



Società Chimica Italiana

La Chimica nella Scuola



Indice

- 5 Editoriale
Arte e Scienza, Tecnica ed Umanesimo - La confluenza delle
due Culture, una complessa analogia
Pasquale Fetto
- 9 Dalla Copertina
Henry A. Bent: chimico e didatta anticonformista
Rinaldo Cervellati
- 27 L'impatto del progetto PROFILES - Parte 2. L'eccellenza in
pratica
Liberato Cardellini
- 83 Le dodici pietre: la Turchese - Parte II. Le culture medio-orientali e
mesoamericane
Pasquale Fetto
- 96 Federchimica per la scuola
Premiati i progetti scolastici dedicati alla chimica
Luigi Campanella
- 97 Rubrica
Chimica e poesia
- 99 Libri in redazione
Sette brevi lezioni dalle molecole
Pier Antonio Biondi

EDITORIALE

Arte e Scienza, Tecnica ed Umanesimo La confluenza delle due Culture, una complessa analogia

Il greco **Simonide di Ceo** (VI-V sec. a.C.) definisce la **pittura** «*poesia muta*» e la **poesia** «*pittura che parla*».

Plutarco (46/48 d.C. - 125/127 d.C.), nel *De gloria Atheniensium*, associa *pittura e poesia*, grazie alla loro *comune vocazione mimetica*, nonostante usino strumenti e prospettive temporali diverse. I pittori rispecchiano le azioni come se stessero avvenendo, mentre i poeti e gli scrittori in generale espongono le stesse azioni una volta avvenute.

La più antica opera letteraria che parla della chimica, della natura e delle trasformazioni del mondo materiale è il poema epico *De Rerum Natura* di **Lucrezio** (Tito Lucrezio Caro, 2017, UTET). Fuor di dubbio è definito il più grande poeta cosmico di tutti i tempi. Il poema di Lucrezio dimostra quanto sia erronea la concezione che una teoria scientifica e meccanica non si presti ad essere argomento di sublime poesia. (Schettino V., 2014)

Gian Battista Marino nella sua (*Diceria prima: la Pittura*) afferma che la poesia e la pittura sono due arti tanto simili che «*scambiandosi alle volte reciprocamente la proprietà delle voci, la poesia dicesi dipignere e la pittura descrivere*»

Il rapporto fra *arti figurative e poesia* ha da sempre suscitato un dibattito in cui *l'interdisciplinarietà delle arti ha interessato e avvicinato mito e storia*.

Le **discipline tecniche** sono vissute in un "limbo" fino a quando, "in quanto *espressioni dell'uomo*", sono state rivalutate portando alla **rinascita delle scienze**, scienze che condividono con gli studi filosofici l'opinione di poter conoscere a fondo il mondo e l'universo.

L'Umanesimo è fuor di dubbio che sia l'età delle "*scienze esatte*" che perseguono risultati oggettivi e confutabili, basati su esperimenti pratici. **Leonardo Da Vinci** ha rappresentato questi interessi con la sua attività operando dalla pittura all'architettura, dall'anatomia alla fisica.

L'**espressione letteraria e le tematiche** che sono **proprie della scienza** sono a loro volta influenzate dall'accrescimento dei campi di studio: accanto alla **poesia** e alla **narrativa** (le cronache, le descrizioni, le esposizioni, i racconti, le relazioni, i resoconti) acquisisce sem-

pre più spazio **la stesura di trattati**, dedicati all'approfondimento in tutti quei campi dell'indagine.

Gli studi storiografici, rivestono particolare interesse sollecitati dal desiderio di comprendere l'uomo e il mondo che lo circonda e che è una delle caratteristiche delle discipline scientifiche.

“Nella scienza c'è bisogno soprattutto di immaginazione. Non è tutta matematica, né tutta logica, ma è in qualche modo anche bellezza e poesia” (Mitchell 2012, p.186)¹

La frase *“Le due Culture”* fu usata per la prima volta da **Charles Percy Snow**, fisico e scrittore inglese (Leicester 1905- Londra 1980), in una Lettura (la *Rede Lecture*) all'Università di Cambridge nel Maggio del 1959. Per quanto Snow avesse parlato solo di cultura scientifica e cultura letteraria, e non di cultura artistica in generale, il concetto si estese rapidamente alla cultura artistica in generale. E' divenuto gradualmente chiaro che le due culture hanno differenze intrinseche: la cultura scientifica è obiettiva e richiede verifica, quella artistica è soggettiva e non la richiede. La cultura scientifica progredisce, mentre il concetto di progresso è estraneo alla cultura artistica.

Fu la sua prima opera *Death under Sail* (1932) a renderlo famoso e successivamente continuò la sua attività di romanziere con la pubblicazione di *New Lives for Old* e *The Search*. Divenne famoso per il concetto espresso in *The two cultures* che sviluppò nel saggio *The two cultures and a second look* (1964).

In questo saggio Snow descrive la spaccatura tra il mondo della ricerca scientifica e quello degli studi umanistici. La comunicazione e lo scambio di esperienze in concreto vivono nella separazione dei rispettivi ragni d'azione: la ricerca scientifica e tecnologica pongono una grande importanza nello sviluppo sociale di una comunità; al contrario, la cultura umanistica egemonizza le scelte di carattere politico.

Snow riteneva che sarebbe stato necessario, negli ambiti sociale e politico, la presenza delle due culture che, pur con punti di vista divergenti, si arricchirebbero entrambe garantendo grazie ad un approccio dialettico una visione in prospettiva. Il problema posto da Snow, purtroppo, è presente (ora parzialmente) anche nel mondo della scuo-

1. Maria Mitchell (1818 – 1889) astronoma statunitense scoprì la cometa nota come “cometa di Miss Mitchell”; la scoperta fu premiata con una medaglia d'oro dal re di Danimarca Federico VII. Sulla medaglia fu scritto *“Non invano osserviamo il sorgere e il calare delle stelle”*

la nella quale si era sviluppata la tendenza a separare i due ambiti di studio.

Cristiano **Toraldo Di Francia** (1941-2019), architetto e letterato affermava: “...*non bisogna fare soltanto una tecnologia a misura d'uomo ma anche uomini ed intellettuali a misura di tecnologia*”.

Giulio **Giorello** (1945 – 2020) laureato in Filosofia nel 1968 e in Matematica nel 1971 è stato professore Ordinario di Filosofia della scienza all'Università degli Studi di Milano. Le sue scelte sono state dettate dalla **profonda convinzione** della necessità del **superamento delle barriere** tra il pensiero umanistico e quello scientifico.

In una intervista rilasciata nel 2018, Giorello analizza il rapporto tra la musica e le grandi *Artes* e tra la musica e le matematiche, a tuttoggi vitale e fecondo. Alla domanda: *Si può dire lo stesso per la filosofia?* Così rispose:

Perché i filosofi sembrano essersi dimenticati della musica? Questa dimenticanza è molto grave perché la musica è un modo potente di esprimere sia la nostra interiorità, sia l'armonia dell'universo. E questo vale non solo per la musica classica ma anche per quella di intrattenimento. Vale la pena che la filosofia ritorni ad occuparsi della musica per capirne l'importante rilevanza concettuale.

Ennio **Moricone** (1928 – 2020) ha saputo coniugare e diffondere due particolari linguaggi, quello della musica e quello del cinema. La musica ha la forza di stabilire un legame universale di comunanza ideale con le altre culture. La missione della musica è racchiusa nella frase: “*La musica dipinge le immagini*”.

Interdisciplinarietà

***Interdisciplinarity**, a movement to cross boundaries between academic disciplines, including the divide between “the two cultures”*

Con il manifestarsi di nuovi bisogni e professioni si fa ricorso ad unità organizzative che superando i confini tradizionali tra *discipline accademiche* o *scuole di pensiero* sviluppano un **campo interdisciplinare**. Al suo interno, ciascuna unità organizzativa, da vita a **studi interdisciplinari** o meglio all'**interdisciplinarietà**.

N.d.A.

L'interdisciplinarietà, a mio avviso, è una "*mutazione culturale*" che, attraverso rapporti di complementarità, di integrazione e di interazio-

ne, fa convergere le discipline in principi comuni sia nel metodo che nell'ambito della costruzione teorica. Si evidenziano le somiglianze, le analogie e i parallelismi fra le discipline scientifiche che tendono ad avvicinare e unificare le parti isolate e i momenti frammentari dell'odierno sapere specialistico.

Pasquale Fetto

Testi consultati

- **Tito Lucrezio Caro.** (2017) *De rerum natura*. UTET, Milano
- **Schettino V.,** *Scienza e arte. Chimica, arti figurative e letteratura* ISBN 978-88-6655-643-5 (print)
ISBN 978-88-6655-647-3 (online), © 2014 Firenze University Press
- **Mitchell M.,** *Life, Letters, and Journals 1896*, New York, Forgotten Books, 2012. p. 186
- Giulio Giorello. https://www.raicultura.it/tags/giulio_giorello
- G. Grilli. Per un superamento delle 'due culture'. I nuovi albi illustrati di divulgazione per l'infanzia e l'intreccio possibile e fecondo tra scienza e arte. *Studi sulla Formazione*: 21, 217-230, 2018-2
<https://core.ac.uk/download/pdf/228534089.pdf>
- L. M. Lederman, T.H. Christopher, *Fisica quantistica per poeti*, Bollati-Boringhieri, Torino 2013.
- M. Cucchi, *Scienza e Poesia sono più vicine?*, Editoriale Agorà, in "Avvenire", 17/ 12, 2013.

DALLA COPERTINA

Henry Albert Bent

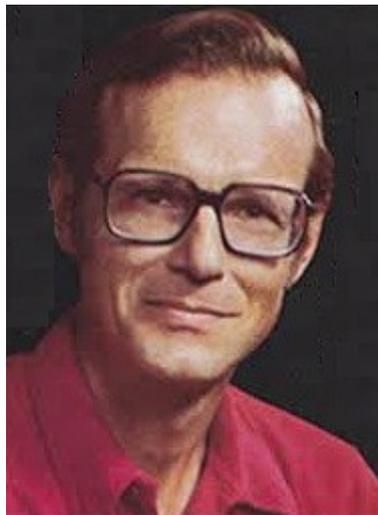
Cambridge, MA 1926

Pittsburgh, PA 2015

di

Rinaldo Cervellati

Socio del Gruppo Nazionale di Fondamenti
e Storia della Chimica (GNFSC)



Henry Albert Bent

Henry A. Bent
chimico e didatta anticonformista

Riassunto

Henry Albert Bent (Cambridge, MA 1926 – Pittsburgh, PA 2015), ereditò dal padre la passione per la chimica. Dopo aver ottenuto il B.Sc. in chimica fisica all'Oberlin College (Ohio), servì in Marina come tecnico radar nella seconda guerra mondiale. Ottenne il Ph.D. in Chimica nel 1952 all'Università di Berkeley, in un ambiente vivace e stimolante, dove si proseguivano le ricerche sviluppate dal Gruppo del professor G.N. Lewis. Fu docente all'università del Connecticut, poi nelle università del Minnesota, della North Carolina e infine professore di chimica fisica all'Università di Pittsburgh (PA). I suoi principali interessi di ricerca sono stati la termodinamica, il legame chimico e la didattica della chimica. Nel presente articolo illustreremo il suo principale contributo nella teoria del legame chimico, noto come Regola di Bent. Verrà poi posto particolare accento al suo interesse per l'insegnamento e la didattica della chimica, testimoniate da decine di articoli e note pubblicati sul Journal of Chemical Education, nonché da una serie di conferenze divulgative corredate da esperimenti e dimostrazioni pratiche. La sua lunga carriera di chimico e insegnante lo ha portato a esprimere idee non convenzionali, tanto da essere chiamato professore anticonformista.

Abstract.

Henry Albert Bent (Cambridge, MA 1926 - Pittsburgh, PA 2015), inherited a passion for chemistry from his father. After obtaining the B.Sc in physical chemistry from Oberlin College (Ohio), he served in the US Navy as a radar technician in the Second World War. He obtained his Ph.D. in Chemistry in 1952 at the University of Berkeley, in a lively and stimulating environment, where the research developed by the Group of Professor G.N. Lewis were continued. He was a professor at the University of Connecticut, then at the universities of Minnesota and North Carolina and finally professor of physical chemistry at the University of Pittsburgh (PA). His main research interests were thermodynamics, chemical bond and chemical education. In this article we will illustrate his main contribution in chemical bond theory, known as Bent's Rule. Particular emphasis will then be placed on his interest in the teaching and education in chemistry, documented by dozens of articles and notes published in the Journal of Chemical Education as well as by a series of popular conferences accompanied by experiments and practical demonstrations. His long career as a chemist and teacher led him to express unconventional ideas, so much so that he was called a "nonconformist professor".

Conoscevo il nome di Bent per alcuni suoi scritti provocatori sul *Journal of Chemical Education*, ad es. *Should the Mole Concept be X-Rated?* (1985, 62, 59) o *Should Atomic Orbital Be X-Rated in Beginning Chemistry Courses?* (1984, 61, 421-423) in cui la domanda è: dovrebbe il tale concetto (mole, orbitali...) essere vietato ai minori? La curiosità di saperne di più mi è venuta quando, lavorando a un articolo sulla teoria del legame di valenza, mi sono imbattuto nella "regola di Bent" riguardante l'ibridizzazione degli orbitali. Anzitutto un poco di biografia.

Henry Albert Bent (Cambridge, MA 1926 – Pittsburgh, PA 2015), figlio di Henry E. Bent professore di chimica all'Università di Pittsburgh, ereditò dal padre la passione per la chimica. Completò il B.Sc in chimica fisica all'Oberlin College (contea di Lorain, Ohio). Nella seconda Guerra Mondiale Bent ha servito in Marina come tecnico radar.

Ottenne il Ph.D. in Chimica nel 1952 all'Università di Berkeley, in un ambiente vivace e stimolante, dove si proseguivano le ricerche sviluppate dal Gruppo del professor G.N. Lewis, scomparso nel 1949. La dissertazione di dottorato ebbe come argomento la decomposizione del nitrato d'ammonio fuso.

Prima del suo arrivo in Minnesota nel 1958, era stato professore di chimica fisica all'università del Connecticut. All'Università del Minnesota è stato professore di chimica inorganica fino al 1969, per poi passare alla North Carolina State University a Raleigh e, infine, nel 1990 all'Università di

Pittsburgh (PA). Ritiratosi nel 1992, ha continuato a interessarsi attivamente di temi e problemi di didattica e promozione della chimica; come direttore del programma Van Outreach¹ effettuò una serie di esperimenti dimostrativi per gli studenti di tutta la zona di Pittsburgh.

I suoi principali interessi di ricerca sono stati la termodinamica, la teoria del legame chimico e la didattica della chimica, tutti argomenti molto sentiti dal gruppo di Berkeley.

Per quanto riguarda la termodinamica, nel 1962, Bent propose un approccio di analisi globale dell'entropia concepito per valutare la spontaneità dei processi chimico-fisici [1]. Nel 1977, nel contesto della termodinamica filosofica², Bent ha coniato la frase "etica dell'entropia personale".



Vignetta satirica (1868) su G. Hirn

In un articolo, suggerisce che per superare le crisi energetiche bisogna anzitutto essere etici negli aspetti energetici della vita basati sulla conoscenza della seconda legge della termodinamica. In particolare, al posto di una politica energetica nazionale, Bent afferma:

"What we need is a personal entropy ethic" (Quello di cui abbiamo bisogno è un'etica personale di entropia) [2].

Nello stesso 1977, Bent condusse i "Workshops su termodinamica, arte, poesia e ambiente" per la National Science Foundation, discutendo con gli

1. Il Programma Van Outreach fa parte di un vasto Progetto USA di alfabetizzazione e divulgazione scientifica e media destinato a tutta la popolazione.

2. La termodinamica filosofica studia le implicazioni termodinamiche sul modo di vivere (etica), quali tipi di oggetti esistono e quali sono le loro essenze naturali (metafisica); ricerca del significato della conoscenza (epistemologia). Ricerca i corretti principi di ragionamento (logica). Può essere datata dal 1869 anno di pubblicazione del libro *Philosophical Implications of Thermodynamics*, del fisico francese Gustave Hirn (1815-1890),

<http://www.eoht.info/page/Philosophical+thermodynamics>

studenti, fra l'altro, una critica dell'asserzione "non creare inutilmente Entropia".

Nella teoria del legame chimico il suo principale contributo è stato l'aver dimostrato empiricamente che per interpretare la struttura e le proprietà delle molecole degli elementi della prima riga della Tavola Periodica si doveva ammettere l'ineguaglianza degli orbitali ibridi dell'atomo centrale legato ad atomi o gruppi diversi fra loro e l'aver correlato questa disuguaglianza all'elettronegatività dei legandi ("regola" di Bent). Di ciò ci occuperemo nella prima parte di questo articolo.

Riguardo all'insegnamento e alla didattica, il suo entusiasmo per la chimica lo ha condotto a pubblicare decine di articoli e note sul *J. Chem. Educ.* È stato un insegnante molto popolare, trattando argomenti che vanno dalle fiamme e dalle esplosioni ai fondamenti della scienza e all'arte astratta. Particolare insistenza ha posto sull'insegnare chimica attraverso esperimenti e dimostrazioni pratiche. Per questo è stato insignito di numerosi premi per l'educazione e la formazione chimica.

L'entusiasmo e l'amore per gli atomi e le molecole furono una forza trainante nel lavoro e nella vita di Bent. La sua lunga carriera di chimico e insegnante è culminata in idee non convenzionali, come quella di collocare l'elio sul berillio nella tavola periodica, l'utilizzo di modelli di sfera di valenza per simulare i profili di densità elettronica nelle molecole, la rivalutazione degli esperimenti dimostrativi nell'insegnamento.

La "regola" di Bent

Nella versione originale della teoria del legame di valenza [3], si ipotizza che gli elettroni di valenza degli elementi del blocco *p* siano ibridizzati sp^n , con $n = 1, 2$ o 3 . Inoltre, si assume che gli orbitali ibridi sono tutti equivalenti (cioè gli $n+1$ orbitali sp^n hanno lo stesso carattere *p*). I risultati di quest'approccio sono in generale soddisfacenti, ma possono essere migliorati ammettendo che gli orbitali ibridizzati possono avere carattere ineguale, cioè non essere equivalenti.

Nel fascicolo di giugno 1961, la rivista *Chemical Reviews* pubblicò un lungo lavoro intitolato: "*An Appraisal of Valence-Bond Structures and Hybridization in Compounds of the First-Row Elements*" [4], in cui Bent illustrava in dettaglio la sua teoria, peraltro già conosciuta come "regola di Bent", come si vedrà più avanti³.

La regola di Bent fornisce un'indicazione precisa su come questi orbitali non equivalenti dovrebbero essere costruiti [4].

3. Nel numero di dicembre 1960 del *J. Chem. Educ.* era stato pubblicato un articolo di Bent molto simile a quello comparso su *Chem. Rev.* (H.A. Bent, *Distribution of Atomic s-Character in Molecules and Its Chemical Implications*, *J. Chem. Educ.*, **1960**, 37, 616-624.)

Secondo Bent:

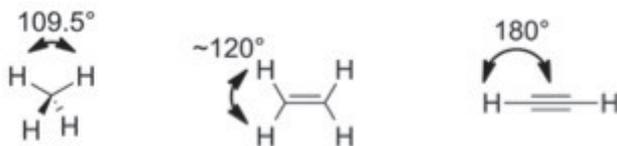
Atomic s character concentrates in orbitals directed toward electropositive substituents. Or, atomic p character concentrates in orbitals directed toward electronegative substituents. ([4], p. 291), ovvero:

L'atomo centrale legato a più gruppi esterni in una molecola, si ibridizzerà in modo che orbitali con un maggior carattere s siano diretti verso gruppi elettropositivi, mentre orbitali con maggior carattere p saranno diretti verso i gruppi più elettronegativi.

Rimuovendo l'ipotesi che tutti gli orbitali ibridi sp^n siano equivalenti, Bent ottenne migliori interpretazioni di proprietà come la geometria molecolare (angoli e lunghezze di legame), l'energia di legame, l'effetto induttivo e le costanti di accoppiamento $J^1\text{H}-^{13}\text{C}$ in spettrometria NMR.

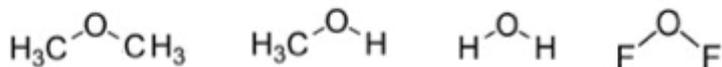
Come esempio prendiamo gli angoli di legame:

Consideriamo dapprima gli angoli di legame nelle tre molecole metano, etene ed etino:



e tenendo conto che il carbonio ibridizza sp^3 nella prima, sp^2 nella seconda e sp nella terza appare chiaro che all'aumentare del carattere p degli orbitali ibridi diminuisce l'angolo di legame.

Nel suo lavoro, Bent propone, per gli angoli, il seguente esempio:



In queste quattro molecole (etere dimetilico, alcol metilico, acqua, difluoruro di ossigeno), l'atomo di ossigeno centrale, tenendo conto dei doppietti elettronici non condivisi è ibridizzato sp^3 , l'elettronegatività dei sostituenti aumenta nell'ordine $\text{F} > \text{H} > \text{CH}_3$ ⁴ sicché in base all'ipotesi di Bent ci si deve aspettare che $\text{FOF} < \text{HOH} < \text{HOCH}_3 < \text{H}_3\text{COCH}_3$, infatti all'aumentare dell'elettronegatività del sostituito deve corrispondere un aumento del carattere p dell'ibrido verso il sostituito stesso e di conseguen-

4. Nel suo lavoro originale, Bent considera che l'elettronegatività del gruppo metile sia inferiore a quella dell'atomo di idrogeno perché la sostituzione del metile riduce le costanti di dissociazione dell'acido formico e dell'acido acetico.

za diminuire l'angolo di legame come riscontrato sperimentalmente (FOF(103,8) < HOH(104,5°) < HOCH₃(107-109°) < H₃COCH₃(111°)) [4, p.288].

Scrive Bent:

Spesso è suggestivo considerare gli elettroni non condivisi come elettroni in un legame con un atomo di elettronegatività molto bassa (zero). Questa visione porta a supporre che i gruppi elettronegativi influenzino l'ibridazione atomica e, per inferenza ... proprietà molecolari come angoli di legame, lunghezze di legame, costanti di accoppiamento C^{13} e costanti induttive. ([4], p. 287)

Nel prevedere l'angolo di legame dell'acqua, la regola di Bent suggerisce che gli orbitali ibridi con maggior carattere s dovrebbero essere diretti verso le coppie solitarie, meno elettronegative, lasciando così orbitali con un maggior carattere p orientati verso gli idrogeni.

Questo aumentato carattere p in quegli orbitali diminuisce l'angolo di legame tra di essi rispetto al valore tetraedrico (109,5°). La stessa logica può essere applicata all'ammoniaca, l'altro esempio canonico di questo fenomeno.

La "regola" può essere generalizzata anche agli elementi del blocco d.

Di orbitali ibridi non equivalenti si trova un primo cenno nel libro di Charles A. Coulson [6, p. 206-207] che in seguito svilupperà gli aspetti formali della regola di Bent (v. Formal Theory section at: https://en.wikipedia.org/wiki/Bent%27s_rule).

In una breve nota, comparsa nel 1982, Bent racconta la storia della sua regola [5]:

Nel 1955, in qualità di assistente ricercatore presso l'Università del Minnesota, lavoravo ad un progetto sugli spettri infrarossi delle fiamme dei propellenti per razzi, e un forte assorbimento non identificato mi portò a scoprire e a identificare la struttura di un nuovo dimero di N₂O₄. Ne nacque una crescente curiosità sulle relazioni fra struttura e proprietà molecolari.

