliorare **per istruire** gli studenti nelle materie scientifiche?*

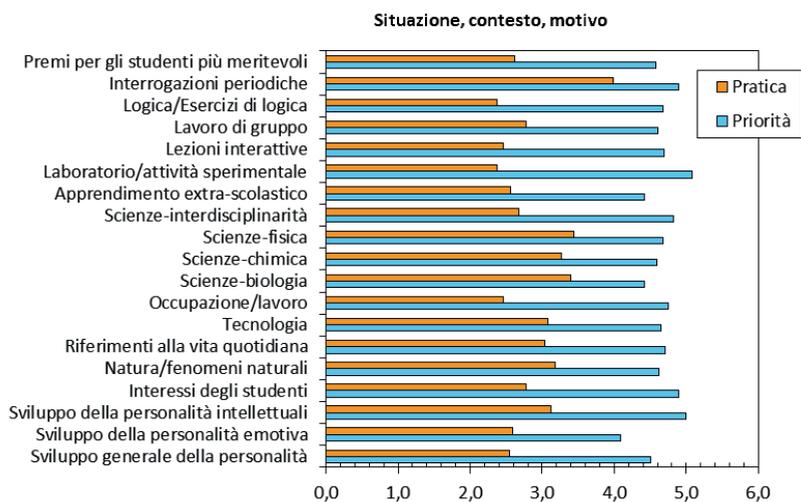
I dati sono stati raccolti in un periodo di tempo di circa 4 mesi. Al questionario hanno risposto 173 partecipanti, così suddivisi: 44 studenti delle scuole superiori; 59 studenti universitari iscritti al primo anno della Facoltà di Ingegneria; 28 insegnanti di materie scientifiche; 42 professori universitari. Dall'elaborazione dei risultati, basata sulle parole chiave e i concetti espressi nelle risposte, è stato possibile evidenziare un quarto aspetto: le **metodologie** ritenute importanti per l'insegnamento e l'apprendimento.

Sono state individuate numerose categorie per ciascuno dei quattro aspetti indagati. Con riferimento al punto 1, "situazione/contesto e/o motivo", sono state individuate in generale 19 categorie; per il punto 2, contenuti/temi e materie specifiche che dovrebbero essere trattati nelle lezioni (42 categorie); abilità e competenze che dovrebbero essere sviluppate negli studenti (19 categorie); infine, metodologie (8 categorie).

Nella seconda fase dello studio, ai partecipanti al primo questionario è stato chiesto di valutare la priorità e la reale applicazione (pratica) degli aspetti ritenuti fondamentali per l'insegnamento delle scienze, individuati nella fase I del presente studio. Calcolando i valori medi dei punteggi (da 1 a

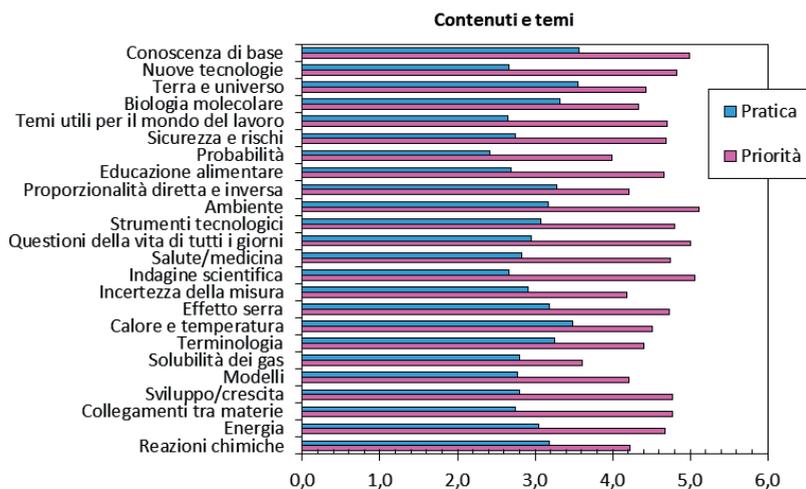
6; 1 = priorità molto bassa/molto poco praticata; 6 = priorità molto alta/molto praticata) assegnati a ciascuna categoria, è stato possibile definire gli aspetti che, secondo l'intero campione degli intervistati, sono in assoluto prioritari unitamente a quelli che dovrebbero essere maggiormente potenziati.

Tra i contesti e situazioni ritenuti importanti per appassionare gli studenti alle scienze, sono state giudicate prioritarie tre categorie: le attività sperimentali, lo sviluppo della personalità intellettuale e la capacità di andare incontro agli interessi degli studenti, incuriosendoli ed appassionandoli (Figura 5). L'importanza riconosciuta a queste categorie non sembra tuttavia trovare un grande riscontro nella pratica. Con riferimento in particolare alla categoria "Laboratorio/attività sperimentale" il divario tra priorità e pratica è tra i maggiori (pari a 2,7), denotando una evidente carenza di uno degli strumenti potenzialmente più efficaci per appassionare gli studenti allo studio delle scienze.



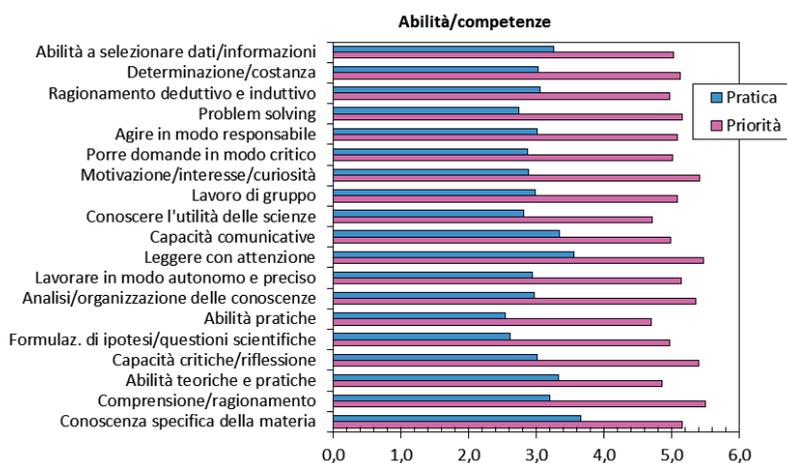
**Figura 5.** Situazione, contesto, motivo; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

Tra i contenuti e temi che dovrebbero essere trattati nelle lezioni, è stata confermata l'importanza di due categorie, già riconosciute come prioritarie nella prima fase dello studio: la conoscenza di base e i collegamenti con questioni della vita di tutti i giorni, ma in quest'ultimo caso il divario rispetto alla "pratica" è ben più marcato (Figura 6). Inoltre, in Figura 5 si può osservare come anche l'indagine scientifica, che rientra tra i primi cinque contenuti prioritari, trovi in effetti poco spazio nelle realtà scolastiche italiane.



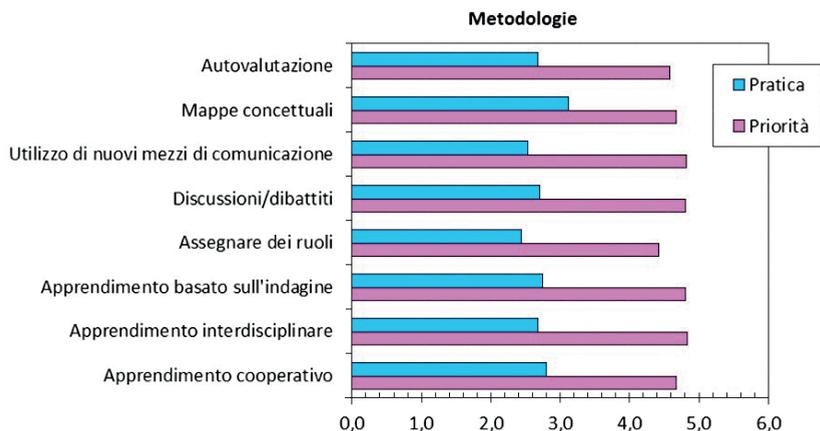
**Figura 6.** Contenuti e temi; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

Passando ad analizzare l'aspetto delle abilità e delle competenze (Figura 7) la categoria più penalizzata, in termini di differenza tra priorità e pratica, risulta essere quella della "motivazione/interesse/curiosità". L'importanza di tale categoria, infatti, è elevata (il valore medio delle valutazioni risulta fra i più alti e pari a 5,4), ma gli intervistati ritengono che non rientri tra le abilità maggiormente sviluppate dalla scuola. Uno degli obiettivi del progetto PROFILES è proprio quello di motivare gli studenti e di incuriosirli, portandoli a ragionare in modo autonomo e critico.



**Figura 7.** Abilità e competenze; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

Infine, per quanto riguarda le metodologie, in Figura 8 si può osservare come tutte le categorie sottoposte agli intervistati siano considerate fondamentali, ma non sufficientemente applicate; in particolare, si dovrebbe dare più spazio all'utilizzo di nuovi mezzi di comunicazione, alle discussioni/dibattiti e all'apprendimento interdisciplinare, ad oggi poco presenti.



**Figura 8.** Metodologie; confronto tra priorità e pratica delle diverse categorie individuate nella prima fase dello studio Delphi (in ascissa sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dai partecipanti).