Già dopo la Prima Guerra, le implicazioni delle informazioni provenienti dalla diffrazione dei raggi X e degli elettroni sulla teoria strutturale erano state interpretate da Pauling nel suo classico libro La Natura del Legame Chimico ... Dopo la Seconda Guerra Mondiale, gli impieghi in tempo di pace della tecnologia a microonde del radar [spettroscopia rotazionale a microonde] hanno reso possibile la determinazione delle strutture molecolari con maggiore precisione. Nel 1956 mi sembrava che i risultati sperimentali non si accordassero con la teoria degli orbitali ibridi convenzionale. Ho quindi trovato la prova per la tesi che l'ibridazione orbitale ha effetto non solo sugli angoli di legame, ma anche sui momenti dipolari, sulle costanti induttive e quelle di accoppiamento, sulle costanti

del campo di forza, sulle energie di dissociazione e le lunghezze di legame. Gli effetti sono stati riassunti in una "regola", talvolta citata come "regola di Bent". Ho costruito la teoria in base alle ben note idee di G.N. Lewis e di Pauling, estendendo il concetto di elettronegatività.

Per diversi anni i miei lavori sulla "regola" sono stati rifiutati dal Journal of the American Chemical Society. Una serie di brevi articoli e note sono state pubblicate ... nel Journal of Chemical Physics⁵, prima che comparisse una review completa ... sostenuta da un ampio numero di dati e da una linea di ragionamenti ben condivisa ... Forse ho trovato una spiegazione fisica semplice, non mistica per il carattere s, tuttavia ancora prima di ciò che la regola può spiegare, sta il fatto che non è mai stata proposta da altri autori.[5, p. 22]

Infine, è il caso di ricordare che recentemente è stata provata la validità della teoria di Bent su 75 tipi diversi di legami con atomi dei gruppi principali della Tavola Periodica [10].

Attività didattica e di divulgazione

Bent, fu chiamato anche "*il professore che ha provato come la chimica può essere divertente*" [11], nella sua lunga carriera di docente e ricercatore ha pubblicato più di 60 articoli a carattere prevalentemente didattico sul Journal of Chemical Education, dal 1960 al 2007. Gli argomenti sono fra i più disparati: dall'analisi dei concetti e alla loro proponibilità nell'insegnamento scolastico, dalla convinzione che la chimica è un linguaggio alle sue proposte di esperimenti dimostrativi per studenti e un pubblico più vasto, alle recensioni di libri di testo. Illustrare in poco spazio questa incredibile mole (è il caso di usare questo termine) di lavoro è davvero una "mission impossible". Ci proverò scegliendo due contributi, il primo riguardante le fiamme, il secondo sul concetto di orbitale.

Nel primo dei due, intitolato *Flames: A Demonstration Lecture for Young Students and General Audiences*⁶, l'autore si propone di mostrare come con materiali di uso comune (zucchero, acqua, bicarbonato, aceto, candela, più una striscia di magnesio) si può capire di cosa si occupa la chimica e anche iniziare a comprenderne il linguaggio [12].

5. Alcune di queste note, Letters to the Editor, sono riportate nelle citazioni bibliografiche [7-9]

6. L'articolo è basato su una conferenza dimostrativa tenuta alla Gonzaga University Spokane, Washington, 7 marzo 1985.



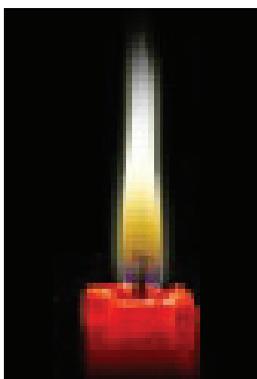
H. Bent e le fiamme

Bent dice:

Lasciatemi però spiegare dapprima la differenza fra fisica e chimica.

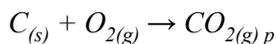
La fisica è la scienza delle proprietà generali della materia – la gravitazione universale, per esempio. Lascio cadere questo fiammifero. Questa è fisica. La distanza di caduta s è proporzionale al quadrato del tempo di caduta t . La distanza e il tempo sono concetti familiari. Ora sfrego il fiammifero. Una fiamma! Calore e luce. È illuminante! Questa è chimica. La chimica, vorrei dire, è più spettacolare della fisica. La chimica è la scienza delle proprietà particolari della materia, l'infiammabilità per esempio. C'è molto di completamente nuovo nelle trasformazioni chimiche della materia. [12, p. 151]

Bent invita quindi il pubblico a guardare la fiamma di una candela⁷.



⁷ L'osservazione e la descrizione della fiamma di candela è un fenomeno molto utilizzato nelle dimostrazioni. Per molti anni Faraday ha tenuto una serie di Christmas Lectures per un pubblico giovane su "La storia chimica di una candela" [12, p.151].

L'incandescenza della candela proviene dalla presenza nelle parti luminose della fiamma di particelle calde e solide. Possiamo raccogliercle con una spatola. A temperatura ambiente sono nere. Le chiamiamo fuliggine. È carbonio quasi puro, uno degli elementi chimici. Sopra la parte incandescente della fiamma, la fuliggine calda viene ossidata dall'ossigeno dell'aria formando un gas invisibile, il biossido di carbonio. I chimici scrivono:



Possiamo dimostrare la presenza di biossido di carbonio nei prodotti finali della combustione della candela raccogliendoli in un pallone rovesciato. Poi aggiungiamo una soluzione di idrossido di calcio, comunemente chiamata calce, e scuotiamo. L'acqua di calce diventa presto color bianco latte. Il precipitato bianco è carbonato di calcio, $CaCO_3$. Il carbonato di calcio è il componente principale del calcare. Il calcare costituisce la maggior parte di molte delle nostre montagne.

La cera di candela è costituita da sostanze che sono principalmente composti del carbonio e dell'idrogeno. Il calore della fiamma della candela fonde la cera. Ulteriore calore vaporizza la cera dalla sporgenza. Infine, il calore trasforma le molecole del vapore di cera in carbonio e piccole molecole contenenti carbonio e idrogeno. Tali intermedi sono infine ossidati dall'ossigeno dell'aria sovrastante in anidride carbonica e acqua. [12, p. 152]

Bent continua a usare la candela in questo modo: un pezzo di cera viene posto in un becher che viene riscaldato con una fiamma esterna:

La cera fonde rapidamente in un liquido incolore. Il liquido comincia a fumare. Nelle pareti superiori fredde del becher parte del vapore si condensa in piccole particelle di cera liquida e solida. Continuando il riscaldamento, il vapore della cera, il fumo e l'aria formano una miscela combustibile, sviluppando una fiamma nel becher, che allontana momentaneamente il fumo. Ora abbiamo una fiamma continua: una fiamma di candela senza candela. Ma, a differenza della fiamma di candela, questa fiamma non è autosufficiente. Rimuovendo il calore ausiliario, la fiamma si spegne. [12, p. 152]

La dimostrazione prosegue:

Guardiamo ora cosa succede se spruzziamo un poco di acqua liquida sulla cera nel becher. Il fuoco non si spegne ma si disperde in tanti fuocherelli appena l'acqua ha toccato il grasso. Le gocce d'acqua si sono messe a bollire trasformandosi in vapore spruzzando intorno goccioline di grasso infiammabili ravvivando il fuoco. Si tratta di "iniezione di carburante per generazione di vapore". Un processo largamente sfruttato nell'industria. Non è certo il modo per allontanare l'ossigeno molecolare dal grasso caldo. Un panno umido sopra il becher avrebbe funzionato meglio. [12, p. 152]

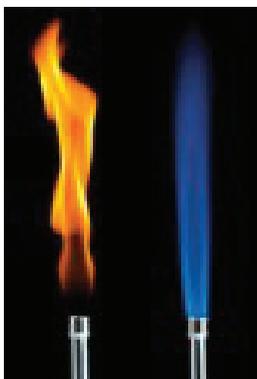
A questo punto Bent spiega, con esempi pratici come l'aumento di contatto fra due o più corpi favorisce il verificarsi di trasformazioni chimiche:

Gran parte della moderna civiltà-scientifica, industriale e tecnologica, deriva dal riconoscimento chimico che le molecole per reagire devono prima collidere, urtarsi.

Si passa quindi alle fiamme degli idrocarburi della serie del metano ma Bent inizia spiegando che le singole molecole della cera di candela contengono circa 18 atomi di carbonio, legati fra loro in catene a zig-zag.

Le molecole del polietilene dello spruzzatore contengono migliaia di atomi di carbonio, ciascuno legato ad atomi di idrogeno. È anche combustibile, vedete ... Andando a pesi molecolari inferiori, otteniamo liquidi come il kerosene. Il cherosene, come la candela, non è molto volatile. Ha un valore relativamente alto di punto di infiammabilità. Possiamo costruire un fiammifero con il kerosene, ma non provate con la benzina! ...

L'idrocarburo più semplice è CH_4 , chiamato metano o gas naturale. È il gas per cui è stato costruito il bruciatore Bunsen nel quale entra un flusso del gas. Premesso che dalla base del bruciatore si può regolare la quantità d'aria che si mescola col gas, se si lascia che tutta l'aria entri, il metano brucia con una fiamma molto calda e relativamente poco luminosa (a destra in figura). Bloccando l'ingresso dell'aria, il metano brucia con fiamma meno calda e luminosa, simile a quella della candela. Evidentemente, in queste condizioni si forma una certa quantità di fuliggine (a sinistra in figura). [12, p.152-153]



Fiamme bunsen

Bent mostra ora le fiamme prodotte dalla combustione di acetilene, alcol isopropilico e zucchero, facendo notare che tutte le sostanze usate contengono carbonio e idrogeno e le fiamme sono causate dalla reazione chimica con l'ossigeno dell'aria.

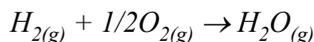
La combustione dello zucchero ha portato a una massa nera di carbonio in fondo alla provetta e a goccioline di acqua di condensa nella parte superiore. Introduce il termine carboidrati.

A questo punto proverà a bruciare separatamente carbonio e idrogeno.

Il semplice riscaldamento della provetta contenente il carbonio mostra che la sua ossidazione è molto lenta. Dobbiamo fornire più ossigeno al carbonio. Facciamo scorrere l'ossigeno nella provetta attraverso un tubo di vetro collegato a una bombola di ossigeno. È spettacolare! È la reazione di $C + O_2$, solo con ossigeno puro, piuttosto che in miscela con aria. Il carbonio sta ora bruciando con un colore rosso fuoco. La provetta si è deformata ma non si è rotta. Alla fine è pulitissima, tutto il carbonio ha reagito. [12, p. 153]

L'idrogeno si ottiene facilmente, basta avere un opportuno metallo e una soluzione acquosa di un acido forte, per esempio zinco e acido cloridrico. Mescoliamoli:

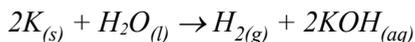
Si ottiene una massa frizzante, il metallo si scioglie e si sviluppano bollicine di un gas incolore e inodore, il gas più leggero conosciuto, l'idrogeno. Possiamo raccoglierne un poco in un bicchiere capovolto. Nel frattempo, riempiamo un piccolo palloncino con idrogeno proveniente da una bombola, e poi avviciniamo un fiammifero. Boom! Piccola esplosione e luce. Chiaramente anche l'idrogeno ha un'alta affinità per l'ossigeno! I chimici scrivono:



La luminosità che abbiamo notato è probabilmente dovuta in gran parte alla polvere che impregna i palloncini per impedire di attaccarsi a se stessi o ad altri. La polvere riscaldata dall'esplosione della miscela idrogeno-ossigeno diventa luminosa. L'idrogeno puro brucia in ossigeno con una fiamma quasi incolore, come si vede se accendiamo la miscela idrogeno-aria nel becher dove avevamo raccolto un po' di idrogeno. E che cosa si è depositato nelle pareti più fredde del becher? Sembra una rugiada fine. È acqua liquida. Come indicato dalla nostra ultima equazione, l'acqua è l'unico prodotto della combustione dell'idrogeno nell'ossigeno. [12, p. 153].

Bent passa poi a mostrare la reazione fra un pezzettino di potassio metallico e acqua tracciata con poche gocce di fenolftaleina. Fa avvenire la reazione sia in un becher sia in una capsula Petri posta su una lavagna luminosa:

In entrambi i casi si nota una reazione violenta, il pezzetto di potassio si incendia girando vorticosamente sulla superficie dell'acqua che si colora in viola, segno che è diventata basica. I chimici scrivono:



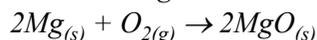
Infine il potassio sparisce del tutto.



Il potassio brucia in acqua

Nella capsula Petri il calore della lavagna luminosa fa rapidamente evaporare l'acqua lasciando un residuo bianco di idrossido di potassio.[12, p. 154].

Scaldiamo un sottile nastro di magnesio, esso brucia in aria rapidissimamente e con una straordinaria brillantezza formando una polvere bianca chiamata ossido di magnesio. I chimici scrivono:



Questo fenomeno è stato ampiamente sfruttato nei flash delle macchine fotografiche.



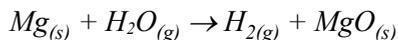
Lampo di magnesio

Dagli effetti provocati dalla combustione del magnesio si potrebbe pensare che esso abbia un'affinità per l'ossigeno maggiore rispetto al carbonio e all'idrogeno.[12, p. 154].

Per verificare l'ipotesi, Bent fa un ulteriore esperimento.

Mettiamo un po' acqua a bollire in un becher. Il vapore eliminerà tutta l'aria quindi ora sarà pieno di molecole di H₂O. Un fiammifero acceso immerso in questo vapore si spegne immediatamente. Guardiamo cosa fa il magnesio. Sorpresa! Il magnesio brucia ancora più vigorosamente nel va-

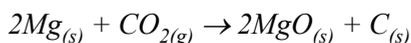
pore acqueo che nell'aria! In aria solo un quinto delle molecole contiene ossigeno. Nel vapore tutte le molecole contengono ossigeno. I chimici scrivono:



L'ossido di magnesio non è molto solubile in acqua. Però con l'aggiunta di qualche goccia di fenolftaleina diventa rosa. Questo è caratteristico delle soluzioni di ossidi metallici, essi formano idrossidi che neutralizzano gli acidi. Una sospensione di idrossido di magnesio in acqua si chiama latte di magnesia e viene usato per combattere l'acidità di stomaco. [12, p. 154]

Per controllare se il magnesio è in grado di sottrarre ossigeno al carbonio serve una sorgente di biossido di carbonio. Si può facilmente ottenere facendo reagire il carbonato di calcio con acido cloridrico oppure, più semplicemente bicarbonato di sodio con aceto.

L'aceto è una soluzione di acido acetico, mettiamone un poco in un becher e aggiungiamo il bicarbonato, l'anidride carbonica che si forma è più densa dell'aria e tende a concentrarsi nel fondo del becher. Un fiammifero acceso immerso in CO₂ si spegne subito. E il magnesio? Il magnesio brucia nel biossido di carbonio. Si forma lo stesso ossido bianco insieme a chiazze nere. Come la fuliggine queste sono formate da carbonio. I chimici scrivono:



Ecco il motivo per cui non si possono spegnere gli incendi da magnesio con acqua o anidride carbonica. Se ne sono accorti i britannici durante la battaglia delle Isole Falkland. Alcune navi britanniche avevano sovrastrutture in leghe leggere contenenti magnesio e altri metalli che hanno affinità per l'ossigeno. Quando una delle navi è stata colpita da un missile, le sovrastrutture si sono incendiate bruciando sul ponte producendo più danni del missile stesso. [12, p. 154]

Il secondo contributo, del 1984, è intitolato *Should Orbitals be X-Rated in Beginning Chemistry Courses?* [13]

Bent affida inizialmente la risposta a Linus Pauling, definendolo, a ragione, "the father of the mathematical theory of orbitals for molecules":

Non vedo alcun motivo per menzionare gli orbitali molecolari in un corso iniziale in chimica, scrisse Linus Pauling in un numero della rivista The Science Teacher [14]. Gli orbitali molecolari hanno un valore speciale nella discussione degli stati eccitati delle molecole, continua il padre della teoria matematica degli orbitali molecolari, ma sono piuttosto fuori luogo in un testo elementare di chimica.

Scrivo Bent:

È vero tuttavia che l'apprendimento passivo e la ripetizione delle proprietà geometriche degli orbitali ibridi danno agli studenti la sicurezza di partecipare ad un'attività sofisticata con regole definite e facilmente memorizzabili. Dà agli insegnanti la sicurezza di fare domande con risposte definite e facilmente classificabili. Inoltre, permette a studenti e insegnanti di evitare un insegnamento pratico in laboratorio evitando le difficoltà di preparare da un lato e valutare dall'altro esercitazioni di laboratorio. Sicuramente, taglia i costi della scuola. Ma a quale prezzo? A costo di non sapere come funziona la scienza.

E continua:

È stato detto che l'educazione è ciò che si ricorda dopo che tutto ciò che si è imparato è stato dimenticato. Quindi, come sono educati i nostri studenti di chimica? Che cosa ricordano dopo che tutto quello che gli è stato detto sugli orbitali è stato dimenticato? Che la chimica è un mistero, da memorizzare? Il problema non è lì. Gli orbitali sono il paradigma attuale. Il problema è come ci si arriva. Il gioco degli orbitali, per parafrasare Pauli, non è nemmeno sbagliato. È un gioco, tutto lì. Ma non è il gioco della scienza. La regola suprema, la regola generale, la regola del gioco, è assente.[14, p. 421].

Questa regola o Regola della Restrizione fu enunciata da Lavoisier⁸:

Nel cominciare lo studio [o la presentazione] di una scienza fisica, ha scritto Lavoisier, non dobbiamo formulare [o anticipare] nessuna idea, ma quali sono le conseguenze e gli effetti immediati di un esperimento o una osservazione [15].

La regola di restrizione di Lavoisier è il regno sovrano della scienza. È la regola del buon senso di non saltare a conclusioni prima di conoscere i fatti. È stato solo attenendosi a questa regola che sono state formulate la teoria della termodinamica, della relatività di Einstein, della meccanica quantistica di Heisenberg, dell'operativismo di Bridgman.

Ma, prosegue Bent, la regola di Lavoisier è una regola difficile da giocare. La scienza (e l'insegnamento scientifico) non sono affatto facili.

Purtroppo la popolarità della volgarizzazione degli orbitali nel corso di chimica nei licei dipende anche dai contenuti del syllabus e dei test previsti dagli Advanced Placement Exams [AP] il cui superamento è richiesto da molti College e Università.

8. In realtà Lavoisier non ha mai chiamato Regola il suo pensiero espresso nella citazione [15] che invece, più argomentato, si trova precisamente dove l'ha trovato Bent nella traduzione inglese del famoso *Traité Élémentaire de Chimie* (Elements of Chemistry, Dover, 1965).

Scrive Bent:

Il gioco di raccontare e ripetere piace tanto a insegnanti e studenti perché permette di ottenere voti alti agli esami. Il punteggio di quattro o cinque negli esami AP può essere dovuto all'esposizione delle regole per la formazione di orbitali, purtroppo nella mente di molti studenti questo può essere il loro uso principale.

Insiste Bent:

L'adesione rigorosa alla Regola di Lavoisier richiede che i fatti siano esposti in modo induttivo, per catturare le idee, non di formulare ipotesi in modo meramente deduttivo.

Per esempio, c'è un solo isomero con formula molecolare CH_2Cl_2 , da questo fatto i chimici hanno supposto che l'atomo di carbonio ha una struttura tetraedrica. Questa supposizione, basata sui fatti, ha dato luogo alla branca della stereochemica.

Solo molto più tardi fu riportato da Pauling e Slater, che la più semplice descrizione delle valenze tetraedricamente dirette dell'atomo di carbonio in termini di armoniche sferiche centrate su esso potevano essere interpretate da orbitali ibridi sp^3 . L'ibridazione è conseguente ai fatti, non i fatti dall'ibridazione.[14, p. 422]

Dopo altri esempi, Bent conclude:

È un fatto che gli studenti arrivano al college con una scarsa conoscenza della chimica descrittiva. Con riluttanza, il Comitato per la Formazione Professionale (CPT) dell'American Chemical Society ha raccomandato una maggior flessibilità nei programmi dei corsi di chimica di base valorizzando gli argomenti di chimica descrittiva, istituendo eventualmente corsi avanzati per approfondimenti.

Se la raccomandazione fosse accolta, dice Bent, ci sarebbero meno ripetizioni. Infatti, tutto il discorso sui moderni "orbitali molecolari" (e anche sulla termodinamica formale), viene generalmente ripetuto all'università. [4, 422]

Non mi sembra che la raccomandazione del CPT e le considerazioni di Bent siano state recepite, tantomeno in Italia, voi che ne dite?

Per le note biografiche mi sono servito delle seguenti fonti:

<http://www.eoht.info/page/Henry+Bent>

<https://cse.umn.edu/news-feature/in-memoriam-henry-albert-bent/>

<http://www.post-gazette.com/news/obituaries/2015/01/11/Pitt-professor-proved-that-science-can-be-fun/stories/201501080119>

<http://garfield.library.upenn.edu/classics1982/A1982PE54500001.pdf>

Bibliografia

- [1] (a) H.A. Bent, *The Second Law: an Introduction to Classical and Statistical Thermodynamics*. Oxford University Press, 1965; (b) H. A. Bent, Haste Makes Waste: Pollution and Entropy, *Chemistry*, **1971**, *44*, 6-15.
- [2] H. A. Bent, Entropy and the Energy Crisis, *The Science Teacher*, **1977**, May, 25-30.
- [3] (a) L. Pauling, The Nature of the Chemical Bond. Application of Results Obtained from the Quantum Mechanics and from a Theory of Paramagnetic Susceptibility to the Structure of Molecules, *J. Am. Chem. Soc.*, **1931**, *53*, 1367-1400. (b) L. Pauling, The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals: An Introduction to Modern Structural Chemistry, Oxford University Press, London, 1939. Trad ital.: La natura del legame chimico, Franco Angeli, Milano, 2011 (ripubblicato, tradotto in italiano la prima volta dopo la Liberazione).
- [4] H.A. Bent, An Appraisal of Valence-Bond Structures and Hybridization in Compounds of the First-Row Elements, *Chem. Rev.*, **1961**, *61*, 275-311.
- [5] *Current Contents/Physical Chemical & Earth Sciences*, n.37, September, 13, 1982, p. 22
- [6] C.A. Coulson, La Valenza, Zanichelli, Bologna, 1964 (Trad. it. Sulla II Ed. Amer., 1961)
- [7] H.A. Bent, Electronegativities from Comparison of Bond Lengths in AH and AH⁺, *J. Chem. Phys.*, **1960**, *33*, 1258-1259
- [8] H.A. Bent, Correlation of Bond Shortening by Electronegative Substituents with Orbital Hybridization, *J. Chem. Phys.*, **1960**, *33*, 1259-1260.
- [9] H.A. Bent, Bond Shortening by Electronegative Substituents, *J. Chem. Phys.*, **1960**, *33*, 1260
- [10] I.V. Alabugin, S. Bresch, M. Manoharan, Hybridization Trends for Main Group Elements and Expanding the Bent's Rule Beyond Carbon: More than Electronegativity, *J. Phys. Chem. A* **2014**, *118*, 3663– 3677
- [11] "Pitt professor proved chemistry can be fun", nel titolo del necrologio sulla scomparsa di Bent pubblicato dalla Pittsburgh Post-Gazette l'11 gennaio 2015 a firma Jill Harkins
<http://www.post-gazette.com/news/obituaries/2015/01/11/Pitt-professor-proved-that-science-can-be-fun/stories/201501080119>
- [12] H.A. Bent, Flames: A Demonstration Lecture for Young Students and General Audiences, *J. Chem. Educ.*, **1986**, *63*, 151-155
- [13] H.A. Bent, Should Orbitals be X-Rated in Beginning Chemistry Courses?, *J. Chem. Educ.*, **1984**, *61*, 421-423
- [14] L. Pauling, Throwing the Book at Elementary Chemistry, *The Science Teacher*, **1983**, *50*, 25-29

[15] A.L. Lavoisier, *Traité Élémentaire de Chimie*, Couchet, Paris, 1789, pp. vi e viii, scaricabile da

<http://www.labirintoermetico.com/01Alchimia/>

Lavoisier_A_L_de_Traite_elementaire_de_chimie(1789).pdf

L'impatto del progetto PROFILES - Parte 2. L'eccellenza in pratica

Liberato Cardellini

Università Politecnica delle Marche, Ancona
l.cardellini@univpm.it

Abstract

A great deal of effort has been devoted to the professional development of teachers in the belief that motivated teachers, who are interested in their students and perceive the effectiveness of their skills, can improve students' academic results. Significant learning experiences in which students are actively involved and new teaching practices used by teachers involved in the PROFILES project are here reported.

In a vocational school, the collaboration and enthusiasm of the teachers made it possible to change the attitude and increase the motivation of the students who were initially not very interested in school teaching. This small 'miracle' is reported in the first experience, in which the interest in a school project grew during the school year and in the end the students were proud and enthusiastic about their work. The didactic experiences reported here constitute a small part of what teachers have done using the philosophy of the PROFILES project. A more complete report is available at the URL <https://www.profiles.univpm.it>. These important results have been possible thanks to two indispensable components: teachers willing to participate and the continuous professional development program. Changes are slow and can be encouraged by the perception of the teacher to teach successfully and have an impact on student education. The experiences reported here show that changes are possible and excellence in teaching is a reality.

L'eccellenza nell'insegnamento

Nella prima parte è stato considerato il grande impegno dedicato allo sviluppo professionale degli insegnanti e si è visto come l'obiettivo del programma di sviluppo professionale fosse quello di incoraggiare gli insegnanti a diventare dei leader. Vediamo ora con qualche esempio come questo traguardo non comune sia stato raggiunto. L'esperienza che segue ha luogo in una scuola professionale di Tolentino, con le alunne della seconda classe Operatore della moda. Le scuole professionali vengono ritenute un ambiente in cui insegnare è più difficile rispetto ad altre scuole, in generale per il poco interesse degli studenti verso il percorso scolastico di formazione. "Perché dobbiamo studiare queste cose?"; "No prof.: questo non ci interessa"; "A che serve la chimica?" In questi contesti il primo intervento necessario è di riuscire a catturare e sviluppare l'interesse degli alunni.

La sfida per l'insegnante è molto impegnativa: catturare l'interesse delle studentesse per avere di fatto una 'nuova' classe. Secondo la letteratura, il processo di trasformazione di un individuo, per diventare membro di un nuovo gruppo è complesso e attraversa tre fasi distinte: (Coulon, 2004, p. 110)

- The separation of the novice from his or her previous group.
- The liminal time when the subject is at the social margins, with neither past nor future.
- The membership stage, when the subject can live naturally in the new group because he or she has been initiated into the new world through a process of routinization. He or she has become, or is becoming, a member.

La trasformazione che avviene in una classe non è così radicale, ma si tratta di un cambiamento importante, che richiede capacità professionali, umane ed etiche non comuni da parte dell'insegnante. Per catturare il loro interesse, l'insegnante dovrebbe essere un esempio anche da ammirare e che in qualche modo riesce a sedurre i propri studenti: "The real question is how one can get students interested in learning – more correctly, interested in learning those things that adults deem worthwhile. Seduction, I think." (Herron, in Cardellini, 2002, p. 57)

Nel 2013 la classe poteva partecipare al concorso nazionale "Adotta Scienza e Arte", con una produzione di elaborati grafici su stoffa ispirati da frasi di grandi personaggi del mondo della scienza e di abbinarvi un personale commento in forma scritta. Questa è stata l'occasione giusta per approfondire in modo interdisciplinare il legame tra Scienza e Arte, con lo scopo di promuovere curiosità, conoscenze e abilità creative nelle alunne. La proficua collaborazione tra nove docenti dei diversi settori disciplinari (scientifico-tecnico-umanistico) è stata con successo trasferita alle allieve, le quali nello svolgersi del processo sono diventate protagoniste attive del loro sapere, incoraggiate dalle loro docenti che hanno svolto il ruolo di facilitatrici, oltre che di detentrici del sapere.

Per le studentesse il progetto ha avuto come filo conduttore la piacevole scoperta del sapere e del saper fare. Fondamentale è stato il contributo della docente di Italiano nella fase iniziale e conclusiva in cui le alunne hanno liberamente selezionato le frasi di interesse, analizzato le stesse ed infine elaborato un commento da abbinare all'elaborato grafico prodotto. Le studentesse hanno lavorato in coppie eterogenee formate in modo da potenziare le diverse abilità e favorire la collaborazione tra pari ed incentivare il lavoro di gruppo. La didattica laboratoriale ha rappresentato il punto di raccordo tra la realtà quotidiana e la teoria svolta in aula, ovvero, dal macro al micro.

Un primo esperimento ha avuto luogo nel laboratorio di Chimica, in cui le alunne hanno effettuato l'estrazione del pigmento della clorofilla dagli spi-

naci (Figura 1) ottenuto dalla separazione dei vari componenti attraverso la cromatografia su strato sottile di silice (TLC), e utilizzato l'estratto grezzo per dipingere su stoffa; per procedere poi alla tintura e pittura con diversi pigmenti vegetali per completare poi con la produzione di originalissime shopping bags ecocompatibili.



Figura 1. Estrazione del pigmento della clorofilla dagli spinaci.



Figura 2. Cromatografia su strato sottile e prove di pittura su stoffa con estratto grezzo di clorofilla.

Un aspetto importante è la collaborazione di insegnanti di diverse materie che hanno partecipato a questo progetto interdisciplinare. Si è partiti promuovendo osservazioni e quesiti (brainstorming) da parte degli studenti, circa il fenomeno del colore. Le principali domande emerse sono state: cosa è il colore? a cosa sono dovuti i numerosi colori presenti nel mondo vegetale (fiori, frutti, piante)? come è possibile utilizzare questi colori per tingere e dipingere la stoffa? Alla formulazione dei quesiti hanno fatto seguito ipotesi volte alla spiegazione del fenomeno colore; per scoprire la validità di tali ipotesi si è proceduto alla sperimentazione (didattica laboratoriale).

In Fisica, attraverso il disco di Newton sono stati affrontati il tema del colore e dell'interazione luce-materia. Nel laboratorio di Biologia le studentesse hanno potuto osservare i cloroplasti al microscopio (Cellule di *Elodea canadensis* con cloroplasti. Foto realizzata al microscopio ottico (40x) con obiettivo collegato alla macchina fotografica digitale) e realizzare 'in situ' la produzione di ossigeno durante il processo della fotosintesi clorofilliana (Figura 3).

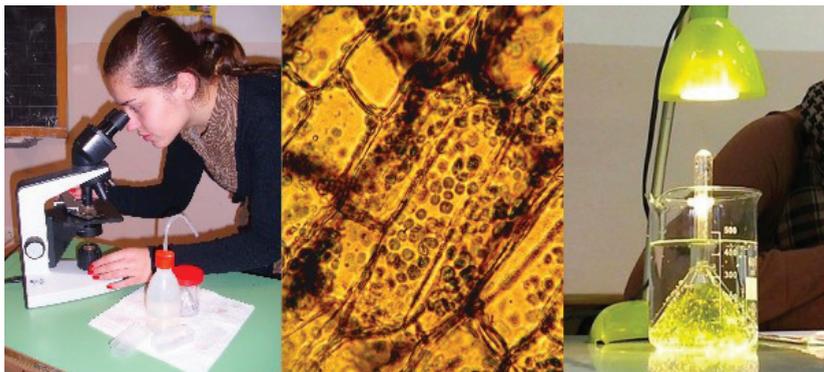


Figura 3. Osservazione dei cloroplasti in cellule di *Elodea canadensis* e dimostrazione della produzione di ossigeno.

In seguito, il lavoro pratico svolto nella classe ha riguardato il processo di tintura delle stoffe; in particolare riguardo l'uso, le caratteristiche principali e le proprietà chimiche di sostanze di natura vegetale quali: zafferano, indaco e cavolo rosso. Tra le numerose osservazioni e proposte delle allieve vi è stata quella di usare anche il caffè per tingere alcune stoffe (Figure 4 e 5).



Figura 4. Preparazione dei coloranti (cavolo rosso e spinaci) e prove di tintura.



Figura 5. La preparazione dei colori.

Le molecole dei coloranti di natura vegetale si legano alle molecole della stoffa da colorare, in maniera stabile, per la formazione di legami chimici e impartiscono una colorazione alle fibre. Si tratta di sostanze che contengono particolari molecole con dei doppi legami capaci di assorbire luce di particolari lunghezze d'onda. (Figura 6)



Figura 6. La tintura delle stoffe. I coloranti non legati vanno asportati dalle stoffe.

Eliminato il colore non assorbito, le stoffe colorate sono state asciugate: in mancanza dell'asciugatrice, è stata stesa una corda tra due alberi, Figura 7.



Figura 7. Le stoffe colorate sono asciugate per le successive lavorazioni.

Il lavoro delle alunne è proseguito nel laboratorio di Tecnologie e Tecniche di Rappresentazione Grafica (TTRG) dove le studentesse sono state impegnate nel disegno, pittura (eseguita sempre tramite utilizzo di pigmenti vegetali) e cucitura delle borse per la spesa. (Figure 8 e 9)



Figura 8. Preparazione dei bozzetti.



Figura 9. Trasferimento dei bozzetti sulle stoffe e cucitura.

I diversi gruppi hanno realizzato borse diverse (Figura 10) e a conclusione del lavoro le studentesse hanno preparato le presentazioni per il resto della classe degli esperimenti fatti sull'estrazione della clorofilla (Chimica e laboratorio) e sintesi clorofilliana (laboratorio di Biologia). Per terminare in tempo utile per la consegna degli elaborati nella data stabilita dal concorso, le studentesse hanno lavorato in orario extracurricolare. Un grande motivo di soddisfazione per le allieve è stato l'arrivo in finale di tre delle cinque shopping bags realizzate dalle studentesse, di cui una risultata infine vincitrice del secondo premio. Questo progetto è stato anche presentato ad un congresso internazionale. (Battistini et al., 2014)



Figura 10. Sfilata delle studentesse con le borse realizzate.

Nell'ambito del progetto PROFILES la collaborazione tra insegnanti è ritenuta importante ed è stata sempre incoraggiata, perché questo permette di avere un potente ambiente di apprendimento, che facilita il coinvolgimento e l'impegno di tutti gli studenti. La collaborazione positiva tra gli studenti viene generata e alimentata dall'entusiasmo degli insegnanti. L'entusiasmo degli insegnanti è una variabile complessa che coinvolge diverse dimensioni ed è stata definita come “*the conjoined occurrence of positive affective experiences, that is, teaching-related enjoyment, and the behavioral expression of these experiences, that is (mostly nonverbal), behaviors of expressiveness.*” (Keller et al., 2016, p. 751)

L'entusiasmo, un senso di ottimismo accademico, il piacere di insegnare, la percezione della propria efficacia e delle proprie capacità di insegnamento sono indicatori importanti di un insegnamento di qualità che influisce molto positivamente sui risultati scolastici degli studenti. (Tschannen-Moran, Woolfolk Hoy, 2001) Sono da considerare anche le componenti affettive percepite dagli studenti: “When experienced and displayed enthusiasm co-occur within a teacher, (s)he is experiencing an ‘authentic enthusiasm’, which is characterized by both experienced enjoyment, pleasure, and passion and by observable behaviours such as vigour, involvement, and high expressiveness. This kind of authentic enthusiasm has been shown to favour students’ interest and emotional experiences by triggering higher enjoyment and lower boredom” (Burić, Moè, 2020, p. 2)

La letteratura offre interessanti osservazioni sulla consistenza dell'ottimismo accademico: “A person can express enthusiasm because he/she thinks it is a fruitful way to transmit knowledge or – more authentically – because he/she feels positive affect, mainly joy. This latter is, of course, the best occurrence. Actually, up-regulating positive affect (not really felt) is an effortful strategy that can lead to stress and burnout but can also increase psychological functioning if the teacher directs this emotional

regulation toward valued, long-term goals. ...teachers experience positive affect in a wide range of situations, such as seeing students make progress, having responsive students, spending more time with students, parents supporting teachers' efforts, feeling competent and perceive self-efficacy. Following an appraisal perspective, emotions arise in the face of goal relevance, goal congruence and ego-involvement. All these factors affect the tonality and the intensity of the emotions that teachers feel.” (Moè, 2011, p. 372)

Per ottenere i risultati di coinvolgimento presentati in questo articolo, le qualità di un buon insegnante che svolga nella classe un lavoro professionale, potrebbero non essere sufficienti; è anche necessario amare il proprio lavoro. “We need teachers who teach well and adopt good strategies and praxes, but who also love their work, where ‘love’ means both ‘liking’, obtaining positive affect from working with students and colleagues, and at the same time ‘managing’, feeling capable and believing themselves able to overcome the difficulties encountered in teaching.” (Moè, Pazzaglia, Ronconi, 2010, p. 1151)

Insegnare con questi standard elevati è molto impegnativo e l'insegnante si sente gratificato dalle soddisfazioni sul lavoro. Gli studenti si trovano meglio in un ambiente di apprendimento nel quale percepiscono l'entusiasmo dell'insegnante e, come se avvenisse una sorta di contagio, aumentano la loro motivazione verso l'impegno. Come si evince dalle Figure 4-6, questa esperienza è stata resa possibile dalle pentole e scodelle portate da casa dagli insegnanti e dalle studentesse hanno lavorato oltre l'orario scolastico, alcune superando i disagi dovuti ai pochi mezzi pubblici per il ritorno a casa.

Nuovi approcci pedagogici e nuove pratiche

Riferendosi alla prova del nove della moltiplicazione imparata in modo meccanico alle elementari, John Bruer sostiene che “Many students don't know why the math procedures they learn in school work. Students leave school having the computational skills to solve standard problems but lacking the higher-order mathematical understanding that would allow them to apply their skills widely in novel situations. Too often, math instruction produces students who can manipulate number symbols but who don't understand what the symbols mean.” (Bruer, 1993, p. 81)

Probabilmente ancor oggi la prova del nove viene insegnata come una successione di operazioni da compiere, e usata come un algoritmo che funziona (anche se non esaustivo: $12 \times 12 = 144$; anche 153 soddisfa la prova del nove, pur essendo un risultato sbagliato). Ma il punto sollevato da Bruer è sostanziale: gli algoritmi, per essere realmente utili devono essere compresi. In questo modo l'apprendimento è produttivo e si possono applicare le abilità imparate in situazioni diverse.

Il progetto PROFILES è basato sul coinvolgimento attivo degli studenti e sui processi di inquiry proprio con lo scopo di rendere più profonda la comprensione. Anche per l'influenza del costruttivismo, l'apprendimento per scoperta è stato un'idea importante nell'istruzione. In una estesa review, Richard Mayer dimostra che la scoperta guidata è superiore alle altre forme di inquiry: "Pure discovery did not work in the 1960s, it did not work in the 1970s, and it did not work in the 1980s, so after these three strikes, there is little reason to believe that pure discovery will somehow work today." (Mayer, 2004, p. 18)

Per avere un impatto, anche i metodi di inquiry hanno la necessità della figura dell'insegnante come guida ed esperto, perché l'obiettivo è aiutare gli studenti a raggiungere il massimo delle loro potenzialità attraverso delle opportune esperienze significative. "Teachers must be able to teach and guide inquiry-based learning from a solid understanding of the structure and organization of knowledge within the discipline as well as its foundational facts and principles. And they need to be familiar with the means of discourse or ways of knowing and knowing how or habits of thinking within a discipline. ... For students, disciplinary literacy involves developing expertise in the content and the rhetorical processes, genres, methods, inquiries, and strategies of a discipline. ... It means understanding what counts within the discipline as a good question, evidence, problem, or solution." (McConachie, 2010, p. 21)

Un importante articolo di grande impatto (oltre 7.000 citazioni) argomenta e spiega la necessità da parte degli studenti di essere guidati: "Inquiry-based instruction requires the learner to search a problem space for problem-relevant information. All problem-based searching makes heavy demands on working memory. Furthermore, that working memory load does not contribute to the accumulation of knowledge in long-term memory because while working memory is being used to search for problem solutions, it is not available and cannot be used to learn." (Kirschner, Sweller, Clark, 2006, p.77)

Un articolo in risposta a quello appena citato, difende l'apprendimento basato sui problemi e i metodi di inquiry, ma contesta il fatto che siano metodi di apprendimento per scoperta e afferma il ruolo fondamentale dell'insegnante per il successo di questi metodi. "Both PBL [Problem-Based Learning] and IL [Inquiry Learning] are organized around relevant, authentic problems or questions. Both place heavy emphasis on collaborative learning and activity. In both, students are cognitively engaged in sense-making, developing evidence-based explanations, and communicating their ideas. The teacher plays a key role in facilitating the learning process and may provide content knowledge on a just-in-time basis." (Hmelo-Silver, Golan Duncan, Chinn, 2006, p. 100)

Questo dibattito ha a che fare con la questione centrale della costruzione della conoscenza a scuola e rende conto della caduta delle idee del costruttivismo come pratica pedagogica, almeno di quelle che propongono approcci radicali. (Solomon, 1994) Viene riconosciuta l'importanza centrale dell'insegnante che con la sua competenza può agire come facilitatore dell'acquisizione della conoscenza da parte dello studente: posizione ampiamente condivisa da questo progetto.

Con l'aumento delle conoscenze teoriche acquisite e della fiducia del loro impatto nell'insegnamento, negli insegnanti aderenti al progetto è scaturito il desiderio di mettere in pratica quanto appreso e sono state pianificate delle esperienze basate sulle nuove pratiche; in molte classi l'apprendimento cooperativo è divenuto una pratica comune per coinvolgere gli studenti (Figure 11 e 12). Molti bambini sono naturalmente portati a lavorare insieme ad altri e anzi, lo trovano divertente; in altre età l'interazione con gli altri diventa a volte più problematica, ma non per questo meno utile dal punto di vista della crescita cognitiva.



Figura 11. Lavoro cooperativo nelle scuole materne e all'elementari.



Figura 12. Lavoro cooperativo nelle scuole superiori.

Diversi progetti sono iniziati nel 2011 e negli anni sono aumentati in numero e consistenza: uno dei primi corposi progetti è nato dalla collaborazione di due insegnanti, di Biologia e di Chimica, che hanno trovato il modo di rendere entusiasmanti le loro materie, ponendosi degli obiettivi

didattici molto impegnativi. (Bianchini et al., 2018) Insegnanti di matematica hanno cercato di utilizzare delle esperienze per rendere gli argomenti del programma più interessanti, sia collaborando tra loro, che con altri colleghi insegnanti di altre materie. Diverse di queste collaborazioni tra insegnanti hanno continuato nel tempo e ancora oggi producono importanti risultati pedagogici.

La geometria e la teoria delle proporzioni trovano applicazioni in molti ambiti e discipline; una sua utilizzazione la si può vedere nell'ambito dell'arte ed in particolare nella pittura delle icone. Da questa idea è stato sviluppato un vivace progetto che ha coinvolto gli studenti in uno studio storico dello sviluppo delle icone e nella ricerca delle strutture geometriche. Il progetto "imparare la geometria con le icone" è stato pianificato in risposta ad un alunno, cui non piaceva la geometria, che chiedeva a cosa servisse studiare tale disciplina. L'insegnante ha spiegato alla classe che cos'è un'icona, le tecniche di scrittura e soprattutto lo studio propedeutico e geometrico che ne è la base fondamentale.



Figura 13. Studio delle forme geometriche nelle icone; un gruppo presenta il proprio lavoro; una suora riproduce delle icone.

Gli alunni divisi in gruppi cooperativi, hanno eseguito ricerche riguardanti l'aspetto pittorico, tecnico, storico e critico relativamente alle Icone Bizantine. Gli studenti approfondiscono l'aspetto geometrico di base con particolare attenzione ai vari tipi di prospettiva e ciascun gruppo prepara una relazione e la presentazione del proprio lavoro. Il progetto si conclude con la visita ad un monastero in cui vengono riprodotte le icone. (Figura 13)

Altri studenti del Liceo coinvolti in attività laboratoriali impegnati in gruppi cooperativi che si assegnano compiti di matematica e geometria e si spiegano gli argomenti a vicenda. Un progetto articolato e sviluppato dalla collaborazione di alcuni insegnanti di diverse materie in cui l'insegnante di musica ha lavorato con gli studenti ad un'indagine matematica attraverso il suono e l'indagine storicistica ha considerato la figura di Pitagora utilizzando gli strumenti dell'epoca riprodotti: il monocorde e la lira (Figura 14).



Figura 14. Studenti riproducono i suoni con strumenti dell'epoca di Pitagora; studentesse alle prese con la traduzione del teorema di Pitagora dal Greco e studenti che in gruppo preparano le loro lezioni.

A questo progetto hanno contribuito anche gli insegnanti di storia, italiano, filosofia e greco con argomenti collegati con la figura di Pitagora. L'insegnante di matematica ha sviluppato la parte relativa allo studio dei numeri e della geometria nella scuola Pitagorica. Questi progetti hanno entusiasmato gli studenti, che hanno informato e contagiato i genitori ed hanno avuto risonanza nella stampa locale (Figura 15). Numerosi sono gli esempi di insegnanti che guidano i loro studenti, in genere lavorando in gruppi, nella preparazione di lezioni e presentazioni.



Figura 15. Pagine del settimanale L'azione di Fabriano (AN); Pitagora e le icone. La foto riguarda la presentazione del progetto nella conferenza PROFILES all'UniFabriano.

Giusto come esempio viene fatto cenno al progetto “Oggi il Latino lo spieghiamo noi!”, ambientato in una seconda classe di un Liceo scientifico. L'insegnante ha diviso la classe in gruppi con ruoli e responsabilità, ed ha assegnato a ciascun gruppo un argomento del programma (dai comparativi di aggettivi e avverbi ai pronomi e aggettivi indefiniti). Mentre il resto della classe continuava a ‘fare gli studenti’, ogni gruppo doveva assumere il ruolo dell'insegnante: preparare la lezione e le verifiche orali, spiegare (e rispiegare) le strutture latine secondo le strategie didattiche da loro ritenute più efficaci (con l'unica richiesta di attuare un costante riferimento alla lingua italiana), interrogare (durante la lezione successiva alla spiegazione) in modo adeguato gli studenti, attribuire i voti utilizzando la griglia di valutazione fornita dall'insegnante.

Tra gli aspetti positivi di questo progetto sono stati evidenziati lo spirito di collaborazione e di autoregolazione del lavoro, la valorizzazione delle abilità di ogni membro del gruppo, una spinta a migliorare le proprie capacità espressive, un apprendimento di regole e declinazioni più efficace e più duraturo nel tempo. Molti studenti hanno apprezzato la nuova verifica orale: l'interrogazione è stata percepita come caratterizzata da una minor tensione (rispetto all'interrogazione tradizionale da parte dell'insegnante), verificare le conoscenze dei propri compagni è stato definito ‘appagante’ ed alcuni hanno ritenuto che la griglia di valutazione sia stata la garanzia di una maggiore oggettività della valutazione.