Successivamente, tra tutte le risposte individuate nella prima fase dello studio e per ognuno dei quattro aspetti oggetto dell'indagine, ciascun partecipante ha selezionato le cinque categorie ritenute più importanti. In fase di elaborazione dei dati, tramite la tecnica del clustering gerarchico, è stato tracciato il relativo dendrogramma e sono stati individuati, in ordine di importanza, tre cluster, che racchiudono le diverse categorie. A ciascun cluster è stato associato un diverso concetto che, secondo i partecipanti, dovrebbe essere alla base dell'educazione scientifica attuale. In seguito, è stato chiesto agli intervistati di esprimere il proprio parere circa la "priorità" e la "pratica" di ciascuno dei tre concetti, distinguendo in particolare tra quattro diversi livelli di istruzione: scuola materna, scuola elementare, scuola media e scuola superiore.

### **Clustering gerarchico e concetti di base nell'insegnamento delle scienze**

Ai partecipanti è stato chiesto non solo di esprimere la propria opinione sulle singole categorie individuate nella prima fase dello studio, ma anche di selezionare e raggruppare quelle di maggiore interesse. Le risposte fornite sono state successivamente elaborate tramite la tecnica del clustering gerar-

chico, che ha permesso di individuare tre cluster ai quali sono stati associati altrettanti concetti, ciascuno espressione di un diverso approccio di apprendimento e insegnamento scientifico:

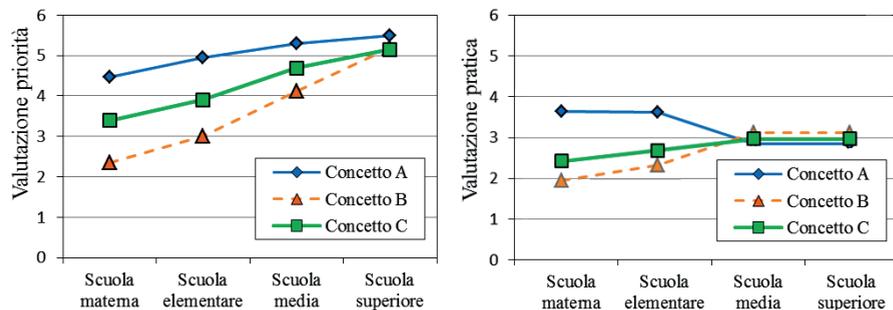
**Concetto A.** *Catturare l'interesse degli studenti, favorire l'interazione tra i ragazzi e migliorare le loro capacità comunicative.* Questo concetto comprende molti aspetti e temi volti ad incrementare l'interesse e la curiosità degli studenti. Si sottolinea come lo studente dovrebbe innanzitutto acquisire le conoscenze di base della materia, per poi essere in grado di rielaborare in modo critico le informazioni. Inoltre, le lezioni interattive e il miglioramento delle capacità comunicative aiutano a promuovere lo sviluppo della personalità emotiva.

**Concetto B.** *Sviluppo della personalità intellettuale, tramite riferimenti alla ricerca scientifica attuale, alla tecnologia e alle possibilità di occupazione.* Si pone l'accento principalmente nello sviluppo tecnologico e nella ricerca scientifica attuale. La motivazione e la determinazione hanno un ruolo fondamentale, così come l'impegno e la capacità di lavorare in modo autonomo. Le discussioni e i dibattiti inoltre aiutano ad incoraggiare la curiosità e l'interesse degli studenti.

**Concetto C.** *Sviluppo generale della personalità, attraverso aspetti metodologici innovativi che promuovono l'apprendimento delle scienze basato sull'indagine.* Questo concetto si riferisce principalmente ai diversi aspetti metodologici che possono essere utilizzati per incoraggiare l'apprendimento basato sull'indagine. L'apprendimento cooperativo, le mappe concettuali e il problem solving favoriscono lo sviluppo della personalità e della capacità di ragionamento degli studenti. Deve essere promosso anche un approccio interdisciplinare. Si sottolinea inoltre come l'attività sperimentale, i riferimenti alla vita quotidiana e il lavoro di squadra siano molto importanti per aumentare l'interesse degli studenti nelle materie scientifiche e migliorare il loro apprendimento.

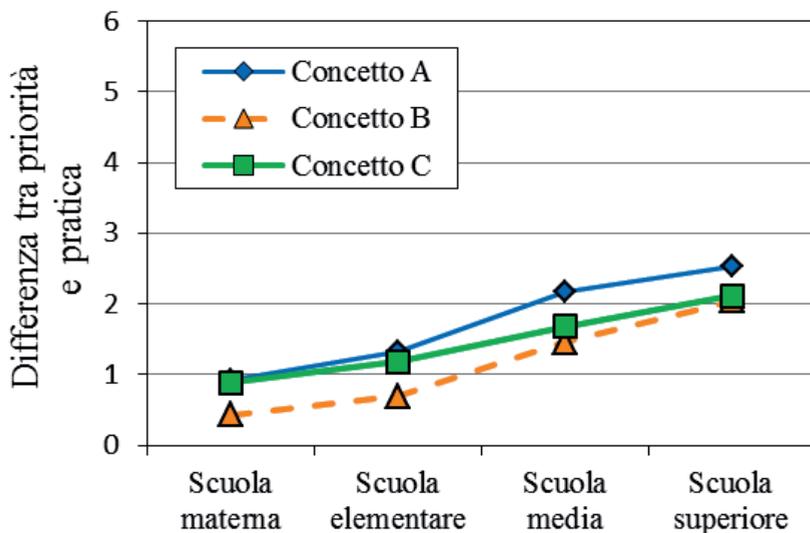
Analogamente a quanto fatto per ogni singola categoria con il secondo questionario, con il terzo questionario (Questionario 1, riportato in Appendice) è stato chiesto ai partecipanti di assegnare un punteggio, in una scala da 1 a 6, ad ognuno dei tre concetti, sia con riferimento alla "priorità" che alla "pratica". I dati sono stati elaborati statisticamente utilizzando il Test dei ranghi di Wilcoxon e il Test di Mann-Whitney. Nella Figura 9 sono riportati i valori medi delle valutazioni fornite dall'intero campione, suddivisi a seconda del livello di istruzione (scuola materna, scuola elementare, scuola

media, scuola superiore).



**Figura 9.** Priorità e applicazione dei tre diversi approcci di insegnamento al variare del livello di istruzione.

I risultati mostrano che l'importanza di ciascun concetto aumenta con il grado di istruzione. I due concetti giudicati più importanti sono, in generale, i concetti A e C, soprattutto nelle scuole materna ed elementare, in cui si reputa fondamentale catturare l'interesse degli studenti e avvicinarli ad un tipo di apprendimento basato sull'indagine. Con riferimento alle scuole medie e superiori tutti e tre i concetti sono ritenuti egualmente rilevanti, tuttavia non sono sufficientemente applicati (la valutazione media per la "pratica" è pari a 3) e la differenza fra priorità e reale applicazione è elevata (Figura 10).



**Figura 10.** Differenza tra priorità e pratica dei tre diversi approcci di insegnamento al variare del livello di istruzione.

Questo studio, anche se condotto su un campione poco rappresentativo, ha permesso di indagare i principali aspetti e metodologie ritenuti importanti per migliorare l'educazione scientifica. Sembra che gli approcci ritenuti più efficaci siano in realtà poco diffusi nell'attuale panorama scolastico, specialmente nelle scuole medie e superiori. Gli studenti infatti dovrebbero essere motivati e incuriositi trattando tematiche di loro interesse. I collegamenti a questioni socio-scientifiche e i riferimenti alla vita quotidiana aiutano a rendere l'apprendimento più significativo. Così aumenta la probabilità che gli studenti possano imparare a rielaborare le informazioni in modo critico e a risolvere autonomamente i problemi.

### **Il programma di sviluppo professionale**

Ai primi insegnanti partecipanti nel progetto è stato proposto un questionario sui loro bisogni rispetto agli argomenti da svolgere nel programma di sviluppo professionale. Il questionario era composto da 35 domande; per ciascuna domanda erano possibili 4 risposte, rispetto alla propria confidenza e 4 risposte, rispetto all'enfasi che un certo aspetto ricevesse nel programma di sviluppo professionale. Le 35 domande erano così suddivise: 3 riguardavano la natura della scienza; 3 l'alfabetizzazione scientifica e tecnologica; 3 gli scopi della didattica e della formazione scientifica; 3 la didattica scientifica basata sull'indagine; 6 l'ambiente scolastico di apprendimento; 4 la motivazione degli studenti; altre 4 riguardavano la valutazione; 4 le teorie sulla didattica e le ultime 5 riguardavano la riflessione su sé stessi. (Bianchini et al., 2018, pp. 88-89)

Dai dati risultanti dall'elaborazione dei 16 questionari e dalla discussione con alcuni insegnanti è stato deciso di focalizzare il programma di sviluppo professionale su tre argomenti principali: la cooperative learning (Cardellini, Felder, 1999), l'uso delle mappe concettuali (Novak, Cardellini, 2004) e il problem solving (Cardellini, Tsaparlis, 1998). Negli incontri venivano presentati gli argomenti teorici ai quali seguivano workshop applicativi e discussioni. Ai partecipanti veniva fornito materiale per approfondire gli argomenti trattati.