Tra punti di debolezza del progetto c'è la preoccupazione di affrontare da soli nuovi argomenti, temendo di non essere sufficientemente esaustivi e chiari nelle spiegazioni. Alcuni studenti hanno evidenziato l'accumularsi del lavoro in concomitanza delle numerose verifiche: probabilmente un punto di debolezza non tanto del progetto, quanto dei programmi scolastici eccessivamente carichi di argomenti, in rapporto alla disposizione all'impegno degli studenti di oggi.

Quando si giunge verso la fine dell'anno scolastico, gli insegnanti sono pressati dalla necessità di terminare il programma e di avere un numero di compiti in classe e di interrogazioni sufficienti per dare un giudizio onesto delle capacità scolastiche degli studenti. E gli studenti? I pochi disposti a studiare pomeriggio e sera, si barcamenano tra le molte scadenze, mentre la maggioranza studia in modo superficiale o ricorre ad altri metodi, come ad esempio copiare. Analisi eccessivamente negativa? Quando al corso di chimica all'università si parla dell'atomo di Bohr e si chiede agli studenti la formula della legge di Coulomb che descrive la forza di attrazione tra due cariche elettriche, soltanto una sparuta minoranza è in grado di ricordare la formula studiata magari pochi mesi prima. Una contrazione ragionata degli argomenti nei programmi e un maggiore approfondimento degli stessi, certamente darebbe luogo ad una migliore formazione degli studenti.

Un'insegnante di matematica che con grande entusiasmo ha utilizzato le idee PROFILES, da subito si è sforzata di cambiare il proprio modo d'insegnare, sostituendo parte della lezione frontale con il lavoro di gruppo, usando la metodologia 'imparare facendo e riflettendo su ciò che si è fatto'. Se risolvere un'equazione, affrontare un problema di geometria, piuttosto che studiare una funzione, spesso appare come un inutile esercizio fine a sé stesso, da sapere per superare una prova, e da dimenticare al più presto, tanto non servirà a niente nella vita reale e se (a torto) la matematica è considerata astrusa, allora è necessario cambiare il modo d'insegnare e mostrare l'utilità della matematica per meglio comprendere la vita di tutti i giorni. (Figura 16)

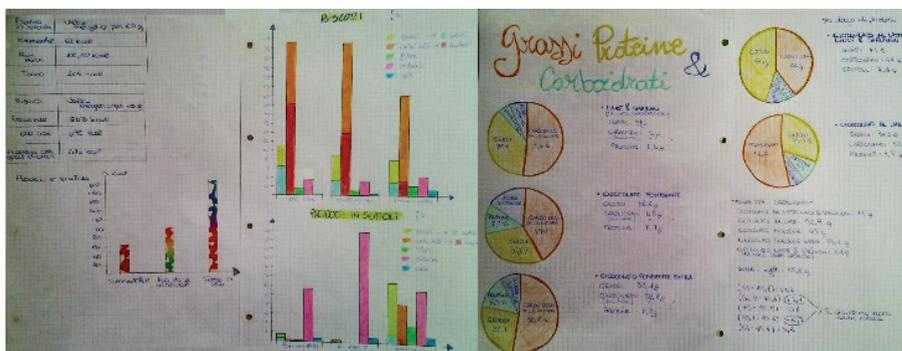


Figura 16. Grafici rappresentanti i valori nutrizionali di alcuni alimenti e la loro composizione: la rappresentazione matematica aiuta la comprensione.

Da questa analisi sono state pensate, strutturate ed organizzate le attività ritenute più funzionali per affrontare un determinato argomento; cercando di capire quali erano i modi migliori per lo studio di quel certo argomento tenendo conto degli studenti in quel contesto di classe, in quel particolare momento dell'anno scolastico. Questo richiede l'uso di una serie di strategie da costruire e adattare alla crescita degli studenti e certamente un grande impegno da parte dell'insegnante. Gli studenti vengono incoraggiati a studiare insieme, a fare mappe concettuali per sintetizzare quanto vanno studiando, a svolgere esercizi e a preparare presentazioni di argomenti del programma. (Figura 17)

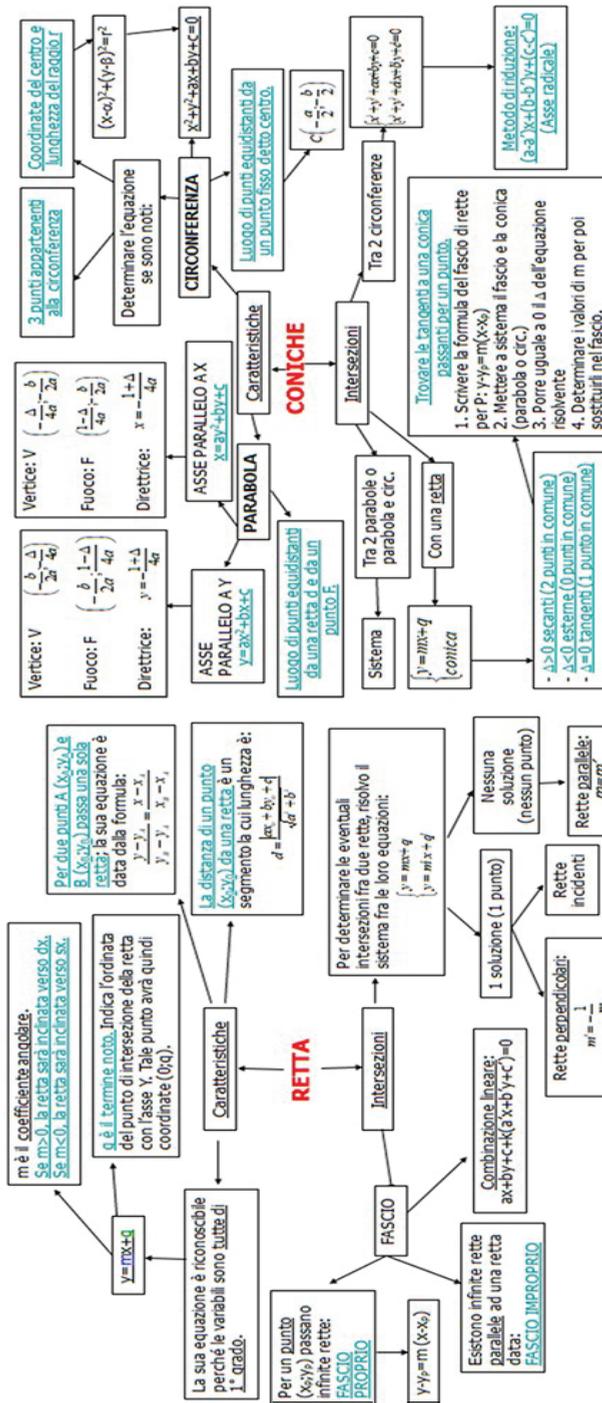


Figura 17. Mappe concettuali schematizzate dopo aver studiato la retta e le coniche.

Opportuni problemi collegati con argomenti curriculari vengono proposti per stimolare l'interesse e far lavorare gli studenti in gruppo: *“Nelle distese assolate di Zoolandia si può incontrare anche una strana coppia: una chilometrica giraffa e un minuscolo colibrì che, uno sull'altra, osservano dall'alto la vita del posto. Se insieme raggiungono l'altezza di 5 metri e 10 centimetri, e la giraffa è più alta del colibrì di 5 metri, quanto è alto il colibrì?”* Oppure, *“Al cinema con gli occhiali 3D possiamo vedere immagini tridimensionali e la realtà virtuale ci circonda, rendendoci protagonisti degli eventi della pellicola. Gli ‘occhiali delle potenze’ però sono ancora più potenti! Possono portarci in 4D, 5D, 100D e oltre, dove vogliamo noi.*

Compito:”

- Sviluppate le potenze e calcolate il risultato:
 $a^4 \times a^5 = \dots$ $a^6 \times a^3 = \dots$ $a^7 : a^4 = \dots$
 $a^4 : a^6 = \dots$ $a^5 : a^5 = \dots$ $(a^3)^4 = \dots$
- Progettate un percorso per spiegare i risultati ottenuti in modo generale.
- Attribuite il segno ai risultati delle seguenti potenze:
 $(-a)^2$ $(-a)^3$ $(-a)^n$ $(a)^{-3}$ $(-a)^{-2}$
- Progettate una sintesi per spiegare i segni ottenuti.
- Provate a calcolare e spiegare il valore di a^0 .

Per l'esercitazione sugli insiemi è stato usato il problema *On the road* (Figura 18): *“Siete sul marciapiede che costeggia una strada. Decidete di osservare le auto e i vari mezzi che passano e di classificarli a piacere. Ideate e strutturate un percorso che, attraverso l'esame delle auto e dei mezzi che transitano sulla strada, permetta di creare insiemi e sottoinsiemi, di rappresentarli nei modi conosciuti, di operare mediante unione, intersezione, differenza e prodotto cartesiano. Infine, definite possibili partizioni di uno degli insiemi creati. Ideate un problema reale risolvibile mediante rappresentazione con i diagrammi di Eulero-Venn, risolvetelo e successivamente proponetelo agli altri compagni di classe.”*

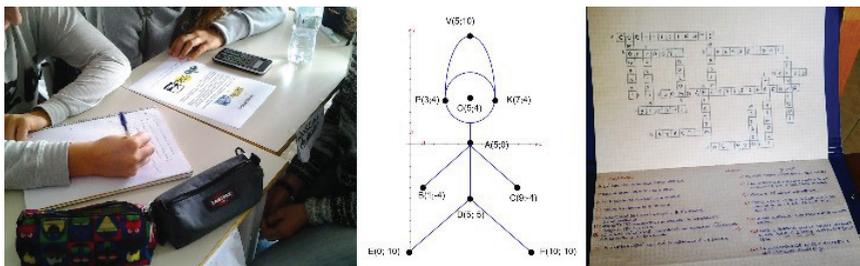


Figura 18. Studenti risolvono il problema ‘On the road’; figura creata da un gruppo per presentare il piano cartesiano; uno dei molti ‘cruciverba matematici’.

Questo approccio è stato messo a punto in due anni di sperimentazioni e poi usato in modo sistematico in un biennio di un liceo linguistico. Ogni argomento viene affrontato con poche lezioni frontali, il minimo indispensabile per 'indossare la tuta ed imparare a maneggiare gli attrezzi'; poi attività di gruppo volte a risolvere questioni assegnate, in cui è necessario, ma non sufficiente, utilizzare le conoscenze studiate; serve anche inventiva, creatività e piena padronanza dei mezzi che la matematica mette a disposizione. Il monitoraggio eseguito sugli esiti delle prove di verifica effettuate al termine di ogni modulo, è risultato decisamente incoraggiante. Ottenere risultati significativi in termini di apprendimento rappresenta la migliore gratificazione professionale: fare lezione e vedere interesse, curiosità, voglia di fare è di gran lunga più gratificante che osservare sbadigli e studenti distratti.

Questo modo di insegnare e i risultati positivi ottenuti sono stati presentati in un paio di conferenze (vedi oltre) e sono state molto apprezzate da altri insegnanti. Alcune considerazioni permettono di valutare l'importanza di questo approccio, che si potrebbe definire come 'imparare divertendosi'. Le emozioni, specie se positive aiutano il coinvolgimento degli studenti: secondo la terza legge della cognizione, "Feeling comes first"; importante è anche la prima "There are no benefits without costs" (Tversky, 2019, p. 289)

Cogliere l'aspetto ludico dell'apprendimento può migliorare il coinvolgimento, la motivazione e l'impegno degli studenti e facilita il raggiungimento di quello stato che Csikszentmihalyi chiama flusso (flow): condizione di forte motivazione che permette di realizzare l'esperienza ottimale. Le condizioni che permettono lo stato di flusso includono: "Perceived challenges, or opportunities for action, that stretch (neither overmatching nor underutilizing) existing skills; a sense that one is engaging challenges at a level appropriate to one's capacities" e "Clear proximal goals and immediate feedback about the progress that is being made." (Nakamura, Csikszentmihalyi, 2002, p. 90)

Gli studenti vanno incoraggiati ed elogiati quando persistono davanti alle difficoltà o quando fanno qualcosa di originale; va sottolineato il processo o l'originalità del ragionamento piuttosto che l'abilità (ad esempio: lavoro originale! Piuttosto che 'sei sveglio' è meglio dire 'hai ragionato molto bene', perché gli studenti possono con l'impegno sviluppare la loro intelligenza). Per favorire il 'flusso', i compiti devono estendere le abilità esistenti e la loro difficoltà deve essere calibrata, né troppo facili ma neppure troppo difficili: "solving a problem gives people pleasure, but the problem must be easy enough to be solved yet difficult enough to take some mental effort. Finding this sweet spot of difficulty is not easy." (Willingham, 2009, p. 17)

Per meglio comprendere il valore di queste prime esperienze riportate, va considerato che il programma di sviluppo professionale non mirava ad ag-

giungere nuove abilità al repertorio esistente, ma a trasformare il modo d'insegnare, ovvero a cambiamenti nelle convinzioni, conoscenze e abitudini derivate da pratiche profondamente radicate. Ecco perché dopo alcuni incontri con i gruppi di insegnanti seguivano incontri per lo più personali, per discutere difficoltà e successi e considerare i possibili miglioramenti. Questo programma a lungo termine ha richiesto diverse migliaia di ore di impegno. Come mai? I cambiamenti sono lenti e incerti e non possono essere imposti: "Change cannot be imposed. Teachers must be brought into the process of change as partners. ... Change is slow, uncertain, and has many backward steps as well as forward ones." (Adey et al, 2004, p. 16)

Alcuni insegnanti misurano l'impatto del proprio modo di insegnare in vari modi; ad esempio attraverso l'andamento dei voti assegnati agli studenti nel corso dell'anno nei compiti in classe. Questo può essere ritenuto un metodo oggettivo in quanto l'unica variabile è l'attitudine degli studenti e il miglioramento dei voti può essere attribuito al metodo di insegnamento. Un esempio è riportato nella Newsletter n. 7.

Per queste e per molte delle esperienze che verranno riportate, indipendentemente dalla materia insegnata, si può applicare quanto segue: "Teachers of mathematics cannot successfully develop their students' thinking, reasoning, and communication skills simply by adopting a new curriculum or by using more hands-on materials. Rather they must thoroughly overhaul their thinking about what it means to know and understand mathematics and how they can best support their students as they struggle to learn deeper and more complex mathematics. ... teachers' everyday work could become a source for constructive professional development through the development of a curriculum for professional learning that is grounded in the tasks, questions, and problems of practice. ... Unlike theories, propositions, principles, or other abstractions, the particularities of cases vividly convey the profusion of events, actions, and thought that comprise the moment-by-moment lived experience of a classroom lesson." (Smith et al., 2005, p. 75)

Interrogazione cooperativa e apprendimento visibile

Per aiutare gli studenti nella comprensione del testo in una classe con studenti che presentano diverse criticità, una esperienza importante è stata messa a punto da una insegnante di matematica nelle scuole medie. Gli studenti sono suddivisi a coppie nei banchi con due postazioni. L'insegnante detta lentamente il testo di un problema e un alunno rilegge il problema attentamente ad alta voce. Gli studenti individuano (sottolineano o cerchiano) le parole che non si comprendono. L'insegnante deve sempre chiedere il significato di tutte le parole, anche di quelle più semplici. Non si

deve dare nulla per scontato, a volte anche parole del tipo: doppio, metà, almeno, prodotto, perimetro, dimensioni, ecc. non sono capite/comprese da tutti in modo adeguato.

A turno gli alunni di ciascuna coppia cercano il significato della parola nel vocabolario e individuano la miglior definizione. Poi a turno gli alunni si spiegano il significato della parola (con parole mie). Infine, il tutto viene tradotto in termini matematici. Ad esempio: la somma di due segmenti, $AB+CD$; la base è il quadruplo dell'altezza, $b = 4 \times h$. Il problema viene riscritto utilizzando parole semplici (con parole mie): ogni alunno deve scrivere il problema. Ad alcuni studenti viene chiesto di leggere il testo ad alta voce. Quello scritto in modo completo e semplice viene riletto ad alta voce e trascritto sul quaderno da tutti gli alunni (Sono gli studenti a scegliere: l'insegnante funge da supervisore).

Si scrivono i dati, le richieste, la rappresentazione grafica e le eventuali domande che gli alunni pongono per poter risolvere il problema. A turno gli alunni rispondono (ad alta voce) alle domande e poi a coppie procedono alla soluzione scrivendo le operazioni (algoritmo). Accanto alle operazioni gli studenti sanno che è obbligatorio scrivere la risposta (cioè la spiegazione di cosa è stato trovato con quella operazione). Infine, uno o più alunni vengono chiamati alla lavagna per spiegare il procedimento con cui hanno risolto il problema. Un procedimento più lungo di altri possibili, ma con il vantaggio di permettere anche agli studenti con difficoltà di apprendimento, di comprendere e apprendere.

La prima esperienza di interrogazione cooperativa ha avuto luogo in una scuola media con studenti coinvolti in diversi lavori di cooperazione e, come risulta da filmati, gli studenti, sia quelli interrogati che il resto della classe prendono questo tipo di interrogazione molto responsabilmente (Figura 20). Si tratta di un'unità didattica strutturata nelle seguenti cinque fasi.

1. Divisione in gruppi di 4 alunni e assegnazione ad ogni gruppo di ruoli e responsabilità:
 - a. Presidente del gruppo: coordina il lavoro.
 - b. Sindaco del gruppo: garantisce l'ordine e il rispetto dei tempi.
 - c. Segretario: schematizza le conclusioni, realizza mappe concettuali.
 - d. Portavoce: espone alla classe il lavoro svolto, coadiuvato da tutto il gruppo.
2. L'insegnante assegna un argomento per ogni gruppo. Facciamo un esempio con le frazioni.
 - e. Gruppo n. 1: l'unità frazionaria, la frazione come operatore, frazioni proprie, improprie e apparenti.
 - f. Gruppo n. 2: la frazione come quoziente, frazione complementare, frazioni improprie e numeri misti, frazioni equivalenti.

- g. Gruppo n. 3: l'insieme dei numeri razionali assoluti, riduzione di una frazione ai minimi termini.
 - h. Gruppo n. 4: trasformazione di una frazione in un'altra equivalente di denominatore dato, riduzione al m.c.d.
 - i. Gruppo n. 5: confronto di frazioni, risoluzione di problemi diretti e inversi con le frazioni.
3. Studio del compito assegnato utilizzando il libro di testo, schematizzazione e mappa concettuale, strutturazione e preparazione dell'esposizione dell'argomento a tutta la classe. (Figura 19)
4. Esposizione alla classe e interrogazione cooperativa. In questa fase molto importante, a partire dal gruppo n. 1, ogni portavoce espone alla classe il compito assegnato utilizzando schemi, mappe e LIM. La classe è coinvolta e, per alzata di mano, gli alunni pongono domande su quanto esposto a tutto il gruppo. (Figura 20) Al termine delle domande di chiarimento, qualche alunno può chiedere che venga risolto qualche esercizio che sceglie autonomamente dal libro di testo.

In questo modo si svolge una interrogazione cooperativa dove tutti sono coinvolti. Il ruolo dell'insegnante è quello di facilitare e di effettuare approfondimenti durante ogni fase dei lavori. La fase di verifica con esercizi coinvolge sia il gruppo che espone ma anche chi ha scelto l'esercizio. In caso di risoluzione sbagliata, tutti concorrono ad individuare l'errore. A turno tutti i gruppi espongono il proprio argomento. L'insegnante valuterà ogni gruppo e la partecipazione di tutta la classe assegnando un voto orale per quanto riguarda la capacità che gli alunni hanno dimostrato nel sapere:

- 1) Individuare relazioni e funzioni.
- 2) Interpretare ed elaborare dati e previsioni.
- 3) Utilizzare i numeri e eseguire i calcoli numerici in modo corretto.
- 4) Collocare nello spazio e rappresentare con le figure gli argomenti approfonditi.

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



Figura 19. Lavoro di gruppo in classe; coltivazione delle piante e produzione di oggetti nel laboratorio di ceramica.



Figura 20. Alcune fasi dell'interrogazione cooperativa sull'argomento le proprietà dei triangoli: gli studenti prendono questo tipo di interrogazione molto responsabilmente.

Questa modalità di apprendimento è molto coinvolgente, responsabilizza ogni alunno, sulla base delle proprie capacità, ottimizza i tempi e rende l'apprendimento più piacevole e la didattica si orienta sull'acquisizione delle competenze importanti. La classe era stata coinvolta in un progetto di educazione all'imprenditorialità e per conseguire i numerosi obiettivi del progetto, alunni, docenti e genitori, hanno creato una cooperativa scolastica regolamentata da Statuto e Atto costitutivo, hanno eletto il Consiglio di amministrazione, il Collegio sindacale, i Cassieri che tengono aggiornato il libro cassa delle entrate e uscite. Gli alunni-soci della cooperativa scolastica svolgono, quasi mensilmente, delle assemblee che sono verbalizzate dai segretari e le loro attività sono realizzate tutte con metodologie cooperative. (Figura 21)



Figura 21. Elezione delle diverse cariche e assemblea degli eletti in consiglio comunale.

Apprendimento visibile, argomentazione e visualizzazioni costituiscono uno degli aspetti importanti e qualificanti di questo progetto. Rappresentare, spiegare, argomentare e illustrare sono procedure che aiutano gli studenti in molti modi, rendono significativo l'apprendimento e sono uno strumento per l'insegnante per verificare la comprensione dei passaggi, dell'uso di formule e dei concetti. La spiegazione è un aspetto importante della dimostrazione della comprensione perché uno studente potrebbe sbagliare facendo dei pas-

state colorate. Questo è il processo di problem solving usato dall'esperto, che prima di scrivere, risolve in modo qualitativo il problema. Nella premessa alla soluzione, la/il bambina/o scrive. "Io prima di cominciare ho scritto le iniziali dei colori per non sbagliarmi". Le iniziali dei colori vengono usate per diminuire le informazioni nella memoria di lavoro e come uno strumento per pensare in modo efficace: ciò che Ron Ritchhart chiamerebbe una 'Thinking routine'. (Ritchhart, 2002, Ch. 5; Ritchhart, Church, Morrison, 2011, Ch. 3)

Il "Giardino delle farfalle" nasce come percorso in verticale tra alunni della seconda e della quinta classe di una scuola primaria per introdurre il concetto di simmetria. L'idea è nata dal desiderio dei bambini di seconda di acquisire informazioni sulle farfalle. Dopo una prima discussione in classe, è stato deciso di chiedere aiuto alla classe quinta, dato che anche in altre occasioni i grandi erano intervenuti nella classe seconda per spiegare procedure o fornire i termini appropriati per quello che riguarda i contenuti di matematica e scienze. Perciò le insegnanti che da tempo collaboravano, si sono accordate per utilizzare una modalità diversa di tutoraggio che prevedesse l'utilizzo della LIM e del computer.



Figura 24. Dalle farfalle, agli elementi di simmetria, evidenziati con l'uso di specchi.