Sono stati resi disponibili 54 moduli in inglese, realizzati nell'ambito del progetto PARSEL (2006; Popularity and Relevance of Science Education for Science Literacy;

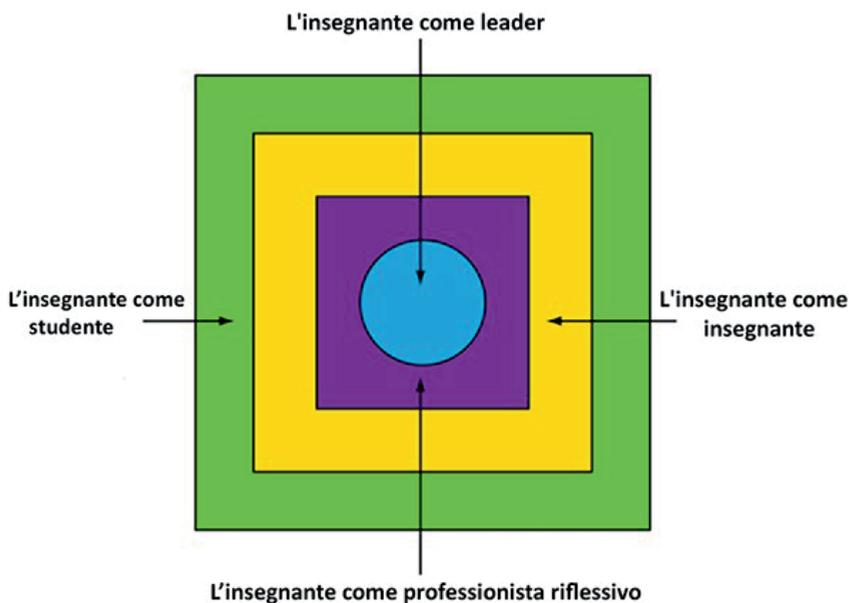
<http://icaseonline.net/parsel/www.parsel.uni-kiel.de/cms/indexe435.html?id=home>).

I moduli riguardavano gli insegnamenti di: Biologia (5 moduli); Chimica (16 moduli); Fisica (6 moduli); Matematica (6 moduli); Scienze (14 moduli) e 7 moduli sono interdisciplinari. Alcuni di questi moduli sono stati tradotti in italiano (<https://www.profiles.univpm.it/node/8>). Biologia (La macchina della verità; Lara (16 anni) è incinta); Chimica (Qual è il sapone migliore;

Usiamo troppa plastica?); Fisica (Incidente stradale); Matematica (La campagna pubblicitaria); Scienze (Usiamo troppa plastica?); Interdisciplinare (Dolciumi: che buoni!); Scuola media (Il terreno e la coltivazione delle piante; Il ghiaccio nel mio bicchiere).

Nello svolgersi del progetto, molto materiale è stato prodotto dagli studenti con i loro insegnanti e sul sito sono stati riportati soltanto i moduli che sono stati sviluppati in accordo con la struttura dei moduli PROFILES (<https://www.profiles.univpm.it/node/23>): Biologia ... che pizza!; Chimica ... che pizza!; Quanti mi costi!; Bis ... cotti e mangiati!; Il problema di Giovanni; Estrazione del DNA; Learning a Second Language in a Meaningful Way; I modelli femminili nella Roma arcaica; Ossa: A chi appartiene questo scheletro? CSI (Crime Scene Investigation) in classe; La topologia dei nodi.

Il programma di sviluppo professionale non si limitava ad alcuni incontri, ma voleva essere un programma a lungo termine per incoraggiare gli insegnanti a diventare dei leader; insegnanti con una forte componente professionale e con una aumentata auto-efficacia nel coinvolgere attivamente gli studenti e capaci di sviluppare proprie innovazioni didattiche. Queste idee sono schematizzate nella Figura 11.



**Figura 11.** Implementazione delle quattro fasi interconnesse di un programma di sviluppo professionale continuo e a lungo termine.

### **Apprendimento cooperativo**

In diversi modi gli insegnanti sono venuti a conoscenza del progetto PROFILES: dal passaparola tra colleghi alla partecipazione alle conferenze con nomi importanti della didattica internazionale. Nella maggioranza dei casi però, nel modo che segue. Il progetto veniva prima presentato al/alla dirigente, che sempre acconsentiva alla presentazione del progetto a tutti i docenti nella prima riunione in programma (in cui vengono solitamente trattati problemi e novità burocratiche). Nomi e recapiti degli insegnanti interessati venivano raccolti e per alcuni, l'avventura aveva inizio.

Dobbiamo riconoscere che lo scarso interesse verso le materie scientifiche – compresa la chimica – non è dovuto ad una insufficienza cognitiva degli studenti, ma alla loro mancanza di interesse. Ecco perché il coinvolgimento attivo degli studenti nel processo di apprendimento è uno degli scopi qualificanti del progetto. Il lavoro per gruppi cooperativi è un concetto familiare per tutti gli insegnanti coinvolti in questo progetto. La pratica di divertirsi in gruppo, anche online, per giocare, scambiarsi compiti, ecc. è utilizzata dagli studenti; dovrebbe essere una pratica didattica naturale, ma così non è. Lavorare secondo il metodo cooperativo richiede un procedimento strutturato ed è conveniente l'utilizzo dei ruoli.

Non tutte le esperienze che gli studenti fanno in gruppo possono essere considerate cooperative learning; come pure studenti seduti attorno ad un tavolo che studiano insieme, oppure un'attività di gruppo in cui solo alcuni studenti fanno il lavoro e gli altri copiano, o gruppi di studenti che bisticciano a causa di conflitti che li dividono. Un esercizio di apprendimento in gruppo si qualifica come attività cooperativa se sono presenti i seguenti cinque elementi: (1) Positiva interdipendenza; (2) Responsabilità individuale; (3) Interazione faccia a faccia; (4) Uso appropriato delle abilità nella collaborazione e (5) Valutazione periodica del lavoro di gruppo. (Cardellini, Felder, 1999, p. 19)

Esperienze con il lavoro di gruppo sono importanti anche nel mondo del lavoro: un importante sito web per l'impiego per studenti universitari elenca il lavoro in team come una delle "abilità speciali" richieste per i dirigenti. (Galanes, Adams, 2019, p. 5) L'apprendimento cooperativo è un metodo di istruzione nel quale gli studenti lavorano insieme in gruppi, con lo scopo di assolvere un compito specifico e che produce significativi miglioramenti: "There is a large body of research literature that provides substantial evidence of the effectiveness of cooperative learning as a pedagogical practice that promotes socialization and learning in students with diverse learning and adjustment needs across different age levels." (Gillies, Ashman, Terwel, 2008, p. 258)

Tra i vantaggi del lavoro in gruppo possiamo elencare: le abilità interpersonali; le abilità nella comunicazione; migliora l'autostima e diminuisce il

livello di ansia (meno enfasi sulla competizione); la comprensione dell'ambiente professionale; la frequenza in classe; migliora le relazioni tra gli studenti; maggiori capacità di ragionare. Altri vantaggi: è un tipo di apprendimento attivo ed interattivo, gli studenti sperimentano e apprendono strategie alternative, i gruppi, a differenza degli individui, davanti alle difficoltà spesso non si arrendono, maggiori e migliori domande in classe da parte degli studenti, elaborazione e ripetizione cognitiva; gli studenti, come noi insegnanti, imparano meglio insegnando. Inoltre, funziona bene con gli approcci che utilizzano l'indagine e il costruttivismo, promuove lo sviluppo sociale, la crescita umana e cognitiva degli studenti, assiste nell'avere la disciplina in classe, migliora l'attitudine verso la materia e la motivazione ad impararla.

Ma usare questo metodo in classe richiede la sua padronanza e rappresenta spesso una sfida "is a challenge that many teachers find difficult to accomplish. Difficulties may occur because teachers often do not have a clear understanding about how to establish effective cooperative groups, the research and theoretical perspectives that have informed this approach, and how they can translate this information into practical classrooms applications." (Gillies, Ashman, Terwel, 2008, p. 2)

Questo metodo viene usato con una efficacia variabile poiché costituisce una novità e richiede dei cambiamenti rispetto alla lezione tradizionale. Inoltre, le situazioni in cui viene applicato sono molto varie: esperienze in laboratorio; richiamare alla memoria il materiale già spiegato; formulare una domanda; spiegare perché un risultato dato può essere sbagliato; rispondere ad una domanda; pensare ad un esempio o a un'applicazione. Ma ci sono situazioni che hanno obiettivi cognitivi impegnativi, come fare il passaggio successivo in una dimostrazione, iniziare a risolvere un problema su un nuovo argomento, attività di brainstorming, ecc. Tutte queste attività richiedono una sicura gestione della classe da parte dell'insegnante.

La gestione comporta una corretta scansione del tempo, il porre domande e compiti adatti al livello cognitivo della maggior parte degli studenti e in armonia con il proprio bagaglio di esperienza acquisita nel metodo, la valorizzazione dei ruoli, la formazione dei gruppi. Il metodo è utile anche per indurre processi cognitivi di ordine superiore, ad esempio nel problem solving. Gli studenti possono imparare gli uni dagli altri in molti modi: dando e ricevendo aiuto, riconoscendo e risolvendo le contraddizioni tra il proprio modo di ragionare e quello altrui, interiorizzando processi e strategie di problem solving che emergono durante il lavoro di gruppo.

Per meglio comprendere la funzione dell'insegnante in questo contesto, viene riportato uno studio sulla soluzione da parte di gruppi cooperativi di età corrispondente alla seconda classe della scuola superiore di primo grado del seguente problema: "*Find the cost of a 30-minute telephone call to*

*prefix 771 where the first minute costs \$0.22 and each additional minute costs \$0.13.*" (Webb, Farivar, Mastergeorge, 2002, p. 14) Per quanto riguarda gli scambi tra studenti, si va dal "ti faccio copiare quando ho finito" nei gruppi a bassa interazione a scambi di alto livello cognitivo per dare aiuto nei gruppi che comprendono l'importanza del lavorare insieme.