Le insegnanti hanno predisposto la bacheca di Padlet che permetteva alle due classi di scambiarsi notizie e curiosità sulle farfalle. Per riportare il compito alle simmetrie, i bambini di quinta hanno proposto al computer una farfalla priva di un'ala. I bambini di seconda hanno verificato l'impossibilità di ricostruirla con lo specchio; alla richiesta di aiuto gli studenti di quinta decidono di proporre l'uso di GeoGebra, che già sanno usare, e lo fanno attraverso un filmato che realizzano in classe. Arrivata la soluzione nella classe seconda via Padlet, tutti i bambini provano alla LIM a ricostruire l'ala mancante della loro farfalla. (Figure 24 e 25)

Le visualizzazioni sono rappresentazioni visive di dati non visibili e in chimica sono fondamentali, perché "Chemists are highly visual people who want to "see" chemistry and to picture molecules and how chemical transformations happen." (Zare, 2002, p. 1290) Le rappresentazioni permettono

di 'vedere' il mondo atomico e molecolare e sono importanti nella soluzione dei problemi. Gli studenti per comprendere hanno bisogno delle corrette rappresentazioni alle volte fornite dall'insegnante e l'insegnante per mezzo delle rappresentazioni degli studenti può rendersi conto se dei concetti sono stati compresi.



Figura 25. Scambio di informazioni: la farfalla Monarca e studio per la ricostruzione dell'ala mancante al computer.

Cosa succede nella mente quando si legge un testo e in particolare il testo di un problema che si deve risolvere? Si tratta di comprendere il testo, che viene codificato e interpretato dai propri schemi e modelli mentali: "To work on the problem, the solver must convert the string of words with which he is presented into some internal mental representation that can be manipulated in efforts to solve the problem. Understanding the problem then means constructing for it one of these internal representations." (Larkin, 1985, p. 142)

Gli studiosi distinguono le rappresentazioni in due categorie, rappresentazioni interne ed esterne: "Visual representations exist in two ontological forms. The first of these is as *internal representations* which are the personal mentally constructions of an individual, otherwise known as mental images. The second of these is as *external representations* which are open to inspection by others." (Gilbert, 2010, p. 5) Una rappresentazione è una struttura cognitiva che viene costruita in base alla conoscenza e alla sua organizzazione, che può assumere una varietà di forme: "A *problem representation* is a cognitive structure corresponding to a problem, constructed by a solver on the basis of his domain-related knowledge and its organization." (Chi, Feltovich, Glaser, 1981, pp. 121-122)

Per aiutare gli studenti nella soluzione dei problemi sulle titolazioni acido-base, è stata suggerita la 'Thinking routine' "Cosa c'è nel becher?". (Figura 26) Questo si è reso necessario perché dall'analisi delle difficoltà degli alunni è risultato che la loro maggiore difficoltà era collegare e utilizzare quanto studiato nella teoria alla risoluzione degli esercizi. Era necessario contestualizzare quanto avevano studiato e utilizzarlo per la soluzione dei problemi; alcuni studenti erano incapaci di costruire una sequenza

logica partendo dall'esame della situazione iniziale e di quella finale che devono raggiungere.

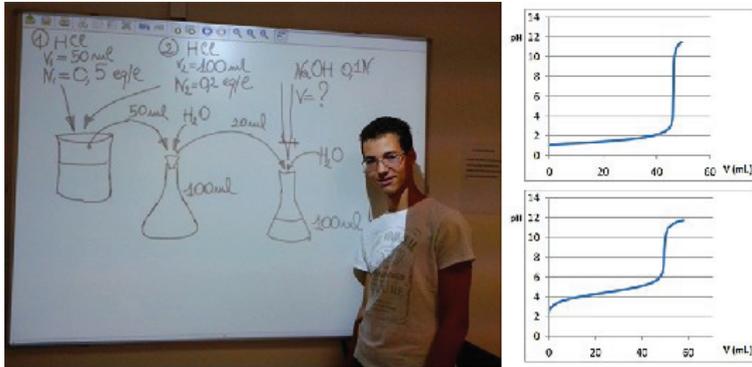


Figura 26. Rappresentazione di una titolazione acido-base e curve di titolazione.

La routine consiste nel rappresentare il becher con le specie chimiche in esso contenute nella fase iniziale e dopo ogni aggiunta di sostanze varie, diluizioni o mescolamenti di soluzioni. I vari disegni sono collegati agli step in cui può essere suddiviso il problema ed aiutano gli studenti a capire quali sono i parametri che variano in ogni step e quelli che invece restano invariati. Il calcolo del pH e la costruzione delle curve di titolazione evidenziano le differenze di comportamento di un acido debole rispetto ad uno forte (Figura 26).

In Fisica, la rappresentazione del problema è ugualmente importante: in un liceo scientifico e per favorire l'apprendimento significativo, l'insegnante chiede agli studenti nei compiti a casa, negli esercizi svolti alla lavagna e nei compiti in classe l'utilizzo dell'apprendimento visibile; alcuni esempi sono riportati nella Figura 27.

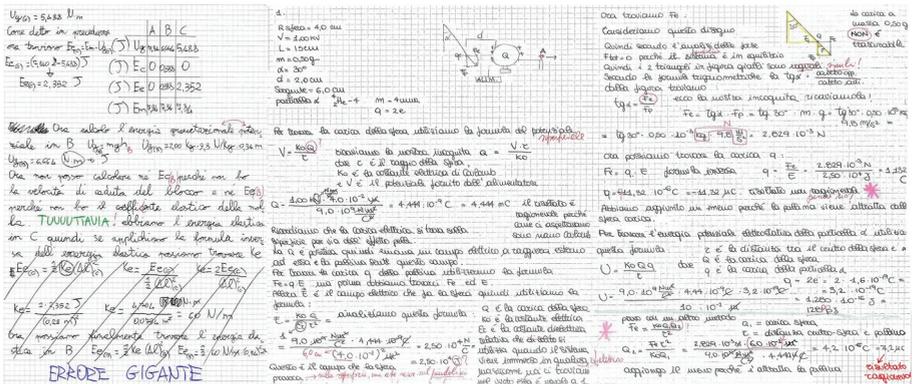


Figura 27. Esempi di problemi risolti rendendo visibile il ragionamento utilizzato nella soluzione.

Queste soluzioni consentono alcune osservazioni. Gli studenti utilizzano i numeri e le unità di misura in modo efficace ed eseguono operazioni sia sui numeri che sulle unità di misura: in questo modo viene in qualche modo verificato l'uso corretto della formula, infatti, nel risultato la carica risulta in Coulomb e nella seconda soluzione, viene stimato il risultato e verificato che è ragionevole. Gli studenti utilizzano le cifre significative nei calcoli e nella prima soluzione ci si accorge dell'errore fatto: siamo ai livelli elevati di acquisizione dell'autonomia dell'apprendimento.

Se gli studenti spiegano, argomentano, illustrano e giustificano i passaggi, quanto scritto come commenti costituisce la soluzione qualitativa del problema. Se, facendo la verifica si accorgono che il risultato non è corretto o accettabile, oppure il ragionamento fatto non convince, la verifica della consistenza logica della soluzione qualitativa è lo strumento migliore per trovare l'errore. In sua assenza, è molto meno probabile che riguardando le operazioni e i calcoli operati con i dati del problema ci si accorga di aver commesso un errore.

Compiti a casa: utili o dannosi?

In diversi paesi l'aspetto dei compiti a casa è un argomento dibattuto e il titolo riporta le due posizioni contrapposte: sono utili o dannosi per quanto riguarda l'apprendimento? Definiamo l'oggetto del contendere: per compiti a casa si intendono "tasks assigned to students by school teachers that are meant to be carried out during non-school hours." (Cooper, 1989, p. 86) Escludendo i compiti fatti a scuola magari in forma guidata, le attività extracurricolari, altri corsi di studio o esercizi, come imparare a suonare uno strumento, questa definizione inquadra bene la questione. Intendiamo attività svolte volontariamente oltre l'orario scolastico, nel tempo che gli studenti considerano come proprio.

Nell'articolo citato, vengono proposti per la considerazione gli effetti dei compiti a casa; sia quelli positivi che quelli negativi. (Cooper, 1989, p. 86) Incominciamo con gli effetti positivi:

- Immediato impatto sull'apprendimento. Migliore ritenzione della conoscenza fattuale. Aumento della comprensione. Miglioramento del pensiero critico, formazione dei concetti ed elaborazione delle informazioni. Arricchimento del curriculum.

- Effetti accademici a lungo termine. Disponibilità a imparare durante il tempo libero. Migliore atteggiamento verso la scuola. Migliori abitudini e abilità di studio.

- Effetti non accademici. Maggiore auto-direzione. Maggiore autodisciplina. Migliore organizzazione del tempo. Maggiore curiosità. Maggiore indipendenza nella risoluzione dei problemi.

- Maggiore apprezzamento e coinvolgimento dei genitori verso la scuola.

Ora gli effetti negativi:

- Senso di sazietà. Perdita di interesse per il materiale accademico. Affaticamento fisico ed emotivo.
- Negazione dell'accesso al tempo libero e alle attività della comunità.
- Interferenza dei genitori. Pressione per completare i compiti ed eseguirli bene. Confusione sulle tecniche didattiche.
- Imbrogli. Copiare da altri studenti. Aiuto oltre il tutoraggio.
- Aumenta le differenze tra coloro che raggiungono risultati elevati e gli altri studenti.

Vengono evidenziate delle idee sbagliate diffuse sui compiti a casa (Corno, 1996, p. 28):

- *The Best Teachers Give Homework Regularly.* In fact, the best teachers vary their use of homework according to students' interests and capabilities.
- *More Homework Is Better Than Less.* The sheer amount of homework teachers assign has little to no relation to any objective indicator of educational accomplishment.
- *Parents Want Their Children to Have Homework.* Research-based surveys of parents in fact substantiate that parents want their children to do well in school.
- *Homework Supports What Students Learn in School.* Homework only supports school learning when it's explicitly used with that purpose in mind.
- *Homework Fosters Discipline and Personal Responsibility.* Of all the mistaken notions about homework, this may be the one people most want to believe. ... there is almost no evidence that homework fosters discipline and personal responsibility.

Un attacco di alto profilo ai compiti a casa, argomentato, che pone anche l'accento su considerazioni sociali e sulle diverse possibilità degli studenti derivanti da differenze familiari ed economiche afferma che: "... homework often disrupts family life, interferes with what parents want to teach their children, and punishes students in poverty for being poor. Perhaps more significantly for educators are the serious limitations of homework's pedagogical prowess. ... Some students go home to well-educated parents and have easy access to computers with vast databases. Other students have family responsibilities, parents who work at night, and no educational resources in their homes." (Kralovec, Buell, 2001, pp. 39-40)

Vengono criticati tre miti circa i compiti a casa: "*Homework increases academic achievement.* ... Lacking solid evidence, homework supporters ask

us to take on faith the notion that homework can instill desirable character traits. *If our students don't do lots of homework, their test scores will never be competitive internationally.* Comparisons of student test scores often pit U.S. students against students from other countries. ... *Those who call homework into question want to dilute the curriculum and kowtow to the inherent laziness of students.* By calling homework into question, we are not questioning the work of homework, but rather the value of students completing that work at home.” (Kralovec, Buell, 2001, p. 41)

La richiesta di un convincente supporto dei dati della ricerca è legittima e gli studi confermano il nesso causale tra i compiti a casa e il rendimento degli studenti: “With only rare exceptions, the relationship between the amount of homework students do and their achievement outcomes was found to be positive and statistically significant. Therefore, we think it would not be imprudent, based on the evidence in hand, to conclude that doing homework causes improved academic achievement.” (Cooper, Robinson, Patall, 2006, p. 48).

Compiti a casa appropriati apportano benefici allo sviluppo dei metodi di studio e svolgono un ruolo significativo di mediazione per l'auto-efficacia dell'apprendimento: “we found that the quality of students' homework is significantly related to their development of better study habits. Overall, the results revealed significant mediational roles for self-efficacy for learning and perceived responsibility beliefs in explaining the impact of homework experiences on the course grades of college students. More specifically, the quality of the college students' homework had a significant direct impact on their grades and a significant indirect effect primarily via their self-efficacy beliefs.” (Kitsantas, Zimmerman, 2009, pp. 105-106)

Un altro studio sui compiti a casa in un corso di microeconomia (Principles of microeconomics) riporta prove convincenti sul miglioramento delle conoscenze della disciplina, soprattutto a beneficio degli studenti più deboli. Sono state trovate “considerable evidence that requiring homework is beneficial to student learning and reveal three primary results in this article on homework assignments. First, students in the treatment group (homework required) are more likely to be retained in the course. Second, they have significantly better test performance, especially so for students who initially perform poorly in the course. ... Among students who failed the first test, those in the homework-required group register between 10- to 14-percent higher test averages compared to students who are not required to submit homework. Students in the treatment group are more likely to receive good course grades (Bs) and are less likely to fail. Third, completing homework assignments has a large positive effect on test performance, approximately one-half of a letter grade for students in this study.” (Grodner, Rupp, 2013, pp. 106-107)

Cosa pensano gli studenti? Si potrebbe supporre che in generale non condividano l'interesse degli insegnanti verso il lavoro da fare a casa: però anche gli studenti ne percepiscono il valore. Infatti, viene riportato che "students view completion of homework as an important task and recognize the importance of homework assignments if it is appropriate and meaningful. They view homework assignments that have a higher intrinsic value beneficial in understanding course material. However, student perception of homework assignments in high school as "busy work" creates a negative connotation for such homework assignments as incoming college freshman." (Letterman, 2013, p. 118)

Accertata l'utilità per gli studenti dei compiti a casa, un aspetto importante da valutare da parte dell'insegnante è la quantità di studio e di compiti da assegnare agli studenti. Purtroppo, per la quantità non si può stabilire una ricetta: "homework does positively influence the achievement of elementary students ... it is also important to realize that students at lower grade levels should be given far less homework than students at higher grade levels. The critical question is how much homework is the *right amount* of homework. Unfortunately, there is no clear answer on this point." (Marzano, Pickering, Pollock, 2001, p. 62)

Ora consideriamo l'impatto che hanno i compiti a casa sui risultati scolastici e come questo impatto sia reso importante. Un aspetto da considerare è quanto l'insegnante deve essere coinvolto, e non soltanto al momento di assegnare i compiti a casa: "homework assigned but not commented on generates an effect size of only .28. [John Hattie trova per i compiti a casa una dimensione dell'effetto di 0,29, che viene considerata una influenza media (Hattie, 2012, p. 256)] When homework is graded, however, the effect size increases to .78. Finally, homework on which the teacher provides written comments for students has an effect size of .83, representing a percentile gain of 30 points." (Marzano, Pickering, Pollock, 2001, p. 64) Ovvero, se i compiti sono valutati hanno un grande effetto benefico sull'apprendimento.

Queste ampie considerazioni sono state riportate per fare comprendere il giusto valore del lavoro e della riflessione da parte degli studenti e la considerazione dei compiti a casa da parte degli insegnanti. In una scuola superiore di primo grado, con l'intento di responsabilizzare gli studenti e dare valore ai compiti a casa, l'insegnante di matematica propone la correzione vicendevole da parte degli studenti. Scrive alla lavagna i propri criteri per la correzione di relazioni ed esercizi e chiede agli studenti di copiarli, di discuterne e se il caso, di proporre modifiche. Nella lezione successiva, le osservazioni degli studenti vengono discusse e riscritti alla lavagna i criteri condivisi per la correzione.

L'insegnante assegna i compiti e fissa la data per la consegna e si organiz-

za una tabella di corrispondenza tra i numeri dell'elenco degli studenti riportati sul registro e numeri a caso che lui assegna: lo svolgimento va fatto in fogli mobili, che vengono raccolti. L'insegnante cancella il nome e trascrive il numero di corrispondenza nella sua tabella; i compiti vengono distribuiti facendo corrispondere il numero sul foglio al nome dello studente per la correzione stabilendo la data di consegna. L'insegnante poi corregge 4-5 compiti corretti (il criterio è di privilegiare qualche studente ritenuto debole o poco interessato). La correzione dell'elaborato e della correzione viene commentata e discussa in classe; gli studenti apprezzano il metodo e nella maggioranza dei casi la correzione degli studenti è affidabile.

In una scuola superiore ogni anno viene organizzata la gara di programmazione di robot costruiti dagli studenti e, per l'assenza di documentazione sul lavoro svolto, ogni anno si riparte da zero perché sarebbe troppo complesso capire ciò che è stato fatto. Così l'insegnante di una materia di informatica chiede agli studenti un report per ogni nuova attività, una pagina con un riassunto di 5-6 righe, la descrizione dell'attività e l'eventuale bibliografia. Essendo i report in formato elettronico, in alcune occasioni organizza la correzione da parte degli studenti, con un sistema analogo a quanto sviluppato nella precedente esperienza. Anche in seguito a questa attività, tutto il lavoro fatto sui robot è stato poi documentato in modo adeguato.

In un Liceo scientifico gli studenti di Fisica hanno la possibilità di correggere i compiti per casa confrontando la loro soluzione con quella spiegata e argomentata del proprio insegnante in cui viene reso visibile il modo di ragionare dell'esperto. Un esempio tra i molti si trova all'URL: https://www.youtube.com/watch?v=rERxzYQiw4&list=PLdy7IPaISucwIjOS1V75GnyjXAcqi_4gM&index=15 (La ballerina). Questo modo di insegnare vuole maggiormente coinvolgere gli studenti nel processo di apprendimento, in modo che risulti una comprensione più profonda della disciplina, si ispira alla flipped classroom sviluppata dal Prof. Eric Mazur dell'Università di Harvard. (Mazur, 1997)

All'inizio, questo nuovo modo d'insegnare ha comportato delle difficoltà negli studenti, abituati ad ascoltare la lezione frontale, senza la difficoltà di sforzarsi a dover ragionare. L'istruzione tra pari richiede il coinvolgimento attivo degli studenti: "Peer Instruction [PI] engages students during class through activities that require each student to apply the core concepts being presented, and then to explain those concepts to their fellow students. Unlike the common practice of asking informal questions during a lecture, which typically engages only a few highly motivated students, the more structured questioning process of PI involves every student in the class." (Crouch, Mazur, 2001, p. 970)

Questo nuovo modo d'insegnare viene utilizzato con successo da diversi anni e gli studenti risolvono i problemi in modo visibile, come riportato nella Figura 27. L'insegnante spiega ai genitori il suo modo d'insegnare (<https://youtu.be/cbZa2JX5vJo>) e agli studenti il ragionamento visibile (<https://youtu.be/NXOaO0crnLo> e <https://youtu.be/DSankZKpf1A>). Le videolezioni del corso completo di Fisica si trovano al link https://www.youtube.com/channel/UC0FhM4FHMjpyY48bpiFTwLA/playlists?disable_polymer=1.

Tutto questo lavoro fatto dall'insegnante è molto utile in questo periodo con il Coronavirus: vengono assegnate agli studenti le videolezioni con la stessa regolare cadenza secondo il calendario delle lezioni (due volte a settimana al biennio e tre al triennio). Con i genitori degli studenti l'insegnante ha buoni rapporti di collaborazione e sui social media ha creato i gruppi classe sia degli studenti che dei genitori. Questo modo d'insegnare risulta soddisfacente per genitori e autorità scolastiche e molto profittevole per gli studenti, che oltre a poter approfondire senza l'assillo di prendere appunti, possono chiedere chiarimenti sulle videolezioni sia ai compagni che all'insegnante.

I compiti sono necessari per far esaminare, rivedere e riflettere sul materiale già studiato o trattato in classe. Devono essere assegnati con questo scopo, tenendo conto degli impegni degli studenti con il carico delle materie dei colleghi e dovrebbero essere valutati, anche per controllare che siano frutto di un impegno cognitivo: richiamare alla mente concetti conosciuti e svolgimento di un ragionamento logico. L'impegno cognitivo può essere definito come "students' investment in their learning, valuing of their learning, directing effort toward learning, and using learning strategies to understand material, accomplish tasks, master skills, and achieve goals." (Pohl, 2020, p. 254) Dai compiti per casa devono risultare dei guadagni cognitivi per gli studenti, altrimenti è necessario scoprire che cosa non funziona; "If students aren't learning much from homework or worksheets, it's probably because *they're not retrieving*; they're re-reading, reviewing, or looking up the answers." (Agarwal, Bain, 2019, p. 158).

Learning by doing

Si impara facendo se si possiedono le conoscenze necessarie che rendono significativi i nuovi schemi mentali che permettono di interpretare i nuovi fenomeni e nessuna esperienza può avere un significato come crescita cognitiva senza qualche elemento di riflessione. In qualche modo, tutte le esperienze sviluppate nel progetto hanno questi elementi e sono guidate dagli insegnanti, che sanno valutare ed adattare le esperienze alle conoscenze dei loro studenti. Questo aspetto è decisivo, perché "Experts perceive things differently than do novices. Recognizing patterns and learning new

patterns to interpret phenomena are the prime capabilities for all those pursuing expertise development. Experts can recognize problems and the level of difficulty of problems so that they can take appropriate actions for solutions.” (Jung, Kim, Reigeluth, 2016, p. 60)

Massimiliano, Michele, Melvin e Mattia (M4) sono studenti di una classe quinta della specializzazione di Informatica che hanno avuto l'idea di realizzare e collaudare un sistema di rilevazione delle presenze degli alunni a scuola, fatto dagli alunni. Era un'idea felice poiché mostrava molti aspetti positivi; gli studenti avevano la possibilità di fare un'esperienza reale e completa, dell'intero ciclo di vita dello sviluppo un nuovo prodotto e se realizzato, eliminava l'uso della carta e riduceva il lavoro di back-office del personale amministrativo della scuola che non doveva più raccogliere dai registri delle classi le informazioni relative agli alunni assenti.

Nella pianificazione del progetto sono stati considerati e curati sia gli aspetti organizzativi, l'impatto del nuovo prodotto sugli utenti e sull'organizzazione della vita della scuola, che gli aspetti tecnologici, come l'uso di tecnologie emergenti, RFID (Radio Frequency IDentification) e microcontrollore Arduino per la rilevazione dei dati e lo sviluppo dell'applicazione web per la raccolta e il monitoraggio a distanza degli stessi dati. (Figura 28)

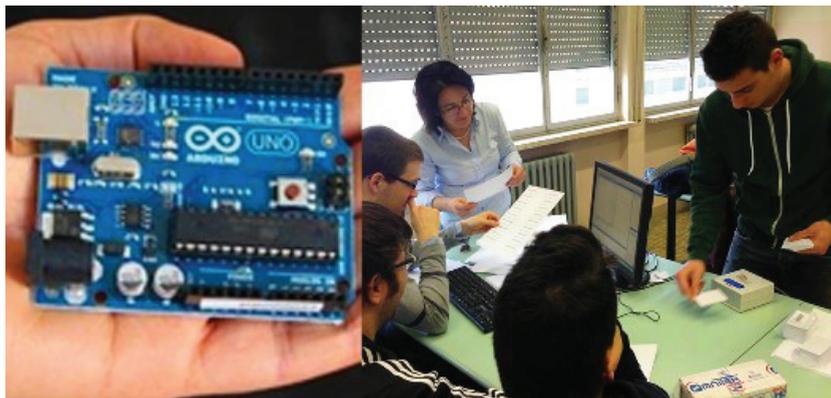


Figura 28. Il microcontrollore Arduino e l'etichettatura delle tessere RFID con l'insegnante responsabile e l'esperto.

Il progetto denominato RFIDM4+ (RFID è la tecnologia usata; M4, le iniziali dei nomi degli studenti) è stato realizzato dagli studenti con la supervisione di due insegnanti e di un esperto esterno (un ex-allievo) coinvolto nel progetto. Gli studenti hanno lavorato in gruppi (coordinatore/reporter, progettista, amico critico) con compiti specifici, interagendo tra loro, con gli insegnanti e con l'esperto. Terminato il progetto, è

stato presentato alla scuola ed è stato inaugurato dal dirigente scolastico il 20 aprile 2013, Figure 29 e 30.



Figura 29. Presentazione del progetto e del lavoro svolto da parte degli studenti alla scuola.



Figura 30. La dirigente inaugura il sistema di rilevazione delle presenze; uno studente utilizza il sistema.

Questo progetto ha rappresentato un'esperienza di apprendimento importante perché ha sollecitato la capacità creativa e di analisi degli studenti allenandoli ad affrontare il processo lavorativo tipico della progettazione e messa a punto di un prodotto e di un servizio, con il supporto della consulenza di un esperto esterno per andare oltre le proprie competenze acquisite a scuola e abituantoli a documentare il lavoro svolto.

Anche altre esperienze hanno permesso agli studenti di partecipare a progetti orientati al mondo del lavoro e confrontarsi con problemi reali; come il progetto Ambientable (Ambiente + comfortable), nato dalla collaborazione tra una residenza per anziani, una azienda produttrice di sistemi elettronici e una scuola. Guidati e supportati dai loro insegnanti, gli studenti, quasi come professionisti, hanno eseguito controlli e misure nella residenza, collaborato con l'azienda, scritto il software, lavorato con grande indipendenza, collaudato il sistema e installato 43 dispositivi per il controllo dei parametri temperatura, luminosità, umidità e rumore, per rendere più confortevole l'ambiente degli ospiti della residenza e di consentire ai dipendenti di lavorare in modo agevole ed efficiente.

In occasione del concorso nazionale proposto dall'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), per rendere più interessante lo studio della tavola periodica, degli studenti con i loro insegnanti hanno pensato di inventare un gioco in modo che i giocatori, divertendosi giocando, imparassero la chimica in un altro modo. L'idea di trasformare l'apprendimento in gioco e divertimento da tempo viene presa in seria considerazione e si parla di *Gamification*: "Gamification is not just designed for learner fun and enjoyment. It is also an instructional approach that can be used to enhance the effectiveness of instruction on student learning." (Kim et al., 2018, p. 5) Questo processo presenta molti vantaggi per l'apprendimento (Kim et al., 2018, p. 5):

- Increase student engagement and motivation.
- Enhance learning performance and academic achievement.
- Improve recall and retention.
- Provide instant feedback on students' progress and activity.
- Catalyze behavioral changes.
- Allow students to check their progress.
- Promote collaboration skills.

Il gioco è stato ideato, progettato e realizzato da otto alunni di una terza classe di Chimica, supportati da due loro insegnanti. Dal punto di vista didattico, questo gioco è utile per attivare un percorso di apprendimento 'attivo' che consentisse di affrontare in un modo diverso un tema che è fondamentale nella disciplina e contemporaneamente:

- Promuovere l'apprendimento cooperativo.
- Favorire l'inclusione e l'apprendimento in ambito scientifico, degli studenti diversamente abili attraverso il gioco e l'aiuto reciproco (peer tutoring).
- Recuperare gli studenti che trovano ostici e lontani dalla realtà quotidiana alcuni aspetti della Chimica.
- Valorizzare le eccellenze.

- Promuovere negli studenti l'attitudine al confronto con gli altri in ambito scientifico, in un clima di collaborazione e crescita culturale e personale.

L'intero progetto è stato svolto dagli studenti in modo cooperativo. Particolarmente creativa, è stata la prima fase in cui i ragazzi, partendo dal confronto delle loro idee, hanno sviluppato il loro personale gioco sui 118 elementi della Tavola Periodica. Fondamentali sono stati i numerosi brain storming effettuati durante le ore di laboratorio e al di fuori dell'orario scolastico. La stesura delle regole e del libro delle domande, su tutti gli elementi della tavola e la formazione di alcuni loro composti, ha rappresentato il cuore del progetto. Il prototipo è stato realizzato da una studentessa della classe quinta Chimica utilizzando materiali di recupero come tappi di bottiglie, vecchie scatole; contenitori di formaggini, ecc. Il gioco nella forma finale è riportato nella Figura 31.

Il progetto è stato pianificato in quattro fasi: 1. Brainstorming su progettazione e stesura delle regole del gioco (livello junior e livello senior); 2. Stesura del libro delle domande e del formulario dei composti; 3. Progettazione e costruzione dei principali componenti del gioco; 4. Collaudo del gioco e revisione delle regole dello stesso. Sono previsti 12 tipi di domande:

1. Simbolo dell'elemento?
2. Metallo (alcalino, alcalino terroso o di transizione); semimetallo, non metallo; alogeni o gas nobili?
3. In che stato di aggregazione si trova l'elemento a temperatura ambiente?
4. A che gruppo appartiene?
5. A che periodo appartiene?
6. È radioattivo? (inteso come caratteristica dell'isotopo più abbondante in natura).
7. Nome in inglese?
8. Elettroni di valenza (metalli di transizione valenza da 1 a 8)?
9. Si trova in natura allo stato elementare? Se sì bisogna indicare dove.
10. Origine del nome?
11. Applicazioni?
12. Numero di ossidazione? (per i metalli di transizione da +1 a +7).

Facciamo un esempio sul suo utilizzo: Il direttore del gioco (DG) estrae il n. 20, che corrisponde all'elemento Calcio. Un giocatore si prenota e chiede due dadi (due atomi di calcio), tira i due dadi e la somma dà 8 (5+3). Il DG chiede al giocatore: "Quanti sono gli elettroni di valenza del Calcio?" (tipo di domanda 8). Il DG trova la risposta nel libro delle domande. Se il giocatore risponde correttamente ha diritto a posizionare due dei suoi bollini (atomi) sulla sua tavola periodica in corrispondenza del Calcio. Se sbaglia,

non potrà giocare al turno successivo e i bollini saranno messi sulla tavola periodica del DG (bollini quadrati grandi).



Figura 31. In gioco della Tavola periodica: la carica dei 118.

Il collaudo del gioco è stato il momento di maggior soddisfazione per gli studenti che hanno visto, dopo numerosi momenti di crisi, concretizzarsi le proprie idee e i loro sforzi, Figura 32. Questo progetto ha comportato per docenti e studenti un impegno andato ben oltre l'orario scolastico, ma allo stesso tempo ha sviluppato in tutti, diverse competenze e non solo nel settore tecnico-scientifico. In particolare, gli alunni hanno sperimentato l'importanza della disponibilità all'ascolto reciproco, la forza del lavoro di gruppo e la voglia di mettersi in gioco. Ultima, ma non meno importante, la presentazione fatta dagli studenti di fronte alla giuria e alla folta platea del concorso S-Factor, che ha rappresentato per molti di loro, la prima significativa esperienza di un discorso fatto in pubblico.



Figura 32. Gli sviluppatori del progetto e il collaudo del gioco.

Studenti che amano la scuola

Un interessante e complesso progetto ha utilizzato l'insetto stecco per insegnare argomenti di scienze e matematica nelle classi prima e seconda in una scuola superiore di primo grado e sviluppare abilità e competenze come: effettuare connessioni logiche; riconoscere o stabilire relazioni; classificare; formulare ipotesi e trarre conclusioni basate sui risultati ottenuti e sulle ipotesi verificate; risolvere situazioni problematiche e utilizzare linguaggi specifici; presentare il lavoro svolto (Figura 33). Il lavoro è stato svolto in laboratorio, nel giardino della scuola e in aula; in tutte le attività gli studenti hanno lavorato in gruppi, sempre utilizzando i ruoli secondo il cooperative learning.

L'insetto stecco, usato a scuola come modello, presenta numerosi vantaggi: è un organismo facile da allevare, produce molte generazioni in poco tempo, ogni individuo produce molte uova ed è un insetto poco mobile e non è pericoloso. Anche il fascino dell'esotico gioca un suo ruolo. L'insetto stecco è un importante punto di partenza per incuriosire e avvicinare i ragazzi ad altri organismi presenti nel giardino della scuola.



Figura 33. Le attività, abilità e competenze sviluppate utilizzando l'insetto stecco.

Il progetto è stato svolto attraverso varie attività e fasi. Gli studenti sono stati impegnati a raccogliere informazioni sugli insetti stecco attraverso libri, riviste e internet. In laboratorio hanno osservato gli insetti, anche con l'utilizzo di lenti e microscopi; e hanno compilato una scheda-relazione con i risultati delle osservazioni e delle informazioni precedentemente raccolte, aggiungendo dei disegni, come riportato nella Figura 34.

Gli studenti collocano gli insetti stecco nel gruppo tassonomico di appartenenza e riflettono sulla necessità della classificazione. Vengono effettuati confronti con altri gruppi di insetti facendo particolare attenzione al tipo di apparato boccale, alla metamorfosi, ai meccanismi di difesa, al tipo di riproduzione, alla posizione nella rete alimentare. Tutte le attività vengono sempre svolte nel massimo rispetto verso gli organismi viventi che vengono poi reintrodotti nel giardino della scuola (ambiente di origine).

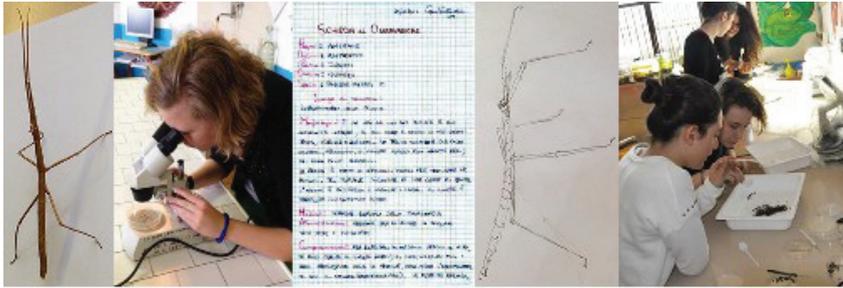


Figura 34. L'insetto secco e alcune della attività che hanno coinvolto gli studenti.

Nel lungo periodo osservano il ciclo vitale dell'insetto secco: dalla deposizione delle uova alla loro schiusa, dalla successione di mute delle neanidi fino all'adulto. Confrontano i cicli vitali di altri insetti (coccinelle, farfalle) e di altri animali e di vegetali: arrivano a riconoscere il ciclo vitale come caratteristica specifica degli organismi viventi. Preparano delle presentazioni in power point e alcuni studenti presentano gli insetti secco all'Open day della scuola e rispondono alle domande dei bambini delle elementari.

Gli studenti conducono una piccola indagine statistica sulla vitalità delle specie studiate attraverso il conteggio delle uova, approfondendo il significato delle frazioni, calcolando rapporti, percentuali, rappresentando i risultati con tabelle e grafici. Scoprono l'influenza dei fattori biotici e abiotici sulla vitalità di questi organismi (Figura 35). Le attività si concludono con la progettazione e l'allestimento di due terrari, uno per la nuova generazione di insetti secco e l'altro per un insetto autoctono del giardino e la preparazione di una mostra per il giorno della festa della scuola a fine anno.

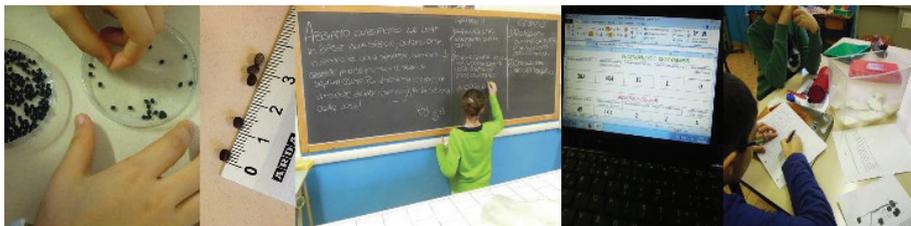


Figura 35. Conta e misura delle uova; classificazione, elaborazione statistica e progetto dei terrari.

Il titolo del paragrafo è comune a tutte le esperienze che gli studenti fanno quando hanno la fortuna di avere insegnanti che raggiungono l'eccellenza nella loro professione, guidati da dirigenti che li sanno valorizzare. Vorrebbe

dimostrare come con questi metodi di insegnamento sia possibile superare e mettere in pratica le osservazioni di Daniel Willingham, Professore di Psicologia cognitiva all'Università della Virginia che ha scritto "Why don't students like school?" (Willingham, 2009) Questa esperienza, come altre, dimostra il grande coinvolgimento degli studenti che scaturisce dalla passione degli insegnanti, dalla motivazione veicolata dal contesto, dalla possibilità di realizzare obiettivi personali, dall'ambiente di apprendimento costruito dall'insegnante e dal successo scolastico degli studenti (Turner, Patrick, 2004).

La particolarità di questo progetto fa leva sulla naturale curiosità che abbiamo verso gli organismi viventi, che spesso fanno provare delle emozioni collegate alla dimensione affettiva; non è raro che in scuole elementari con il giardino, durante la ricreazione i bambini si imbattano in grilli o lucertole e che questi animali diventino oggetto di discussione in classe. Le emozioni sono fenomeni definiti come "multifaceted phenomena involving sets of coordinated psychological processes, including affective, cognitive, physiological, motivational, and expressive components." (Pekrun, Linnenbrink-Garcia, 2012, p. 260) Se poi come in questo progetto si ha la possibilità di osservare la deposizione delle uova e la nascita di nuovi insetti, ci si sente parte di un evento che diventa oggetto di discussione con i compagni e viene comunicato nei discorsi in famiglia e con gli amici, per via della forte carica affettiva che queste esperienze comportano.

Quanto riportato è un parziale resoconto di un grande lavoro fatto nello svolgimento del progetto PROFILES e molte sarebbero le esperienze significative da aggiungere; altre notizie si trovano nel sito del progetto (www.profiles.univpm.it/), alle pagine Newsletters e Dissemination. Ad esempio, una esperienza nata dalla constatazione che nelle scuole tecniche spesso le relazioni di laboratorio vengono scritte in modo sbrigativo e l'aspetto stilistico lessicale e sintattico del testo lascia a desiderare, ha prodotto una collaborazione con l'insegnante di Italiano.

In una terza classe di Elettronica il compito in classe è stato organizzato in modo da verificare le conoscenze di due materie di elettronica e il testo doveva essere scritto in modo che anche l'insegnante di Italiano con scarse competenze tecniche potesse comprenderne il significato. Gli studenti avevano tre ore per completare la verifica e potevano utilizzare manuali tecnici e il vocabolario di italiano. I risultati sono stati superiori alle aspettative. Alunni che solitamente liquidano la documentazione di laboratorio in modo troppo sintetico hanno prodotto elaborati brillanti. Questo tipo di verifica è stato poi utilizzato in altre classi e serve anche per far comprendere come le conoscenze delle varie discipline non siano compartimenti stagni e per formare uno spirito critico negli studenti.

Le manifestazioni esterne alla scuola

Queste manifestazioni nascono da una felice idea di qualche insegnante e per la riuscita richiedono la collaborazione di diversi insegnanti e di numerosi studenti. La prima fiera della scienza è stata organizzata ad Osimo nel 2012 ed è continuata per quattro anni (Figura 36). L'idea è nata in alcuni insegnanti che utilizzavano la filosofia del progetto: presentare alle scuole e al pubblico in modo festoso aspetti curiosi e interessanti della scienza attraverso le conoscenze e le abilità degli studenti.



Figura 36. Manifesti informativi delle varie edizioni della fiera della scienza.

La manifestazione ha avuto luogo in primavera per l'intera giornata di sabato, nella piazza principale del centro storico della città ed è riservata al mattino alle scuole del territorio, mentre il pomeriggio è aperta al pubblico e ogni anno ha ricevuto diverse centinaia di visitatori e curiosi (Figura 37). Gli studenti vengono preparati durante l'anno scolastico dai loro insegnanti di Biologia, Chimica, Fisica e Matematica.



Figura 37. Studentessa di chimica prepara un esperimento; le tende in piazza; studenti interessati agli esperimenti di biologia.

Gli obiettivi didattici di queste manifestazioni sono sia di diffondere e rendere interessante la scienza, presentando aspetti sorprendenti e facendola diventare alla portata di tutti, che di responsabilizzare e potenziare le abilità di comunicazione degli alunni che si devono rapportare con un'utenza

diversificata per età e scolarizzazione (Figura 38) modificando e adattando l'approccio e le spiegazioni.



Figura 38. L'interesse per gli esperimenti presentati è grande a tutte le età: dai problemi matematici allo stupore generato dalla pressione atmosferica, alle 'magic' della biologia.

L'esperienza positiva della fiera della scienza è stata presentata in una conferenza all'UniFabriano nell'ottobre 2013 (vedi dopo), ed ha ispirato alcuni insegnanti di un liceo scientifico e nella primavera 2014 è stato organizzato l'evento "ValorizziAMOCi – Amor sacro amor profano" a Fabriano, dove la festa è terminata con un concerto (Figura 39).



Figura 39. Strumenti scientifici costruiti dagli studenti; la serata in musica.

Dopo l'estate e dopo il naturale sedimentarsi delle emozioni, l'insegnante responsabile del progetto ha lanciato l'idea di un sondaggio sviluppato dagli studenti per tutti i partecipanti, per far riflettere sull'esperienza vissuta e per conoscere meglio le loro opinioni (Figura 40). La motivazione a partecipare della maggioranza (il 64%) degli studenti è nata dal desiderio di fare qualcosa di utile per la città. L'entusiasmo di chi partecipa a un'iniziativa interessante è 'contagioso': questa è la motivazione del 18% dei partecipanti. Su come riuscire a conciliare gli impegni scolastici e le attività del progetto, la maggioranza dice che è stato possibile 'grazie a passione, voglia di fare e tanto entusiasmo.' Circa la metà dei partecipanti ha provato gratificazione e soddisfazione e quasi un quinto si è sentito utile e importante nella realizzazione di questo progetto.



Figura 40. Alcune domande e risposte del questionario.

Nella Newsletter n. 15 viene riportato l'evento chiamato il Tombolone scientifico al Montani. In questo evento è la città che va nella scuola. Il Tombolone è nato dall'idea che a Natale si gioca a tombola e un'insegnante di chimica ha sviluppato questa attività per emozionare ed incuriosire attraverso delle esperienze e affascinare ed attrarre i giovani allo studio delle materie scientifiche (Figura 41). A questa manifestazione partecipano gli studenti opportunamente preparati e coinvolge diversi insegnanti di chimica. La partecipazione è stata numerosa e come in altre manifestazioni l'entusiasmo e l'interesse è stato notevole e come risulta anche dal questionario degli studenti di Fabriano, questa è la soddisfazione più grande per chi lavora al successo di questi eventi (Figura 42).



Figura 41. La locandina e le cartelle; attendendo l'inizio e bimbi attratti dalla 'pozione magica'.



Figura 42. Gli esperimenti di chimica affascinano; l'entusiasmo di chi ha lavorato alla riuscita dell'evento.

In un crescendo di successi, l'edizione 2019 ha visto il coinvolgimento di tutta la scuola, con un numero molto grande di visitatori e con un aumento delle esperienze proposte (Figura 43). Questi fatti dimostrano le potenzialità positive delle scuole per il territorio quando dirigenza, il personale tutto e il corpo insegnante si muovono all'unisono. Una manifestazione importante, riportata in modo compiuto nella Newsletter n. 21, con circa 1500 partecipanti alla scoperta di 90 esperimenti scientifici affascinanti.



Figura 43. Tavola Periodica robotizzata; varie attività e 270 studenti tutor.

Inviti a presentare la filosofia del progetto

L'indubbio successo del progetto ha destato interesse e in tre occasioni filosofia e pratiche efficaci sono state presentate a insegnanti interessati. Nel maggio 2014 il progetto è stato presentato in una scuola di Fossano (CN).



Figura 44. La presentazione viene intervallata da qualche esperimento e gli insegnanti lavorano in gruppi cooperativi alla soluzione di problemi di logica.

Nel 2016 il progetto è stato presentato al Ce.Se.Di. (Centro Servizi Didattici) di Torino (Figura 45). Queste opportunità sono benvenute perché permettono anche di instaurare dei rapporti con insegnanti interessati a conoscere più a fondo la filosofia del progetto.



Figura 45. La locandina e una presentazione; materiale per esperimenti e il Prof. Marco Falasca.

Il terzo invito è giunto dall'associazione Proteo Fare Sapere, per un corso di aggiornamento da svolgere in tre pomeriggi. A questo corso hanno preso parte diversi insegnanti PROFILES come relatori, presentando sia le idee del progetto che loro esperienze, come risulta in Figura 46 e 47.



Figura 46. Alcuni dei partecipanti e un elaborato dei gruppi di lavoro.



Figura 47. Alcuni degli insegnanti PROFILES presentano le loro esperienze didattiche.

Il corso di aggiornamento è stato organizzato in modo tale che alle presentazioni seguisse il coinvolgimento dei partecipanti in un lavoro di progettazione. Questa parte del corso ha avuto luogo in gruppi animati dagli insegnanti PROFILES. Nell'ultima parte ciascun gruppo ha spiegato le motivazioni del lavoro di progettazione e la riflessione metacognitiva, le scelte e la discussione sul lavoro di gruppo con tutti i partecipanti. (Figura 48).



Figura 48. Lavoro di gruppo sulla progettazione e presentazione dei risultati.

Le conferenze del progetto PROFILES

L'insegnamento efficace richiede una robusta preparazione professionale e molto impegno da parte dell'insegnante; la possibilità di presentare ad altri il meglio del proprio lavoro è una soddisfazione personale e un giusto riconoscimento da un lato e dall'altro permette a molti insegnanti di trovare idee e spunti per migliorare il proprio insegnamento. Nella prima parte si è parlato di 'proprietà': l'insegnante è proprietario delle proprie esperienze di insegnamento. Non sembra un'esagerazione, ma una esperienza di insegnamento di successo difficilmente può essere replicata con la stessa efficacia da un diverso insegnante. Questo perché la componente scientifica dell'insegnamento ha necessità della componente umana che rende l'insegnare un'arte.

Con la visita di nomi importanti della didattica internazionale, sono state organizzate alcune conferenze per dare modo agli insegnanti di presentare le loro esperienze e per far conoscere le idee e le buone pratiche ad altri insegnanti. Nella visita del Prof. Ingo Eilks della University of Bremen (Germania) sono state organizzate due conferenze, a San Severino Marche e a Fabriano (Figura 49).



Figura 49. Programmi delle conferenze: San Severino Marche e UniFabriano.

Nel 2014 c'è stata la visita dei Proff. Miia Rannikmae e Jack Holbrook dell'University of Tartu (Estonia) e sono state organizzate tre conferenze, la prima a San Severino Marche, con dieci relazioni (Figura 50). Presentati da una delle loro insegnanti, due gruppi di studenti hanno presentato i loro progetti realizzati: un sito web e la gestione del magazzino.



Figura 50. La conferenza a San Severino Marche; la dirigente introduce; un gruppo di studenti presenta il lavoro fatto.

72 L'impatto del progetto PROFILES - Parte 2. L'eccellenza in pratica

Sono seguite le conferenze svolte nella Sala del Consiglio della Provincia di Perugia con nove relazioni e nella Sala Ubaldi di Fabriano, con diciannove relazioni (Figure 51 e 52).



Figura 51. Le conferenze di Perugia e Fabriano.



Figura 52. Conferenza di Fabriano: presentazione del pannello fotovoltaico, dei caratteri ideografici cinesi alle elementari e dell'insegnamento della matematica usando l'apprendimento cooperativo.