Importante è il ruolo dell'insegnante e le sue responsabilità. "The importance of having students understand how to solve the problems was a recurring and explicit theme in the activities that students carried out during the preparation for group work, the conduct of group work itself, and in the teacher's instructions to the class. ... teachers can structure the task in ways that support learning and understanding. Making understanding the goal of group work is a key element. teachers should model desired behaviors in their interactions with the whole class and with small groups. ... could explicitly address the misconceptions underlying students' errors, trying to discover the basis for them, and providing appropriate explanations." (Webb, Farivar, Mastergeorge, 2002, p. 18)

Considerando il problema del costo, invece di limitarsi a correggere errori ("the first one is 19 cents and then what?" or "and then you have to multiply 12 times what?" or "they cost 12 cents each, so how much is that?"), l'insegnante dovrebbe spiegare le basi concettuali per le procedure, come spiegare la struttura della telefonata con costi separati per il primo minuto e i minuti aggiuntivi e di conseguenza la necessità di separare il tempo della chiamata in due gruppi di minuti. Inoltre, gli insegnanti devono monitorare attivamente il lavoro di gruppo. Certamente assicurarsi che gli studenti lavorino insieme e non escludano nessuno, siano cooperativi e disposti a dare aiuto se richiesto, disposti a chiedere aiuto ai loro compagni nel team e fornire spiegazioni anziché risposte. (Webb, Farivar, Mastergeorge, 2002, pp. 18-19)

### **Mappe concettuali**

Esiste una grande differenza nell'organizzazione della conoscenza tra esperti e studenti: mentre quella degli studenti è frastagliata e spesso formata da isole, quella degli esperti è strutturata e organizzata in efficienti schemi. Infatti, "Experts have a vast repertoire of knowledge that is relevant to their domain or discipline, but only a subset of that knowledge is relevant to any particular problem. Experts do not have to search through everything they know in order to find what is relevant." (Bransford et al., 2000, p. 42)

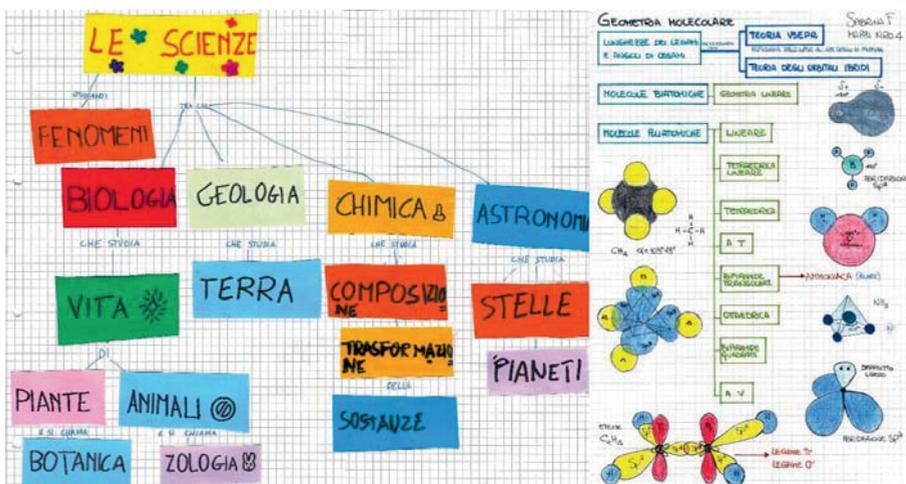
L'organizzazione della conoscenza è importante perché "*How students organize knowledge influences how they learn and apply what they know*" (Ambrose et al., 2010, p. 4) Infatti, "A challenge in curriculum design and teaching is to enhance students' ability to organize information in a way that makes it available for recall in response to an appropriate context, and with

sufficient generality to be applied in new situations (e.g., critical thinking and problem solving). Increasing emphasis in modern society is placed on enhancing public literacy of major ideas in the disciplines, especially an ability to explain our thoughts and to mobilize arguments to support well-reasoned positions.” (Anderson, 2011, p. 45) Uno strumento utile e conosciuto può essere le mappe concettuali, che hanno il potenziale per il miglioramento dell'apprendimento e dell'insegnamento della chimica e delle scienze. (Novak, Gowin, 1984)

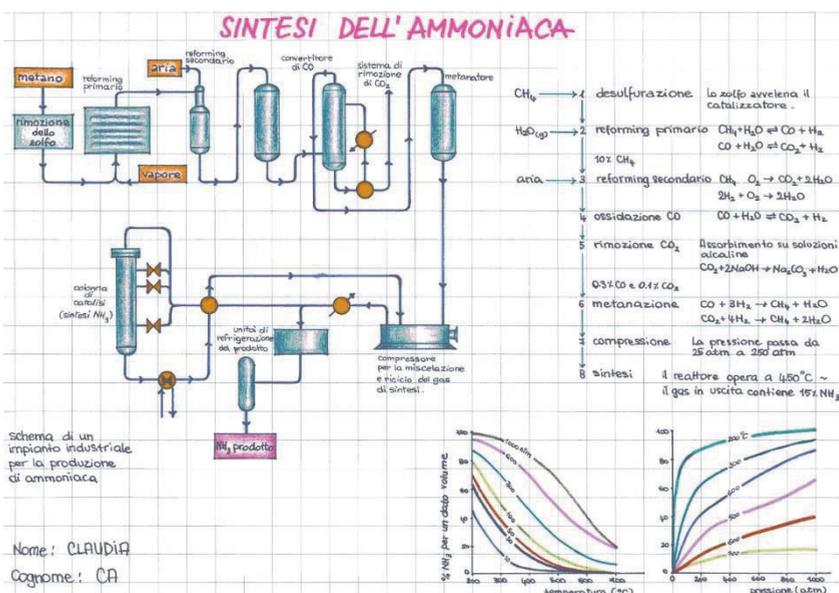
Le mappe concettuali “sono integrate nei sei principi che Novak propone per l'insegnamento e l'apprendimento: (1) gli studenti dovrebbero essere motivati a imparare ... altrimenti non ci sarà alcun apprendimento; (2) gli insegnanti dovrebbero far emergere e attivare le conoscenze pregresse degli studenti, che si tratti di concettualizzazioni corrette o meno; (3) i docenti dovrebbero *organizzare* le conoscenze concettuali che intendono insegnare; (4) i docenti dovrebbero organizzare il contesto educativo in modo da favorire l'apprendimento; (5) i docenti devono essere consapevoli e sensibili verso le conoscenze e le emozioni dei loro studenti; (6) gli insegnanti dovrebbero valutare continuamente le acquisizioni degli studenti allo scopo di orientare opportunamente la didattica e l'apprendimento e motivare gli studenti.” (Shavelson, 2013, p. 11)

Cosa si intende per mappa concettuale? Essenzialmente, una relazione gerarchica tra concetti. “A concept map is a structural representation consisting of nodes and labelled lines. The nodes correspond to important terms (standing for concepts) in the domain. The lines denote a relation between a pair of concepts (nodes), and the label on the line tells how the two concepts are related. The combination of two nodes and a labelled line is called a proposition. A proposition is the basic unit of meaning in a concept map and the smallest unit that can be used to judge the validity of the relation (line) drawn between two concepts.” (Ruiz-Primo, Shavelson, 1996, p. 570) Cosa si intende per concetto? “The fundamental unit of symbolic knowledge ... is the **concept**—an idea about something that provides a means of understanding the world.” (Sternberg, Sternberg, 2012, p. 322)

Le mappe concettuali dovrebbero quindi rappresentare alcuni aspetti importanti della conoscenza dichiarativa di uno studente in un certo argomento di una certa materia (ad es. Chimica, Biologia, Fisica, Matematica, Latino, ecc.), come è strutturata nella propria mente. Nelle Figure 12 e 13 vengono riportati alcuni esempi di mappe concettuali fatte da studenti.



**Figura 12.** Le mappe concettuali sono utili per tutti gli studenti di ogni ordine e grado.



**Figura 13.** Mappa concettuale sulla sintesi industriale dell'ammoniaca.

Queste mappe si prestano per alcune considerazioni. La mappa “Le scienze” fatta da allievi di quarta elementare che lavoravano in gruppo, riporta una serie di concetti associati, con una certa gerarchia e collegati con delle preposizioni significative. È una mappa ‘dinamica’ in cui i concetti

sono riportati in forma mobile, per poter essere spostati all'occorrenza. Le altre due mappe riportano dei concetti, con esempi, numerose figure e diagrammi e uno schema di un impianto industriale per la sintesi dell' $\text{NH}_3$ , con le reazioni e le condizioni operative. Anche queste rappresentazioni sono schemi concettuali utili per l'autore: la conoscenza viene costruita e memorizzata in modo idiosincratico da ogni individuo.