Nel 2015, dall'University of Houston, TX, USA è venuto in visita il Prof. Eugene Chiappetta, autore, insieme a T. Koballa di *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools*, giunto all'ottava edizione. Avvicinandosi la conclusione formale del progetto, sono state organizzate sei conferenze in differenti città: Ancona, Ascoli Piceno (nove relazioni), Fabriano (venti relazioni), San Severino Marche (sei relazioni), Tolentino (otto relazioni) e Urbino (nove relazioni), Figure 53-55.



Figura 53. Ancona, Ascoli Piceno e Urbino: Ad Ascoli, nella Sala della ragione, il simpatico benvenuto musicale, a cura dell'Istituto Musicale "G. Spontini".



Figura 54. Presentazione del progetto 'learning by doing' a San Severino Marche: insegnanti e studenti presentano i loro lavori.



Figura 55. Meraviglie della pressione e apprendimento visibile a Tolentino; il programma dell'ultima conferenza all'Oratorio della Carità a Fabriano.

Oltre a quanto già detto, la possibilità di presentare le proprie esperienze è una occasione per riflettere in modo critico e valutare ciò che si sta facendo rispetto al programma e agli studenti: un evento prezioso per la propria crescita professionale. “Reflection-on-practice helps us to keep our options open, to seek fresh alternatives and consolidate our learning. ... It is a commitment, willingness and enthusiasm to question the knowledge that is created, to challenge personal and collective values, and to interrogate the contradictions and paradoxes that appear from the construction of teachers' professional knowledge.” (Ghaye, 2011, p. 188)

Le conferenze nazionali e internazionali

La prima occasione per presentare il lavoro degli insegnanti è stata la conferenza in Roma del 2012: 22nd International Conference on Chemistry Education e 11th European Conference on Research In Chemical Education. In questa conferenza tre sessioni sono state dedicate al progetto PROFILES e in quella Italiana tre insegnanti hanno presentato le loro esperienze e fatto conoscere le idee del progetto (Figura 56).

Due insegnanti hanno presentato il loro lavoro alla 1st International PROFILES Conference (Berlino, 2012), mentre alla conferenza finale del progetto (Berlino, 2014) hanno partecipato quattro insegnanti (Figure 56 e 57). Nel 2017 a Paestum (SA) si è svolto il Congresso Nazionale della SCI

e cinque insegnanti hanno partecipato e presentato il loro lavoro.



Figura 56. Presentazioni alla 22nd ICCE e la Science Fair a Berlino.



Figura 57. A Berlino, con il Prof. Claus Bolte, coordinatore del progetto e alcune insegnanti PROFILES al Congresso SCI.

Importanti per lo sviluppo e la riuscita del progetto sono risultate le sette riunioni del consorzio e del comitato direttivo PROFILES in cui veniva valutato il lavoro fatto rispetto alle scadenze del programma e presentati argomenti teorici utili alla crescita professionale dei coordinatori nazionali. Alcuni eventi sono riportati nella Figura 58.



Figura 58. La riunione a Porto e il consorzio al lavoro a Klagenfurt (Austria); riunione finale a Istanbul, dove il coordinatore si congratula per il lavoro fatto dal progetto PROFILES.

Considerazioni finali

In una delle frequenti visite agli insegnanti nelle scuole, alla mia osservazione circa la necessità di brevi verifiche frequenti, un insegnante ha mostrato un foglio con i numeri progressivi del registro e in alto in orizzontale le date delle lezioni. Il foglio era pieno di +, -, 1/2-, ++, 1/2+. Ad ogni lezione venivano poste delle domande a qualche studente su argomenti delle lezioni precedenti e se l'interrogato non sapeva rispondere o rispondeva in modo non corretto, qualche altro studente poteva intervenire. Questo è un modo eccellente per aiutare gli studenti ad imparare in modo che nel tempo resti qualcosa, e per fare in modo che i nuovi concetti vengano ancorati a concetti precedenti in modo significativo.

La ripetizione dei concetti è una tecnica per aumentare la persistenza e diminuire l'oblio delle informazioni memorizzate. Rievocare fatti o concetti o eventi dalla memoria è forse la pratica più efficace per aiutare gli studenti a costruire l'apprendimento significativo. "The power of retrieval as a learning tool is known among psychologists as the testing effect. In its most common form, testing is used to measure learning and assign grades in school, but we've long known that the act of retrieving knowledge from memory has the effect of making that knowledge easier to call up again in the future." (Brown, Roediger, McDaniel, 2014, p. 28)

In uno studio che ha coinvolto 180 studenti universitari è stato chiesto di studiare un brano in prosa per 5 minuti, secondo tre condizioni (S = studio, R = ricordo): studio ripetuto (SSSS), singolo test (SSSR) o test ripetuto (SRRR). Metà degli studenti hanno affrontato il test finale dopo un intervallo di 5 minuti di ritenzione e 90 studenti hanno affrontato il test finale dopo una settimana. In ciascuna delle sei condizioni hanno partecipato 30 studenti.

Mentre dopo 5 minuti gli studenti nella condizione dello studio ripetuto sono risultati i migliori, nel test dopo una settimana i risultati si sono invertiti: gli studenti nella condizione SRRR hanno ricordato il maggior numero di concetti (idea units), come riportato in Figura 59.

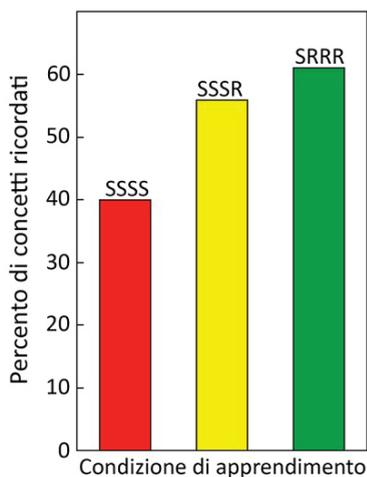


Figura 59. Percento di concetti ricordati dopo una settimana nelle diverse condizioni di apprendimento. (Figura ridisegnata da: Roediger, Karpicke, 2006, p. 253)

Dopo una settimana, le parti dimenticate si invertono: gli studenti nella condizione SSSS hanno dimenticato il 52% dei concetti, gli studenti nella condizione SSSR il 28% mentre gli studenti nella condizione SRRR il 14%. (Roediger, Karpicke, 2006, p. 253) Gli studenti nella condizione SSSR dimenticano il doppio rispetto agli studenti con tre test ripetuti e ciò indica il potente effetto dei test ripetuti per prevenire l'oblio.

Se ci si dovesse preparare per una interrogazione, converrebbe studiare ripetutamente oppure studiare e poi riflettere su quanto studiato sforzandosi di ricordare? Quali sono le strategie usate dagli studenti? A degli studenti universitari è stato chiesto di riportare le strategie usate per studiare ed era possibile riportarne più di una. È risultato che l'84% utilizza la lettura ripetuta, mentre soltanto l'11% (19 su 177) utilizza la riflessione sui concetti attraverso il ricordo. (Karpicke, Butler, Roediger, 2009, p. 474) Si può generalizzare questo risultato: la strategia utilizzata dalla grande maggioranza degli studenti è la meno efficace rispetto alla persistenza della conoscenza nel tempo.

La verifica delle conoscenze, magari attraverso dei test, come suggerito da questi approcci, è un sostegno importante all'acquisizione reale delle conoscenze degli studenti, che aiuta ad evitare il fenomeno chiamato 'illusione della competenza': credere di conoscere un certo argomento meglio di quanto in realtà si conosca. "People's performances as individuals, and their contributions as members of groups, depend not only on their actual competence, but also on their assessment of that competence. ... There are a variety of ways in which people can be fooled. Consider some of the assessments college students typically make in a course. They must decide if they are prepared for an upcoming test. In order to allocate study time. they must monitor the state of their own learning and comprehension across the topics for which they are responsible. ... monitoring one's own performance can rely on subjective experience and, consequently, is subject to errors that reflect cognitive illusions." (Jacoby, Bjork, Kelley, 1994, pp. 57-66)

Se gli studenti vengono valutati su argomenti che hanno studiato, essi ricorderanno di più nel lungo termine rispetto a ciò che avverrebbe se lo avessero ripetutamente studiato. Questo fenomeno "is known as the *testing effect* and shows that the act of retrieving information from memory has a potent effect on learning, enhancing long-term retention of the tested information." (Karpicke, Butler, Roediger, 2009, p. 471) Vediamo ora i benefici sull'effetto del test (Roediger, Putnam, Smith, 2011, pp. 4-26):

1. The testing effect: retrieval aids later retention.
2. Testing identifies gaps in knowledge. ... Taking a test permits students to assess what they know and what they do not know, so that they can concentrate study efforts on areas in which their knowledge is deficient.

3. Testing causes students to learn more from the next learning episode. ... when students take a test and then restudy material, they learn more from the presentation than they would if they restudied without taking a test.
4. Testing produces better organization of knowledge.
5. Testing improves transfer of knowledge to new contexts.
6. Testing can facilitate retrieval of information that was not tested.
7. Testing improves metacognitive monitoring.
8. Testing prevents interference from prior material when learning new material.
9. Testing provides feedback to instructors.
10. Frequent testing encourages students to study.

Test frequenti scoraggiano la pratica dello studio intenso quando si è vicino all'interrogazione o al compito in classe. Anche i compiti a casa dovrebbero essere distanziati; meglio pochi, ma ad ogni lezione, che molti una volta ogni tanto. Gli studenti dovrebbero conoscere la maniera migliore per imparare in modo efficace: studiare e poi a libro chiuso sforzarsi di ricostruire quanto studiato. Degli studi hanno dimostrato che maggiore è lo sforzo mentale per via della difficoltà di ricordare, migliore è la comprensione che si ottiene. (Pyc, Rawson, 2009)

Un modo per far comprendere il valore dei test nel proprio insegnamento è di proporre la verifica della conoscenza di uno/alcuni concetti nel modo seguente. Può succedere che degli studenti non avendo avuto modo di studiare, non conoscano l'argomento. Allora si può proporre 10 minuti di studio sul libro per focalizzare il materiale, oppure possono usare le mappe concettuali e poi si chiama uno studente a caso a rispondere. Nelle successive verifiche il tempo andrebbe ridotto per poi annullarlo; viene suggerito agli studenti di tenersi pronti per la prossima verifica. Dopo ogni verifica, per favorire il ripasso del materiale, andrebbero fatte conoscere le risposte esatte.

Conclusioni

Circa 700 insegnanti hanno conosciuto le idee importanti del progetto e circa il 10% ha partecipato a una o più sessioni di formazione. La formazione professionale continua ha sostenuto il lavoro qui riportato, che è una piccola parte di quanto realizzato dal progetto. In forma compiuta è riportato nel sito <https://www.profiles.univpm.it>, nelle pagine Modules, Newsletters e Dissemination. Forse non andrebbe detto, ma per il coordinatore questo progetto ha comportato un impegno di circa 9.000 ore. Nulla di quanto realizzato sarebbe stato possibile senza il generoso impegno, la perseveranza e l'entusiasmo di tanti insegnanti, ai quali va un grande ringraziamento. Su CnS sono stati pubblicati alcuni articoli riguardanti il progetto:

- V. Brianzoni, L. Cardellini, Il progetto europeo PROFILES e il suo impatto in Italia. *La Chimica nella Scuola*, **37** (3), 39-60, 2015.
- J. Holbrook, M. Rannikmae, L. Cardellini, Motivare gli studenti nelle discipline scientifiche. *La Chimica nella Scuola*, **37** (5), 65-82, 2015.
- E. Mansueti, L. Cardellini, Costruire i concetti nel contesto di appartenenza. *La Chimica nella Scuola*, **39** (1), 39-64, 2017.
- F. Vergine, L. Cardellini, Il sogno di Giovanni. Un progetto di inquiry al Liceo. *La Chimica nella Scuola*, **39** (4), 37-60, 2017.
- E. Mansueti, L. Cardellini, L'inclusione dei BES attraverso la realtà compensativa. I mediatori concreti in un caso di autismo. *La Chimica nella Scuola*, **40** (2), 15-38, 2018.
- D. Bianchini, F. M. Foresi, G. Paccazzocco, C. Principi, L. Cardellini, Altre esperienze dal progetto PROFILES: la chimica in cucina. *La Chimica nella Scuola*, **40** (4), 43-89, 2018.
- L. Seghetti, L. Cardellini, Innamorarsi della Chimica. I parte - Le basi teoriche dell'approccio. *La Chimica nella Scuola*, **41** (5), 71-95, 2019.
- L. Seghetti, L. Cardellini, Innamorarsi della Chimica. II parte - Pianificazione e svolgimento dei progetti. *La Chimica nella Scuola*, **42** (1), 27-58, 2020.
- L. Seghetti, L. Cardellini, Innamorarsi della Chimica - III parte: Altri cinque progetti. *La Chimica nella Scuola*, **42** (2), 21-43, 2020.
- L. Cardellini, L'impatto del progetto PROFILES. Parte 1. Organizzazione e basi teoriche. *La Chimica nella Scuola*, **42** (2), 57-100, 2020.

Bibliografia

- P. Adey with G. Hewitt, J. Hewitt, N. Landau, *The professional development of teachers: Practice and theory*. Kluwer Academic Publishers: New York, 2004.
- P. K. Agarwal, P. M. Bain, *Powerful teaching. Unleash the science of learning*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2019.
- L. Battistini, P. Frattoni, A. Gallina, C. Crosa, N. Guardati, C. Lattanzi, S. Stortini, M. Terzi, K. Palmili, With flying colours. In C. Bolte, F. Rauch (Eds.), *Enhancing inquiry-based science education and teachers' continuous professional development in Europe: Insights and reflections on the PROFILES project and other projects funded by the European Commission* (pp. 154-157). Freie Universität Berlin (Germany) / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (Austria), 2014.
- D. Bianchini, F. M. Foresi, G. Paccazzocco, C. Principi, L. Cardellini, Altre esperienze dal progetto PROFILES: la chimica in cucina. *La Chimica nella Scuola*, **40** (4), 43-89, 2018.
- P. C. Brown, H. L. Roediger, M. A. McDaniel, *Make it stick. The science of successful learning*. Harvard University Press: Cambridge, 2014.

- J. T. Bruer, *Schools for thought. A science of learning in the classroom*. MIT Press: Cambridge, MA, 1993.
- I. Burić, A. Moè, What makes teachers enthusiastic: The interplay of positive affect, self-efficacy and job satisfaction. *Teaching and Teacher Education*, **89**, 103008, 2020.
- L. Cardellini, An Interview with J. Dudley Herron. *Journal of Chemical Education*, **79** (1), 53-59, 2002.
- M. T. H. Chi, P. J. Feltovich, R. Glaser, Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, **5** (2), 121-152, 1981.
- H. Cooper, Synthesis of research on homework. Grade level has a dramatic influence on homework's effectiveness. *Educational Leadership*, **47** (3), 85-91, 1989.
- H. Cooper, J. C. Robinson, E. A. Patall, Does homework improve academic achievement? A synthesis of research, 1987-2003. *Review of Educational Research*, **76** (1), 1-62, 2006.
- L. Corno, Homework is a complicated thing. *Educational Researcher*, **25** (8), 27-30, 1996.
- A. Coulon, Becoming a member by following the rules. In A.-N. Perret-Clermont, C. Pontecorvo, L. B. Resnick, T. Zittoun, B. Burge (Eds.), *Joining society: Social interaction and learning in adolescence and youth* (pp. 109-116). Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2004.
- C. H. Crouch, E. Mazur, Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, **69** (9), 970-977, 2001.
- T. Ghaye, *Teaching and learning through critical reflective practice. A practical guide for positive action*, 2nd Ed. Routledge: Oxon, UK, 2011.
- J. K. Gilbert, Foreword. The role of visual representations in the learning and teaching of science: An introduction. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, **11** (1), 1-19, 2010.
- A. Grodner, N. G. Rupp, The role of homework in student learning outcomes: Evidence from a field experiment. *The Journal of Economic Education*, **44** (2), 93-109, 2013.
- J. Hattie, *Visible learning for teachers. Maximizing impact on learning*. Routledge: Oxon, UK, 2012.
- C. E. Hmelo-Silver, R. Golan Duncan, C. A. Chinn, Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, **42** (2), 99-107, 2007.
- L. L. Jacoby, R. A. Bjork, C. M. Kelley, Illusions of comprehension, competence, and remembering. In D. Druckman, R. A. Bjork (Eds.), *Learning, remembering, believing. Enhancing human performance* (pp. 57-80). National Academy Press: Washington, DC, 1994.

- E. Jung, M. Kim, C. M. Reigeluth, Learning in action: How competent professionals learn. *Performance Improvement Quarterly*, **28** (4), 55-69, 2016.
- J. D. Karpicke, A. C. Butler, H. L. Roediger, Metacognitive strategies in student learning: Do students practice retrieval when they study on their own? *Memory*, **17** (4), 471-479, 2009.
- M. M. Keller, A. Woolfolk Hoy, T. Goetz, A. C. Frenzel, Teacher enthusiasm: Reviewing and redefining a complex construct. *Educational Psychology Review*, **28**, 743-769, 2016.
- S. Kim, K. Song, B. Lockee, J. Burton, *Gamification in learning and education. Enjoy learning like gaming*. Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2018.
- P. A. Kirschner, J. Sweller, R. E. Clark, Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, **41** (2), 75-86, 2006.
- A. Kitsantas, B. J. Zimmerman, College students' homework and academic achievement. The mediating role of self-regulatory beliefs. *Metacognition and Learning*, **4** (2), 97-110, (2009).
- E. Kralovec, J. Buell, End homework now. *Educational Leadership*, **58** (7), 39-42, 2001.
- J. H. Larkin, understanding, problem representations, and skills in physics. In S. F. Chipman, J. W. Segal, R. Glaser (Eds.), *Thinking and learning skills. Vol. 2: Research and open questions* (141-159). Lawrence Erlbaum: New York, 1985.
- D. Letterman, Students' perception of homework assignments and what influences their ideas. *Journal of College Teaching & Learning*, **10** (2), 113-122, 2013.
- R. J. Marzano, D. J. Pickering, J. E. Pollock, *Classroom instruction that works. Research-based strategies for increasing student achievement*. Association for Supervision and Curriculum Development, ASCD: Alexandria, VA, 2001.
- R. E. Mayer, Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, **59** (1), 14-19, 2004.
- E. Mazur, *Peer instruction. A user's manual*. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, 1997.
- S. M. McConachie, Disciplinary literacy. A principle-based framework. In S. M. McConachie, A. R. Petrosky (Eds.), *Content matters. A disciplinary literacy approach to improving student learning* (pp. 15-31). Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2010.
- A. Moè, Emotional contagion in the classroom: How much can a teacher's

enthusiasm increase students' achievement motivation? In J. P. Henderson, A. D. Lawrence (Eds.), *Teaching strategies* (pp. 367-376). Nova: New York, 2011.

A. Moè, F. Pazzaglia, L. Ronconi, When being able is not enough. The combined value of positive affect and self-efficacy for job satisfaction in teaching. *Teaching and Teacher Education*, **26** (5), 1145-1153, 2010.

J. Nakamura, M. Csikszentmihalyi, The Concept of flow. In C. R. Snyder, S. J. Lopez (Eds.), *Handbook of positive psychology* (pp. 89-105). Oxford University Press: New York, 2002.

R. Pekrun, L. Linnenbrink-Garcia, Academic emotions and student engagement. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 259-282). Springer: New York, 2012.

M. A. Pyc, K. A. Rawson, Testing the retrieval effort hypothesis. Does greater difficulty correctly recalling information lead to higher levels of memory? *Journal of Memory and Language*, **60** (4), 437-447, 2009.

A. J. Pohl, Strategies and interventions for promoting cognitive engagement. In A. L. Reschly, A. J. Pohl, S. L. Christenson (Eds.), *Student engagement. Effective academic, behavioral, cognitive, and affective interventions at school* (pp. 253-280). Springer Nature Switzerland: Cham, 2020.

R. Ritchhart, *Intellectual character. What it is, why it matters, and how to get it*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2002.

R. Ritchhart, M. Church, K. Morrison, *Making thinking visible. How to promote engagement, understanding, and independence for all learners*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2011.

H. L. Roediger, J. D. Karpicke, Test enhanced learning. Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, **17** (3), 249-255, 2006.

H. L. Roediger, A. L. Putnam, M. A. Smith, Ten benefits of testing and their applications to educational practice. In J. Mestre, B. Ross (Eds.), *Psychology of learning and motivation. Cognition in education* (pp. 1-36). Elsevier: Oxford, 2011.

M. S. Smith, E. A. Silver, M. K. Stein, with M. A. Henningsen, M. Boston, *Improving instruction in geometry and measurement. Using cases to transform mathematics teaching and learning*, Vol. 3. Teachers College Press: New York, 2005.

J. Solomon, The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, **23** (1), 1-19, 1994.

M. Tschannen-Moran, A. Woolfolk Hoy, Teacher efficacy: capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education*, **17** (7), 783-805, 2001.

J. C. Turner, H. Patrick, Motivational influences on student participation in classroom learning activities. *Teachers College Record*, **106** (9), 1759-1785, 2004.

B. Tversky, *Mind in motion. How action shapes thought*. Basic Books: New York, 2019.

J. H. van Driel, N. Verloop, W. de Vos, Developing Science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, **35** (6), 673-695, 1998.

D. T. Willingham, *Why don't students like school? A cognitive scientist answers questions about how the mind works and what it means for your classroom*. Jossey-Bass, San Francisco, CA, 2009.

R. N. Zare, Visualizing chemistry, *Journal of Chemical Education*, **79** (11), 1290-1291, 2002.

Le dodici pietre: la Turchese - Parte II

Le culture medio-orientali e mesoamericane

Pasquale Fetto
pasquale.fetto@didichim.org

Riassunto

Nella prima parte [1] abbiamo visto l'importanza della Turchese nella cultura del Vecchio Continente ora cercherò di analizzare il rapporto che intercorre fra la Turchese e la cultura del Nuovo Continente ed in particolare con le popolazioni della Mesoamerica. Infine esaminerò gli aspetti mineralogici, cristallografici e chimici della Turchese.

Abstract

In the first part[1] we saw the importance of Turquoise in the culture of the Old Continent now I will try to analyze the relationship between Turquoise and the culture of the New Continent and in particular with the populations of Mesoamerica. Finally I will examine the mineralogical, crystallographic and chemical aspects of Turquoise.

I popoli mesoamericani

Le quattro popolazioni presenti nella Mesoamerica che si sono succedute in ordine temporale sono: Olmechi, Maya, Aztechi. Quattro popoli con quattro civiltà che nel susseguirsi dei fatti e degli avvenimenti hanno "scritto" la storia e le differenti tradizioni. Queste civiltà sono dette **civiltà precolombiane**.