Come è stato notato, "the same set of concepts can be represented in two or more valid hierarchies. Although we do not understand the specific mechanisms operating in the brain that allow us to store information, it is clear that the neural networks that become established are complex, with many cross connections between functioning brain cells. These networks may account in part for the alternative patterns of meanings available to us when we employ stored concepts to perceive meanings." (Novak, Gowin, 1984, p. 17)

In questi ultimi anni viene studiato il processo cognitivo derivante dal ritrovamento e dalla ricostruzione di informazioni e della conoscenza dalla memoria e questo processo ripetuto produce apprendimento significativo. (Karpicke, 2012) Secondo alcuni dati quantitativi derivanti da uno studio, questo processo cognitivo risulta essere più efficace delle mappe concettuali. (Karpicke, Blunt, 2011)

### **Problem solving**

L'importanza del problem solving nell'acquisizione di capacità cognitive di ordine elevato non deve essere sottovalutata. Lavorare sulla soluzione dei problemi, potenzialmente permette di sviluppare sia la comprensione concettuale che le abilità procedurali: "In understanding procedural knowledge we start with problem solving because it seems that all cognitive activities are fundamentally problem solving in nature." (Anderson, 1995, p. 237) Inoltre, "... problem solving is the most authentic and therefore the most relevant learning activity that students can engage in. ... research has shown that knowledge constructed in the context of solving problems is better comprehended, retained, and therefore more transferable. ... problem solving requires intentional learning. ... Therefore, the primary purpose of education should be to engage and support learning to solve problems." (Jonassen, 2011, pp. xvii-xviii)

Diversi studiosi ritengono il problem solving essere l'attività centrale della cognizione umana: "It is peculiar that causal inference does not get more play in mainstream cognitive psychology because it has to be one of the key organizing constructs of human cognition. It is central to problem solving, and some of us (Anderson, Newell, Tolman) see problem solving as particularly central to human cognition." (Anderson, 1990, p. 150)

Diverse abilità e variabili cognitive vengono attivate nella risoluzione di

un problema: “One of the important factors that affect problem solving is the relevant knowledge of basic scientific definitions and principles that exist in the problem solver’s mind. ... Another important factor that affects problem solving is the integrating and assimilating (subsuming) effects of the cognitive structure. ... meaningful learning involves effective linking between new knowledge and existing cognitive structure. Three aspects of linkage are important in learning processes in science. These include: (1) internal linkage in a cognitive structure; (2) activation of a particular part of cognitive structure for learning; and (3) external linkage between an existing cognitive structure and the new learning content.” (Lee et al., 1996, p. 693)

Dagli studi sulle difficoltà degli studenti nella soluzione dei problemi si possono trarre utili insegnamenti per rendere il processo un evento significativo. Spesso si ricorre all’uso delle formule o di algoritmi risolutivi senza comprendere il significato concettuale richiesto: “Sue views her primary task in the educational system as memorizing rules and algorithms. She must then practice those rules until she can apply them flawlessly. ... she does not associate the symbols and numerical answers that she generates with real objects and events. She applied rules correctly when the context of the application was clear from the problem statement. However, when problems required the integration of algebra, chemistry, and reasoning, she was unsuccessful.” (Herron, Greenbowe, 1986, p. 530)

Non è possibile risolvere con successo i problemi in modo significativo se non si possiedono le abilità necessarie e la conoscenza concettuale: “problem solving could be made more meaningful and students might become more successful if problems were presented in such a way that students could see the relationship between the problem, the phenomena on which the problem is based and the microscopic representation of that phenomena.” (Gabel, Bunce, 1994, p. 320)

Un modo efficace e potente di apprendere e ragionare è il ricorso al ragionamento analogico: si tratta di un processo mentale complesso che può essere decomposto e meglio compreso in una serie successiva di step. “one or more relevant analogs stored in long-term memory must be *accessed*. A familiar analog must be *mapped* to the target analog to identify systematic correspondences between the two, thereby aligning the corresponding parts of each analog. The resulting mapping allows analogical *inferences* to be made about the target analog, thus creating new knowledge to fill gaps in understanding. These inferences need to be evaluated and possibly *adapted* to fit the unique requirements of the target. Finally, in the aftermath of analogical reasoning, *learning* can result in the generation of new categories and schemas, the addition of new instances to memory, and new understandings of old instances and schemas that allow them to be accessed better in the future.” (Gentner, Holyoak, Kokinov, 2001, pp. 9-10)

Esiste una differenza profonda tra ciò che la sfida cognitiva del problema propone e la soluzione di un esercizio. Un esercizio è quando le informazioni disponibili del compito affrontato sono complete, il metodo è conosciuto e lo scopo è definito. (Johnstone, 1993, p. v) Esiste un problema “Whenever there is a gap between where you are now and where you want to be, and you don't know how to find a way to cross the gap, you have a problem.” (Hayes, 1989, p. xii) Un'utile definizione di problem solving è la seguente: “A strategy used to apply all previously acquired knowledge and experience to new situations and challenges.” (Collins III, O'Brien, 2011, p. 369) Si può parlare di problem solving se si verificano due condizioni: 1) c'è un gap tra dove si è e dove si vuole arrivare; 2) non è immediatamente evidente il processo che permette di risolvere il problema. Questa attività si esplica al meglio in base alle conoscenze ed esperienze precedentemente acquisite in modo significativo.

La soluzione riflessiva dei problemi è una delle attività importanti nelle scuole elementari; ad esempio un compito in una classe seconda che segue il metodo Montessori: “*Nel problema elimina i dati inutili, trascrivi quelli utili, poi risolvi. Sara ha comprato due scatole di matite colorate e 3 quaderni. Ogni scatola contiene 5 matite colorate. Quante matite colorate ha comprato in tutto Sara? Nel seguito: Dati; Operazione; Risposta.*” L'operazione di eliminare i dati inutili e quella di suddividere il processo risolutivo in più step (Dati, Operazione, Risposta) sono utili anche per ridurre il carico cognitivo della memoria di lavoro, il che permette una capacità maggiore di elaborare le informazioni.

### **Questionario sull'autoefficacia**

Nel 2014, verso la fine del progetto è stato proposto agli insegnanti maggiormente coinvolti un questionario sull'autoefficacia. L'autoefficacia (Self-efficacy) è la convinzione di ciò che si è in grado di fare e non è la stessa cosa che sapere cosa fare. Una definizione: “*Self-efficacy ... refers to perceived capabilities to learn or perform behaviors at designated levels. Self-efficacy is a cognitive belief.*” (Schunk, 2012, p. 58) Il questionario che consiste di 20 affermazioni è stato progettato per misurare quattro variabili: efficacia nel coinvolgimento degli studenti; efficacia nelle strategie didattiche; efficacia nell'insegnamento basato sull'inquiry ed efficacia nelle strategie PROFILES. Le risposte alla domanda “Quanto riesce a fare?” prevedevano una scala Likert a 9 alternative di risposta (1 = niente; 9 = molto).

Il questionario è stato inviato a oltre 400 insegnanti considerati tra quelli più vicini alla filosofia del progetto e 34 insegnanti hanno restituito il questionario compilato; l'autovalutazione ha prodotto un punteggio per la quattro variabili compreso tra 7,15 e 7,46. Forse non si è abituati a valutare

il proprio impatto nella classe e il proprio insegnamento. Inoltre, non essendo anonimo è imbarazzante dover far conoscere questa autovalutazione. Conoscendo il valore di questi insegnanti, il punteggio è stato dato 'con manica stretta'.

### **Interesse e motivazione**

Interesse e motivazione sono variabili psicologiche che non si possono misurare direttamente, ma che sono intimamente connesse con l'apprendimento perché in molte maniere lo influenzano. La motivazione è un processo in cui iniziano e vengono sostenute le attività dirette verso degli obiettivi: "*Motivation is the process of instigating and sustaining goal-directed behavior. This is a cognitive definition because it postulates that learners set goals and employ cognitive processes (e.g., planning, monitoring) and behaviors (e.g., persistence, effort) to attain their goals.*" (Schunk, 2012, p. 346)

Molte variabili e fattori influenzano la motivazione; è stato fatto cenno alla rilevanza del materiale. Certamente i genitori, l'ambiente sociale e la cultura della scuola, amici e compagni di scuola, l'ambiente di apprendimento e il rapporto emotivo con gli insegnanti. In molti casi gioca un ruolo importante la concezione della propria abilità: "*Children's conceptions of ability play a pivotal role in their achievement motivation. During grade school and middle school, critical changes take place in these conceptions and their influence on achievement motivation. It is during this time that children come to fully understand the idea of ability as a potentially stable trait of the self; to reason fluently about the relations among intellectual ability, effort, and performance; and, perhaps most important, to show a coherent relation both among their achievement beliefs and between their ability beliefs and their motivation. As these conceptions develop, children become more concerned about their ability and more sensitive to evaluation, especially negative evaluation.*" (Dweck, 2002, p. 57)

Per invogliare l'impegno nella classe, la dimensione affettiva dovrebbe essere inclusa tra gli obiettivi dell'insegnamento: "*We believe that the goals of teaching and learning science include knowledge (cognition), emotion and motivation.*" (Shavelson, Ruiz-Primo, Wiley, 2005, p. 414) L'interesse ingloba sia la dimensione affettiva che quella motivazionale; infatti, "*interest ... has both an affective and a cognitive component. ... In recognizing the strong affective component of interest, many researchers went as far as arguing that interest is a basic emotion. ... An additional important aspect of considering emotions/affect to be an essential component of interest is that it allows the integration of psychological and neuroscientific approaches.*" (Hidi, 2006, p. 71)

Curiosità ed interesse sono altri fattori motivanti che permettono di rag-

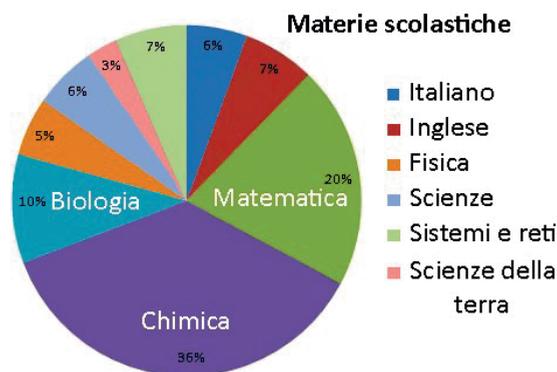
giungere prestazioni migliori. Risulta che la combinazione di curiosità e impegno può essere altrettanto influente sul rendimento scolastico al pari dell'intelligenza. "Curiosity and interest can function as motivators in academic settings either directly or indirectly. ... when individuals become curious, they are more motivated to seek unknown information. This motivation to gain information is so powerful that even young infants are known to engage in exploration when faced with unexpected situations. ... even though intelligence is the strongest predictor of academic performance, the combination of curiosity and effort can be just as influential. ... Like curiosity, interest has been found to motivate learners and to eventually result in better performance." (Shin et al., 2019, p. 450)

La motivazione degli studenti è stata definita come "a student's tendency to find academic activities meaningful and worthwhile and to try to get the intended learning benefits from them." (Brophy, 2004, p. 249) Gli aspetti motivazionali sono fondamentali nel progetto PROFILES e per questo molte energie sono state spese per realizzare uno studio della motivazione e dei guadagni degli studenti; questo studio è stato pianificato dopo l'incontro del consorzio PROFILES in Porto (ottobre 2013) e svolto in due tempi: all'inizio e alla fine dell'anno scolastico.

Lo strumento utilizzato è stato il questionario MoLE (Motivational Learning Environment; Bolte, 2006). Si compone (Questionario 2, in Appendice) di 14 affermazioni e considera sette importanti dimensioni del coinvolgimento degli studenti: comprensione della materia / requisiti; il contenuto della materia; opportunità di partecipazione; soddisfazione personale; rilevanza della materia; cooperazione nella classe, impegno richiesto e disponibilità individuale a partecipare (Bolte et al., 2013, p. 75).

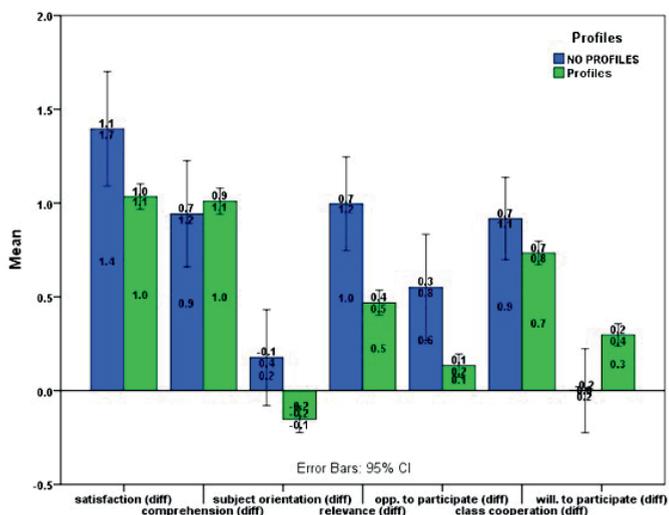
Il numero totale di questionari raccolti è stato di 2.344; 1.913 al primo round (che ha coinvolto 91 classi: 1771 studenti (ss) PROFILES; 142 ss non PROFILES) e 431 alla fine dell'anno scolastico (23 classi). Il numero inferiore di questionari alla fine dell'anno scolastico è dovuto all'impegno degli insegnanti nelle interrogazioni e compiti in classe. Hanno partecipato scuole delle Marche, di Fossano, Perugia e Torino. Le scuole coinvolte al primo round sono state: elementari (4 classi; 80 ss), scuola media (9 classi; 187 ss) e scuole secondarie (78 classi; 1.646 ss). Le scuole secondarie superiori: scuole professionali (11 classi; 170 ss), Liceo classico e scientifico (42 classi; 1.015 ss), ITIS e Geometri (25 classi; 461 ss).

Le materie coinvolte sono: Biologia (10 classi, 225 ss); Chimica (44 classi, 826 ss); Inglese (8 classi, 211 ss); Italiano (9 classi, 141 ss); Matematica (24 classi, 523 ss); Fisica (4 classi, 127 ss); Science (6 classi, 137 ss); Sistemi e reti (9 classi, 154 ss). La distribuzione delle materie scolastiche è mostrata nella Figura 14.



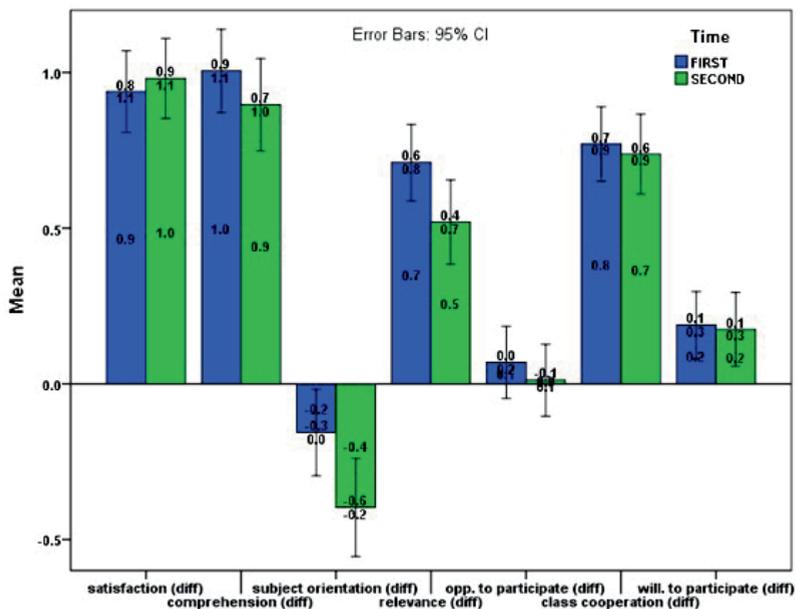
**Figura 14.** Chimica, matematica, biologia e inglese sono le materie con il maggior numero di questionari (N = 2.344).

Il questionario consiste di due parti; una reale e una ideale e la differenza tra la situazione ideale (l'insegnamento come lo studente vorrebbe che fosse condotto) e la situazione reale (l'insegnamento come viene condotto, dal punto di vista dello studente) dà un'indicazione dei possibili miglioramenti. I dati sono stati elaborati per trovare delle correlazioni: una prima correlazione cercata è stata quella tra gli studenti con insegnanti che utilizzano le idee del progetto PROFILES e i 142 studenti di altri insegnanti. Viene calcolato il valor medio di ciascuna delle sette dimensioni e fatta la differenza tra la situazione ideale e quella reale. I risultati in forma grafica, sono riportati nella Figura 15.



**Figura 15.** Differenze nelle sette dimensioni valutate dal questionario MoLE tra studenti PROFILES e altri studenti.

Un altro dato interessante è la differenza nelle opinioni degli studenti tra il primo e il secondo round, degli stessi studenti. I risultati in forma grafica, sono riportati nella Figura 16.



**Figura 16.** Differenze nelle sette dimensioni valutate dal questionario MoLE tra studenti PROFILES nel primo e il secondo round.

In generale, questi risultati non sono molto incoraggianti al fine di dimostrare l'efficacia delle idee del metodo per quanto riguarda la motivazione; altri indicatori, raccontano una realtà diversa. Uno dei motivi è che la motivazione è difficile da misurare con un questionario, perché "To be motivated means *to be moved* to do something." (Ryan, Deci, 2000, p. 54) Probabilmente, misurare un comportamento oggettivo con un questionario soggettivo non sempre produce risultati affidabili.

Tra gli studenti considerati nei risultati riportati in Figura 15, sono inclusi studenti altamente motivati nello studio delle materie scolastiche e impegni legati alla scuola, studenti motivati dai loro insegnanti (Figure 17 e 18) e studenti assolutamente non motivati. Ciò che risulta dall'elaborazione dei dati non riflette la grande differenza di comportamento nei confronti dell'impegno degli studenti a scuola e nelle materie considerate. Per quanto riguarda la volontà a partecipare, ciò che risulta dall'elaborazione è che gli altri studenti sono soddisfatti, mentre vorrebbero maggiori opportunità di essere coinvolti. Considerando il contenuto della materia, gli studenti PROFILES si sentono avvantaggiati e questo vantaggio aumenta con il comple-

tarsi dell'anno scolastico.

I sondaggi sono utili e persino necessari per fornire dati numerici che permettono di valutare l'impatto dell'insegnamento e ottenere indicazioni per migliorarlo. Ma la misura dell'attitudine e della motivazione è difficile e i questionari sono semplicemente meglio di niente, o, come correttamente affermato da Bolte (2006), sono "As good as it gets." Alcuni costrutti psicologici sono difficili sia da misurare che da modificare: esistono suggerimenti e osservazioni, ma non ricette per incoraggiare attitudine, interesse e motivazione: "There is not one single recipe (or set of recipes) to foster students' motivation and interest in chemistry education. Every student reacts individually to options given by teachers, be it the themes or methods." (Bolte, Streller, Hofstein, 2013, p. 83)

Ci sono molte evidenze dei vantaggi che il progetto PROFILES ha portato agli studenti, come verrà riportato nella seconda parte. Molti degli studenti che hanno proseguito negli studi, sono risultati tra i migliori dei corsi all'università. Inoltre, gli insegnanti sono rispettati dai loro colleghi e dai dirigenti e hanno attratto altri insegnanti alle idee e alle pratiche del progetto. Insegnanti capaci di avere un impatto nei processi di apprendimento e insegnamento catturando l'interesse e coinvolgendo i loro studenti in entusiasmanti progetti, a volte molto impegnativi, certamente hanno raggiunto l'eccellenza nella professione, come verrà riportato nella seconda parte.



**Figura 17.** Insegnanti e studenti partecipanti all'opera rock *Historock* 2014. Progetto sviluppato dal Prof. Romano Firmani, Liceo scientifico 'Antonio Orsini', Ascoli Piceno.



**Figura 18.** Teatro Ventidio Basso e palco di Historock 2015. Quante prove sono necessarie per preparare una rappresentazione di buon livello capace di soddisfare il pubblico? © Alberto Luciani.

### Bibliografia

- G. S. Aikenhead, Chemistry and Physics instruction: Integration, ideologies, and choices. *Chemistry Education Research and Practice*, **4**, (2), 115-130, 2003.
- G. S. Aikenhead, *Science education for everyday life. Evidence-based practice*. Teachers College Press: New York, 2006.
- S. A. Ambrose, M. W. Bridges, M. DiPietro, M. C. Lovett, M. K. Norman, *How learning works. Seven research-based principles for smart teaching*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2010.
- J. R. Anderson, *The adaptive character of thought*. Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ, 1990.
- J. R. Anderson, *Cognitive psychology and its implications*. Fourth Ed. W. H. Freeman: New York, 1995.
- J. Anderson, A. Shendruk, *The best students in the world, charted*. 2019. Online at: <https://qz.com/1759506/pisa-2018-results-the-best-and-worst-students-in-the-world/>
- O. R. Anderson, Brain, mind, and the organization of knowledge for effective recall and application. *LEARNing Landscapes*, **5** (1), 45-61, 2011.
- D. Bianchini, F. M. Foresi, G. Paccuzzocco, C. Principi, L. Cardellini, Altre esperienze dal progetto PROFILES: la chimica in cucina. *La Chimica nella Scuola*, **40** (4), 43-89, 2018.
- C. Bolte, As good as it gets: The MoLE-instrument for the evaluation of science instruction. *Proceedings of the Annual Meeting of the National Association for the Research on Science Education (NARST)*, San Francisco, USA, Aprile 2006.
- C. Bolte, S. Streller, A. Hofstein, How to motivate students and rise their interest in chemistry education. In I. Eilks, A. Hofstein (Eds.), *Teaching Chemistry – A studybook. A practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers* (pp. 67-85). Sense Publishers: Rotterdam, The Netherlands, 2013.
- J. D. Bransford, A. L. Brown, R. R. Cocking, M. S. Donovan, J. W. Pellegrino (Eds.), *How people learn: Brain, mind, experience, and school*: Expanded Edition. National Academy of Sciences: Washington, D.C., 2000.
- R. Brent, R. M. Felder, Random thoughts: How learning works. *Chemical Engineering Education*, **45** (4), 257-258, 2011.
- J. Brophy, *Motivating students to learn*. Lawrence Erlbaum: Mahwah, NJ, 2004.

- L. Cardellini, Advocating science for all: An interview with Peter J. Fensham. *Journal of Chemical Education*, **90** (6), 735-740, 2013.
- L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo: un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, **21** (1), 18-25, 1999.
- L. Cardellini, G. Tsaparlis, Problem solving. *La Chimica nella Scuola*, **20** (3), 86-93, 1998.
- J. W. Collins III, N. P. O'Brien (Eds), *The Greenwood dictionary of education*, 2nd Ed. Greenwood: Santa Barbara, CA, 2011.
- D. K. Criddle, Book review. *Journal of Adult Education*, **45** (1), 19-20, 2016.
- G. Crosling, M. Heagney, L. Thomas, Improving student retention in higher education. Improving teaching and learning. *Australian Universities' Review*, **51** (2), 9-18, 2009.
- N. C. Dalkey, O. Helmer, An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management Science*, **9** (3), 458-467, 1963.
- C. S. Dweck, The development of ability conceptions. In A. Wigfield, J. S. Eccles (Eds.), *Development of achievement motivation* (pp. 57-88). Academic Press: San Diego, CA, 2002.
- S. Duggan, R. Gott, What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, **24** (7), 661-679, 2002.
- I. Eilks, A. Hofstein, Curriculum development in science education. In K. S. Taber, B. Akpan (Eds.), *Science education. An international course companion* (pp. 169-181). Sense Publishers: Rotterdam, The Netherlands, 2017.
- G. Galanes, K. Adams, *Effective group discussion. Theory and practice*, 15th Ed. McGraw-Hill Education: New York, 2019.
- D. L. Gabel, D. M. Bunce, Research on problem solving: Chemistry. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning. A project of the National Science Teacher Association* (pp. 301-326). Macmillan: New York, 1994.
- D. Gentner, K. J. Holyoak, B. K. Kokinov, Introduction. In D. Gentner, K. J. Holyoak, B. K. Kokinov (Eds.), *The analogical mind. Perspectives from cognitive science* (pp. 1-19). The MIT Press: Cambridge, MA, 2001.
- R. M. Gillies, A. F. Ashman, J. Terwel, Concluding remarks. In R. M. Gillies, A. F. Ashman, J. Terwel (Eds.), *The teacher's role in implementing cooperative learning in the classroom* (pp. 258-261). Springer Science+Business Media: New York, 2008.
- J. R. Hayes, *The complete problem solver*, 2nd Ed. Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1989.
- R. M. Hazen, J. Trefil, *Science matters. Achieving scientific literacy*. Anchor Books: New York, 2009.
- J. Hattie, G. C. R. Yates, *Visible learning and the science of how we learn*. Routledge: New York, 2014.
- J. D. Herron, T. J. Greenbowe, What can we do about Sue: A case study of competence. *Journal of Chemical Education*, **63** (6), 528-531, 1986.
- S. Hidi, Interest: A unique motivational variable. *Educational Research Review*, **1** (2), 69-82, 2006.
- J. Holbrook, Making chemistry teaching relevant. *Chemical Education International*, **6** (1), 2005.

- J. Holbrook, M. Rannikmäe, The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, **29** (11), 1347-1362, 2007.
- J. Holbrook, M. Rannikmäe, The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, **4** (3), 275-288, 2009.
- J. Holbrook, M. Rannikmäe, The philosophy and approach on which the PROFILES project is based. *Center for Educational Policy Studies Journal*, **4** (1), 9-29, 2014.
- INVALSI, 2019. *I risultati di OCSE PISA 2018*. Online at: <https://www.invalsiopen.it/risultati-ocse-pisa-2018/>
- A. H. Johnstone, Introduction. In C. A. Wood, (Ed.), *Creative problem solving in Chemistry* (pp. iv-vi). (The Royal Society of Chemistry: London, 1993.
- D. H. Jonassen, *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. Routledge: New York, 2011.
- J. D. Karpicke, Retrieval-based learning: Active retrieval promotes meaningful learning. *Current Directions in Psychological Science*, **21** (3), 157-163, 2012.
- J. D. Karpicke, J. R. Blunt, Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. *Science*, **331** (6018), 772-775, 2011.
- J. J. Lagowski, Faculty attitudes and student retention. *Journal of Chemical Education*, **69** (3), 173, 1992.
- K.-W. L. Lee, N.-K. Goh, L.-S. Chia, C. Chin, Cognitive variables in problem solving in chemistry: A revisited study. *Science Education*, **80** (6), 691-710, 1996.
- J. W. Little, Assessing the prospects for teacher leadership. In A. Lieberman (Ed.), *Building a professional culture in schools* (pp. 78-105). Teachers College Press: New York, 1988.
- T. Lyons, The puzzle of falling enrolments in physics and chemistry courses: Putting some pieces together. *Research in Science Education*, **36** (3), 285-311, 2006.
- J. Murphy, *Connecting teacher leadership and school improvement*. Corwin Press: Thousand Oaks, CA, 2005.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *How people learn II: Learners, contexts, and cultures*. The National Academies Press: Washington, DC, 2018.
- J. D. Novak, Application of advances in learning theory and philosophy of science to the improvement of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, **61** (7), 607-612, 1984.
- J. D. Novak, L. Cardellini, Mappe concettuali: Fondamenti teorici per l'uso nell'insegnamento. *IS Informatica & Scuola*, **12** (2), 14-17, 2004.
- J. D. Novak, D. B. Gowin, *Learning how to learn*. Cambridge University Press: New York, 1984.
- J. G. Nyquist, R. Jubran, Book review. *The Journal of Chiropractic Education*, **26** (2), 192-193, 2012.
- OECD, *Sample Tasks from the PISA 2000 Assessment. Reading, mathematical and scientific literacy*. Paris, 2002.
- OECD, *Learning for tomorrow's world. First results from PISA 2003*. Paris, 2004.
- OECD, PISA 2012 results in focus. What 15-year-olds know and what they can do with what they know. 2014.
- OECD, What are the advantages today of having an upper secondary qualification? *Education Indicators in Focus*, **34**, 2015. Online at:

[https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jrw5p4jn426-en.pdf?](https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jrw5p4jn426-en.pdf?expires=1584617288&id=id&accname=guest&checksum=6B8F72191068CE9FB2BCD59E2F0296F4)

[expires=1584617288&id=id&accname=guest&checksum=6B8F72191068CE9FB2BCD59E2F0296F4](https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jrw5p4jn426-en.pdf?expires=1584617288&id=id&accname=guest&checksum=6B8F72191068CE9FB2BCD59E2F0296F4)

S. Ohlsson, The interaction between knowledge and practice in the acquisition of cognitive skills. In S. Chipman, A. L. Meymwitz (Eds.), *Foundations of knowledge acquisition. Cognitive models of complex learning* (pp. 147-208). Kluwer Academic Publishers: New York, 1993.

J. E. Ormrod, *How we think and learn. Theoretical perspectives and practical implications*. Cambridge University Press: New York, 2017.

J. Osborne, S. Collins, *Pupils' and parents' views of the school science curriculum*. King's College London: London, 2000.

PARSEL, 2006. Online at:

<http://icaseonline.net/parasel/www.parsel.uni-kiel.de/cms/indexe435.html?id=home>.

M. Rocard, P. Csermely, D. Jorde, D. Lenzen, H. Walberg-Henriksson, V. Hemmo, *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*, Directorate General for Research, Science, Economy and Society, Brussels 2007. Retrieved 03/12/2016, from

[http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf).

W.-M. Roth, A. Calabrese Barton, *Rethinking scientific literacy*. Taylor & Francis: New York, 2004.

M. A. Ruiz-Primo, R. J. Shavelson, Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, **33** (6), 569-600, 1996.

J. Rudduck, J. Flutter, Pupil participation and pupil perspective: 'carving a new order of experience', *Cambridge Journal of Education*, **30** (1), 75-89, 2000.

R. M. Ryan, E. L. Deci, Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, **25** (1), 54-67, 2000.

T. D. Sadler, Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, **41** (5), 513-536, 2004.

D. H. Schunk, *Learning theories. An educational perspective*. 6th Ed. Pearson Education: Boston, MA, 2012.

Seventh framework programme. *Supporting and coordinating actions on innovative methods in science education: teacher training on inquiry-based teaching methods on a large scale in Europe*. Grant Agreement No.: 266589, 2010.

R. J. Shavelson, Prefazione. In J. D. Novak, *Costruire mappe concettuali. Strategie e metodi per utilizzarle nella didattica* (pp. 9-11). Erickson: Trento, 2013.

R. J. Shavelson, M. A. Ruiz-Primo, E. W. Wiley, Windows into the mind. *Higher Education*, **49** (4), 413-430, 2005.

D. F. Shell, D. W. Brooks, G. Trainin, K. M. Wilson, D. F. Kauffman, L. M. Herr, *The unified learning model. How motivational, cognitive, and neurobiological sciences inform best teaching practices*. Springer: New York, 2010.

D.-J. D. Shin, H. J. Lee, G. Lee, S. Kim, The Role of curiosity and interest in learning and motivation. In K. A. Renninger, S. Hidi (Eds.), *The Cambridge handbook of motivation and learning* (443-464). Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2019.

- L. S. Shulman, Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, **15** (2), 4-14, 1986.
- L. S. Shulman, PCK: Its genesis and exodus. In A. Berry, P. Friedrichsen, J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 3-13). Routledge: New York, 2015.
- R. J. Sternberg, K. Sternberg, *Cognitive Psychology*, Sixth Ed. Wadsworth, Cengage Learning: Belmont, CA, 2012.
- H. Thiry, What enables persistence? In E. Seymour, A.-B. Hunter (Eds.), *Talking about leaving revisited. Persistence, relocation, and loss in undergraduate STEM education* (pp. 399-436). Springer Nature Switzerland: Cham, Switzerland, 2019.
- T. Townsend, Changing understandings of school leadership. In T. Townsend (Ed.), *Instructional leadership and leadership for learning in schools. Understanding theories of leading* (pp. 1-12). Palgrave Macmillan: Cham, Switzerland, 2019.
- N. M. Webb, S. H. Farivar, A. M. Mastergeorge, Productive helping in cooperative groups. *Theory Into Practice*, **41** (1), 13-20, 2002.
- R. N. Zare, No more pencils, no more books. 2008 George C. Pimentel award, sponsored by Rohm and Haas Co. *Journal of Chemical Education*, **86** (2), 142-144, 2009.

## Appendice

Questionario 1. Terzo questionario dello studio sull'insegnamento delle materie scientifiche.

Concetti	Scuola	Quale <b>priorità</b> dovrebbe avere ciascuno dei 3 concetti nell'educazione scientifica?	Con riferimento all'attuale educazione scientifica, quanto pensa siano messi in <b>pratica</b> i concetti?
		1 = priorità molto bassa 2 = priorità bassa 3 = priorità piuttosto bassa 4 = priorità piuttosto alta 5 = priorità alta 6 = priorità molto alta	1 = molto poco 2 = poco 3 = piuttosto poco 4 = abbastanza 5 = molto 6 = moltissimo
Si prega di valutare i seguenti concetti rispondendo alle domande proposte	Scuola materna	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuola elementare	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole medie	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole superiori	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
<b>Concetto A:</b> Fare in modo che gli studenti siano motivati a migliorare il proprio apprendimento, favorire l'interazione tra gli studenti e migliorare le loro capacità comunicative.	Scuola materna	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuola elementare	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole medie	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole superiori	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
<b>Concetto B:</b> Sviluppo intellettuale in relazione alla ricerca scientifica attuale, allo sviluppo tecnologico e alle possibilità di occupazione	Scuola materna	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuola elementare	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole medie	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole superiori	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
<b>Concetto C:</b> Sviluppo generale della personalità tramite aspetti metodologici innovativi (cooperative learning, mappe concettuali, tecniche di problem solving ecc. ...) che promuovano l'indagine scientifica.	Scuola materna	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuola elementare	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole medie	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]
	Scuole superiori	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]



10. Durante la lezione di chimica possiamo ... sempre  mai ...  
porre domande al docente riguardo alla lezione.
11. Nelle lezioni di chimica in classe c'è collaborazione ...  
per niente  molta.
12. Alla lezione di chimica la classe davvero ...  
partecipa con impegno  non si sforza minimamente.
13. I miei sforzi per comprendere l'argomento della materia nelle lezioni di chimica sono ...  
enormi  minimi.
14. Nelle lezioni di chimica io ...  
partecipo sempre attivamente  non ho mai provato a partecipare.

CHIMICA 2013

Questionario 2 - Corso IDEALE

In questa pagina viene chiesto di scegliere **come vorrei che fosse** la lezione di chimica!

1. Per me è ...  
molto importante  assolutamente ininfluyente ...  
che le lezioni di chimica siano piacevoli.
2. Per me è ...  
molto significativo  assolutamente ininfluyente ...  
il potermi trovare a mio agio durante le lezioni di chimica.
3. Per me è ...  
indispensabile  assolutamente ininfluyente ...  
capire l'argomento spiegato durante la lezione di chimica.
4. Per me è ...  
molto utile  assolutamente ininfluyente ...  
l'avere tempo per ragionare sulle domande poste durante le lezioni di chimica.
5. Per me è ...  
fondamentale  assolutamente ininfluyente ...  
che le lezioni di chimica spieghino la composizione o la formazione delle sostanze.
6. Per me è ...  
fondamentale  assolutamente irrilevante ...  
che le lezioni di chimica riguardino esperimenti di laboratorio.
7. Per me è ...  
molto importante  assolutamente irrilevante ...  
che gli argomenti trattati nelle lezioni di chimica mi siano utili (per la vita di tutti i giorni).

8. Gli argomenti trattati nelle lezioni di chimica per me è ...  
molto importante  assolutamente ininfluyente ...  
che siano significativi la mia vita sociale e con gli amici.
9. Per me è ...  
molto importante  assolutamente ininfluyente ...  
che il nostro insegnante di chimica prenda in considerazione le nostre necessità.
10. Per me è ...  
molto importante  assolutamente irrilevante ...  
il poter sempre porre domande al professore riguardo alla lezione.
11. Mi piace quando c'è spirito di collaborazione in classe ...  
per niente  moltissimo ... durante le lezioni di chimica.
12. Nelle lezioni di chimica preferisco quando tutta la classe ...  
ci si mette d'impegno  non si sforza affatto.
13. Nelle lezioni di chimica io preferirei ...  
dovermi sforzare davvero  non faticare.
14. Nelle lezioni di chimica mi piacerebbe ...  
partecipare  non partecipare.



Developed by: Nina Bertels & Claus Bolte (2009) Cib  
Institution: Department of Chemistry Education, Freie Universität Berlin – Germany  
Homepage: [www.chemie.fu-berlin.de/didaktik](http://www.chemie.fu-berlin.de/didaktik) - Mail: [didaktik@chemie.fu-berlin.de](mailto:didaktik@chemie.fu-berlin.de)  
Adapted by: FUB-PROFILES Working Group (2011) [www.profiles-projects.eu](http://www.profiles-projects.eu)



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](http://www.aracneeditrice.it)





Finito di stampare nel mese di giugno del 2020  
dalla tipografia «The Factory S.r.l.»  
00156 Roma – via Tiburtina, 912  
per conto della «Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale» di Canterano (RM)