Figura 1. Rappresentazione geopolitica della Mesoamerica

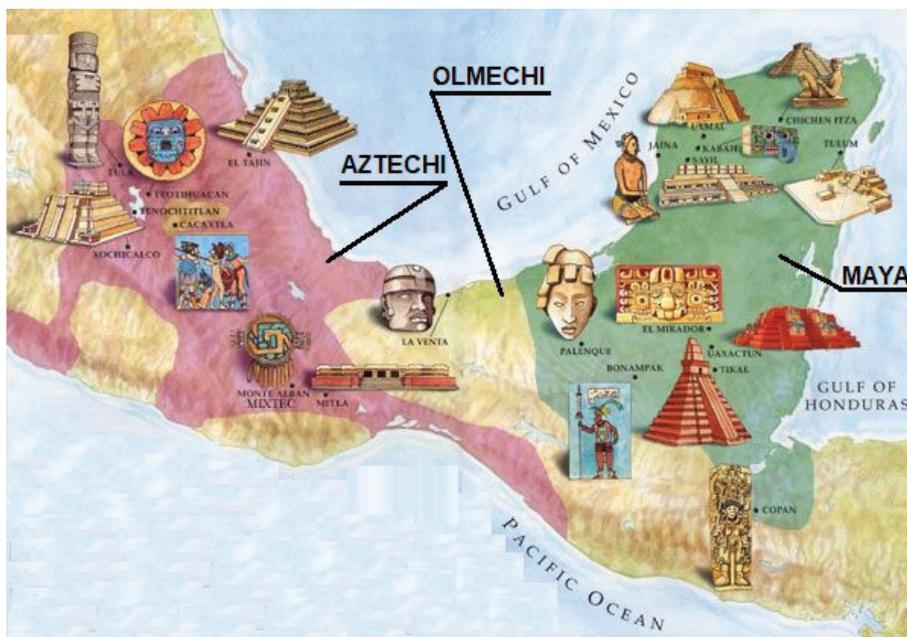


Figura 2. Rappresentazione delle zone di influenza delle varie popolazioni

Con il **termine mesoamerica** si intende un'area culturale definita che riflette i vari aspetti che Paul Kirchhoff¹ definì come il **Complesso mesoamericano**, indicando l'omogeneità di fondo delle molte culture che si succedettero in questa area geografica.[1s]

La posizione geopolitica della regione

La Mesoamerica (dal greco μέσος, *mesos* = *che sta nel mezzo*) geograficamente è la regione del continente americano comprendente la metà meridionale del Messico, i territori del Guatemala, El Salvador e Belize, la parte occidentale dell'Honduras, il Nicaragua e Costa Rica.

Oggi questa regione è il risultato dalla disgregazione dell'impero spagnolo. A farne maggiormente le spese fu soprattutto l'Area Maya. La Mesoamerica, dal punto di vista storico-culturale, è stata divisa in due aree: l'Area Messicana, a nord-ovest del fiume Grijalva, e l'Area Maya, a sud-est del fiume Grijalva. In questa regione si sviluppò una civiltà indigena che traendo origine dalle grandi diversità etniche e linguistiche, ancora oggi presenti, si evolse l'unità culturale dei popoli mesoamericani.

La civiltà Mesoamericana, e la civiltà andina più a sud, costituiscono un

1. Paul Kirchhoff (1900 – 1972) Filosofo e antropologo tedesco

corrispettivo del Nuovo Mondo con quelli dell'antico Egitto, della Mesopotamia, e della Cina.

La presenza nella Mesoamerica degli **Olmechi** venne scoperta alla fine dell'ottocento. Le origini del nome sono ancora misteriose e si pensa che derivi dalla parola atzeca "*olmeca*" che indicava il paese di Olmán, regione in cui cresceva l'albero del caucciú. Gli Olmechi, secondo un antico mito, sarebbero stati generati dall'unione di un giaguaro e una donna; da questo mito gli archeologi lo chiamarono "*popolo del giaguaro*". La civiltà Olmecha si è sviluppata dal 1700 a.C. al 200 a.C. raggiungendo il maggiore sviluppo culturale intorno al 1200 a.C.

Si ritiene che gli Olmechi furono i primi, tra le popolazioni dell'area Mesomanericana, a sviluppare una forma di scrittura.

Alla fine degli anni trenta, vengono condotti i primi scavi dettagliati di alcuni fra i più importanti siti olmechi delle coste del Golfo. Alcuni archeologi affermano che la civiltà olmeca costituisce la "cultura madre" delle Mesoamerica. L'antichità degli Olmechi fu confermata grazie alle datazioni al C14.

L'arte olmeca consiste sia in sculture di dimensioni naturali sia in piccole sculture stilizzate e utilizza un'iconografia significativamente religiosa.

La **civiltà Maya** si sviluppò nell'arco di tremila anni (dal 2000 a.C. al 1450 d.C. L'arte e la scienza maya sono a ragion veduta considerate **l'espressione culturale piú alta e sofisticata tra tutte le civiltà della Mesoamerica**.

Gli **Aztechi** furono la popolazione che in ordine di tempo occupò l'altopiano del Messico. Questa cultura è stata l'ultima delle grandi culture Mesoamericane e si sviluppò nel periodo precolombiano ed ebbe inizio nel 1300 e fu distrutta dagli spagnoli intorno al 1600. Gli Aztechi tenevano la turchese in altissima considerazione, era la pietra con cui rappresentavano il Sacro Serpente Solare.

I re e gli imperatori Aztechi e Cinesi indossavano corone e gioielli di turchese come amuleti portafortuna atti a proteggere la loro salute e la durata del regno.

La turchese nell'America precolombiana

Il significato religioso ed economico di questa pietra contribuì, prima dell'arrivo dei conquistadores, alla creazione di una fitta rete di scambi commerciali e culturali estesa fino al Sud ovest degli Stati Uniti. Dal XVI secolo la turchese fu, inoltre, usata come moneta dagli abitanti dell'America sud-occidentale.

Tra i tesori di Montezuma II (1466-1520), IX Imperatore Azteco all'inizio della conquista del Messico da parte degli Spagnoli, c'era un serpente inta-

gliato in turchese. Secondo le popolazioni indigene la turchese comparve in una magica notte di luna piena durante la quale tutte le tribù danzarono per celebrare l'arrivo della pioggia. Danzando, piansero per la felicità e le loro lacrime vennero **assorbite dalla Terra** e si trasformarono nella “**pietra del cielo e dell'acqua**”.

I guaritori e le popolazioni in tutto il territorio Mesoamericano si arricchirono grazie alla turchese, tentando il tutto per possederla in maggiore quantità. La turchese è stata utilizzata per i suoi poteri spirituali e metafisici dagli indiani, così come in molte altre culture Mesoamericane e Medio-Orientale. Nella maggior parte delle antiche tombe di personaggi potenti, guaritori e credenti sono state ritrovate mummie che indossavano amuleti in turchese.

La turchese divenne il **simbolo della buona sorte, delle benedizioni divine, della salute, della prosperità e assicurava la protezione dagli spiriti maligni.**

Per i **Sioux** e i **Cheyenne** la turchese era considerata la pietra simbolo *dell'unione delle forze ultraterrene* (col Grande Spirito o Wanka Tanka) e ritenevano che fosse in grado di indicare i cambiamenti di salute della persona.² Considerata *la gemma degli sciamani*, si riteneva contenesse tutti gli *spiriti degli animali*.

Similitudini simboliche

Una similitudine simbologica, riportata di seguito, ci fa riflettere sull'associazione della turchese agli dei egizi e agli dei delle civiltà precolombiane ed in particolare sulla temporalità. In Egitto era considerata la pietra dei Faraoni e della dea **Iside**, chiamata “**Signora della turchese**”. Con la turchese si scolpivano anche **gli scarabei** che rappresentavano **il dio Ra**, perciò venne associata **all'Aldilà e all'infinito**.

Questo appellativo, in realtà, era condiviso con la dea **Hathor**.^[2]



Bracciale Egiziano in oro e turchese

Il serpente azzurro Aztzeco

Figura 3 [2]

Lo **scarabeo** era per gli egiziani uno dei simboli per eccellenza (figura 3); usato come amuleto protettivo, ritenevano che fosse capace di dare gioia e mantenere alta la voglia di vivere. Particolarmente utilizzato in Egitto è il Turchese Verde.

Nell'antico Messico, la turchese, era considerata una fra le più importanti pietre preziose, era detta **Xihuitl (blu eterno)** e associata al **dio del fuoco Xiuhtecutili** conosciuto come "**Signore delle turchesi**".

Per il suo splendido colore era molto apprezzato dagli Aztechi i quali, con questa gemma, rappresentavano "**il serpente azzurro**" (figura 3).

Una maschera mixteca proveniente dalla Stanza del Tesoro di Monte Albán (esposta al museo di Oaxaca). Il cranio ricoperto da un mosaico di turchese proveniente con altri oggetti dalla tomba 7 di Monte Albán (XIV secolo).



Figura 4 - Maschera atzeca
(Museo etnografico di Roma)



Figura 5 - Cranio rinvenuto nel sito
archeologico precolombiano
(Museo di Oaxaca -Messico)

Nel sito archeologico precolombiano della città di **Teotihuacán**, a circa 40 Km da Città del Messico, sono state ritrovate delle statuette di ceramica oltre a maschere funerarie di pietra levigata, i cui occhi erano intarsiati con conchiglie e madreperla; gli occhi delle statuette in argilla erano dei frammenti di pirite e di turchese. (Museo Nacional de Antropología di Città del Messico). [2s]

Nel Museo (MAAOA) di Arti Africane, Oceania e Amerindi di Marsiglia è esposta un'opera la cui storia è avvolta nel mistero; si tratta di un teschio ricoperto da un mosaico le cui tessere erano di turchese.

Nel 1964, il cranio apparve nel film, *L'uomo di Rio*. Questo cranio, proveniente dal Messico, è di **origine mistica** (epoca preispanica). La sua forma

allungata all'indietro è la caratteristica forma del cranio della civiltà amerinde¹⁰. Il suo volto è coperto da un mosaico di turchese. Una fascia nera di ossidiana orna la fronte ed ha sul mento una barba nera ottenuta per riscaldamento della turchese a 300 °C. Le orbite oculari sono evidenziate da cerchi di conchiglie bianche. La colla che assembla le tessere del mosaico è di origine organica.

I **mosaici di pietra** sono una delle più antiche forme d'arte delle civiltà mesoamerindi. L'analisi di questi minerali, utilizzati per la produzione di maschere e gioielli, sottolinea l'importanza delle pietre simboliche e dei colori nelle civiltà pre-ispaniche. Gli artisti Mixtechi¹¹ erano considerati dai loro contemporanei come veri orafi in questo settore.

Alla **fine del II° millennio a.C.**, i **Maya** davano alla turchese e alla giada un valore superiore all'oro. La turchese aveva un ruolo importante in tutte le cerimonie religiose. Secondo le leggende, la turchese aveva tra le proprietà terapeutiche quella di proteggere dai morsi dei serpenti velenosi; questa proprietà fu **accertata da Aristotele** (385-322 a.C.).

Tra gli svariati oggetti aztechi vi sono varie rappresentazioni di serpenti che allontanavano il cielo dagli astri, ma la pietra fu usata anche dai Maya dal 2000 a.C., dagli Incas tra il XV ed il XVI secolo e dai Navajo.

Gli **Indiani d'America** adoravano la turchese inviata sulla terra dai padri della creazione e ritenuta in possesso di grandi poteri fovorevoli per gli uomini. La turchese è una pietra utilizzata tutt'oggi dagli sciamani in quanto favorirebbe l'amore profondo e porterebbe serenità e pace interiore a chi la indossa. Gli Indiani d'America utilizzavano la turchese, sia come "*moneta di scambio*", sia come pietra ornamentale per abbellire e proteggere tombe e case e inoltre rappresentava l'incarnazione dello spirito del mare e del cielo. Secondo le varie tribù indiane è la pietra in cui sono contenuti gli spiriti di tutti gli animali.

In passato forse, a questa credenza, era legato l'utilizzo della turchese come ornamento dei cavalli in quanto preveniva le cadute del cavaliere rendendo obbedienti i cavalli scalpitanti; inoltre poteva anche prevenire la perdita o il furto del proprio animale.

A questa pietra sono attribuiti *poteri sovranaturali*. Si dice infatti che, quando il suo proprietario si trova in una situazione di pericolo, la turchese cambia colore per avvertirlo e a seconda dello stato psicofisico di chi l'avvicina si schiarisce o si scurisce. Gli Indiani ancora oggi credono che la

10. Col termine Amerindi (dall'inglese Amerind(ian) ovvero American Indian, indiano d'America) si designano le popolazioni autoctone delle Americhe. Gli **amerindi** vengono suddivisi in due grandi gruppi: gli indiani dell'America Settentrionale, gli indios dell'America Meridionale, Centrale e del Messico.

11. I Mixtechi erano popolazioni indigena, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Mixtèques>.

turchese sia portatrice di felicità e fortuna per coloro che la posseggono. I bracciali Zuñi¹², le cinture delle popolazioni Navajo¹³ e le maschere degli Aztechi erano oggetti decorati con meravigliose turchesi.

Proprietà curative e simboliche

La turchese svolgeva un'azione disintossicante rinforzando il corpo ed era di aiuto soprattutto nella purificazione dei polmoni e del sangue. Era considerata un valido antidepressivo, favorisce la calma e la meditazione, stimola l'intuizione, la preveggenza e assorbe i pensieri negativi. E' consigliata nei casi di deperimento e anoressia, stimolando l'appetito e la gioia di vivere. Allevierebbe il mal di gola e la cefalea, oltre a tonificare i muscoli. Per far passare un dolore muscolare si può preparare una unguento potenziato con una turchese; si era soliti bere l'acqua in cui era stata immersa la turchese per aumentare la sua energia curativa.

Secondo i **Romani**, questa pietra era sacra a Venere e la si indossava di venerdì, il giorno dedicato alla dea dell'amore.

L'**astrologia** associa la turchese a Giove e fra le sue proprietà è evidenziata quella di allontanare le energie negative; ha effetto riequilibrante sulle emozioni represses. Si attiva ai raggi del Sole (non diretto) e della Luna ed è adatta ai segni dello *Scorpione* (per favorire la calma), al *Sagittario* e ai pesci che hanno Giove nel loro domicilio.

Anche gli **Indiani d'America** utilizzavano le turchesi, sia come "moneta" di scambio, sia come pietra ornamentale per abbellire e proteggere tombe e case. Per loro infatti, la turchese rappresentava lo spirito del mare e del cielo incarnato.

Ferdinando de' Medici fece montare su oro un busto di Augusto (secondo altri raffigurante Tiberio) ricavato da una turchese e risalente al I secolo dopo Cristo e conservato al Museo degli argenti di Firenze. Il busto fu commissionato ad Antonio Gentili da Faenza (nel 1580).

N.d.A.

Presso molte culture la turchese (come peraltro altre pietre) era utilizzata all'interno di amuleti per proteggere dai sortilegi di vario tipo e per garantire al suo portatore gioia di vivere, salute e forza. Si riteneva inoltre che tale pietra avesse la capacità di avvisare dell'avvicinarsi di un pericolo.

12. Gli Zuñi, popolazione amerindia di agricoltori, vive attualmente nello Stato del Nuovo Messico, negli Stati Uniti.

13. Gli indiani Navajo era una popolazione nativa americana localizzata nell'Arizona settentrionale e in parte nei territori dello Utah e del Nuovo Messico.

La turchese di colore celeste splendente, durante la notte, tende al verde e non dà la sensazione di freddo; si riteneva che preservasse dalle cadute accidentali, soprattutto da cavallo. Era opinione diffusa che durante la caduta la turchese assorbisse su di sé il colpo e rompendosi salvava il mal capitato.

Il **colore turchese** è una gradazione di ciano leggermente tendente al verde, il cui nome deriva dal colore dell'omonima gemma.

La Mineralogia e la Chimica

La turchese, fu usata fin dall'antichità come pietra preziosa ed ornamentale; le miniere dello *Uadi Maghara*, presenti nel Sinai, furono sfruttate in particolare dagli Egiziani. Altri giacimenti erano presenti ad *Ali-Marsa-Koh* presso Nishapur (Iran). Sono noti anche i giacimenti del *Kazakhstan* e dell'*Uzbekistan*.

Cristalli dai colori ben evidenti e definiti si trovano in Nevada, nel New Mexico e nell'Arizona. **Rarissimi** sono i cristalli trasparenti che provengono dalla Virginia, dal Belgio e dalla Cornovaglia.

La turchese sintetica o artificiale, imitazione della turchese, ottenuta con vetri colorati o con pasta di polvere finissima di fosfato di alluminio colorata con sali di rame.

Gli esemplari provenienti dalla Persia, dall'Egitto e dal Turkestan sono di un colore azzurro fantastico. I cristalli provenienti dal Nuovo Messico e dal Nevada sono meno ricercati per la presenza di una sfumatura verdastria. *Le qualità meno pregiate sono spesso colorate artificialmente*. I giacimenti sono in Messico, Stati Uniti, Polonia, Sinai e Russia (presso Samarcanda).

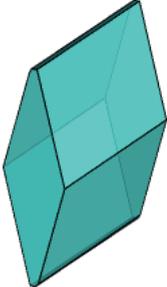
La prima notizia sulla turchese la troviamo in Plinio nella sua *Naturalis Historia* chiamata "*callaina*" (da *καλλαιτινος* - bella pietra). È una *pietra porosa* e non molto dura perciò si deteriora facilmente. La **porosità** fu evidenziata dallo stesso Plinio il quale aveva osservato che "*...la callaina viene attaccata dagli oli, dai balsami e dal vizio...*"; questo deterioramento, (dovuto al contatto con i profumi, gli unguenti, i saponi e le sostanze acide), è irreversibile. La turchese è una delle pietre più delicate, un uso scorretto potrebbe farle cambiare il colore; per evitare ciò è preferibile non esporla troppo al sole.

La turchese è un **minerale di genesi secondaria**, si forma in seguito alla circolazione di soluzioni mineralizzanti all'interno di rocce sedimentarie soprattutto arenarie o vulcaniche (trachiti), generalmente molto fratturate.

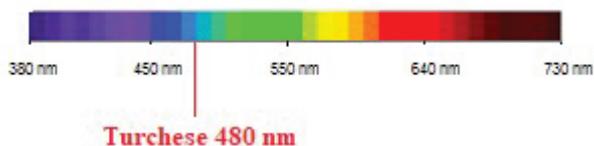
A 250°C la turchese diventa verde, opaca, mentre aumentando la temperatura, il minerale perde l'acqua trasformandosi in una pasta vitrea scura; non fonde al cannello ferruminatorio e non tinge la fiamma in verde come avviene per le imitazioni. Per evitare che si verifichino facili alterazioni del colore originario (a causa della sua porosità) si effettuano *trattamenti di impregnazione* a scopo protettivo.

La turchese è solitamente opaca o appena traslucida lungo i bordi; gli esemplari in cui è presente l'idrossido di ferro hanno un colore uniforme o venature di forma ramificata brune o nere. Raramente la turchese si presenta in cristalli trasparenti, si trova sempre in noduli o masse microcristalline reniformi, oppure in sottili venature all'interno delle **rocce incassanti** (cioè rocce più antiche entro cui sono intrusi).

La turchese (detta anche *turchina* o *kalaite*) è un **fosfato basico idrato di alluminio e rame**, la presenza di di ferro e calcio sono da considerarsi impurezze. Gli elementi essenziali sono: Al, Cu, H, O, P. Il colore azzurro è dovuto al rame, la presenza di ferro sposta la colorazione verso il verde. Si ritrova allo stato grezzo in masse e concrezioni cristalline reniformi o oppure in vene o liste entro rocce eruttive.

<p>Formula empirica: $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Formula empirica con impurezze: $\text{Cu}(\text{Al},\text{Fe}^{3+})_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$</p>	<p>Proprietà chimiche: Composizione della turchese escluse le impurezze</p> <table border="0"> <tr> <td>Al</td> <td>19.90%</td> <td>Al_2O_3</td> <td>37.60%</td> </tr> <tr> <td>Cu</td> <td>7.81%</td> <td>CuO</td> <td>9.78%</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>15.23%</td> <td>P_2O_5</td> <td>34.90%</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>1.98%</td> <td>H_2O</td> <td>17.72%</td> </tr> <tr> <td>O</td> <td>55.07%</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>massa molecolare: 813,44 g/m</p>	Al	19.90%	Al_2O_3	37.60%	Cu	7.81%	CuO	9.78%	P	15.23%	P_2O_5	34.90%	H	1.98%	H_2O	17.72%	O	55.07%		
Al	19.90%	Al_2O_3	37.60%																		
Cu	7.81%	CuO	9.78%																		
P	15.23%	P_2O_5	34.90%																		
H	1.98%	H_2O	17.72%																		
O	55.07%																				
<p>Caratteristiche Cristallografiche Gruppo cristallino: trimetrico Sistema cristallino: triclino^a</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Simmetria: pinacoidale Raramente i cristalli sono trasparenti</p> <hr/> <p>a. Fino al 1911 la turchese fu ritenuta amorfa, in quello stesso anno furono trovati dei cristalli triclini in Virginia.</p>	<p>Proprietà fisiche Densità: 2,6-2,8g/cm³ Durezza (Mohs): 5-6 Colore: Blu, blu-verde, verde, verde grigio, blu chiaro, azzurro-verde Indice di rifrazione medio: 1.62</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Turchese grezza</p>																				

Il turchese è uno dei colori dello spettro visibile, la lunghezza d'onda è intorno a 480 nanometri.



Insieme al giallo ed al magenta è un colore primario sottrattivo¹, la stessa tonalità può essere generata miscelando uguali quantità di luce verde e blu. Il ciano è il colore complementare del rosso: il pigmento di colore ciano assorbe la luce rossa. Spesso il ciano viene denominato turchese e spesso non viene distinto dall'azzurro. Nei testi sulla fotografia, fino agli anni settanta il ciano è stato solitamente chiamato blu-verde.

La turchese viene impiegata per uso gemmologico, ricavando oggetti intagliati come statuette e camei. E' una delle gemme più imitate utilizzando sia materiali (pietre) naturali sia artificiali.

Cristalloterapia

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 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, alla sua conservazione ed uso e scorretto.

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

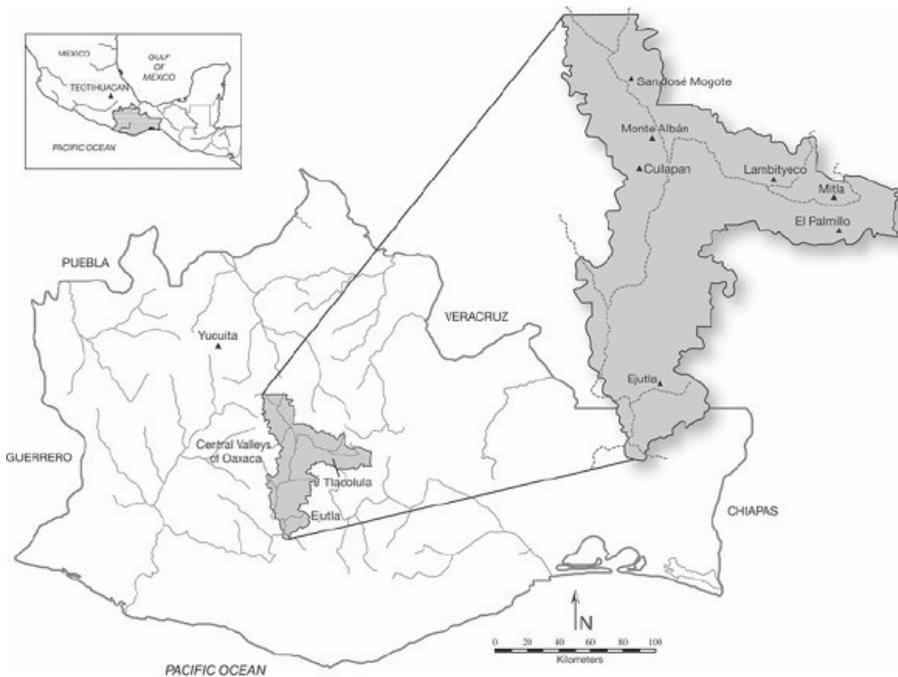
d'America è la pietra celeste. Oggi è la **pietra nazionale dell'Iran**.

APPENDICE

Arte Zapoteca di Monte Albán

Nel museo di Oaxaca sono conservate le maschere delle divinità al I piano è custodito *il tesoro di Monte Albán*.

*Nel 1932 l'archeologo Alfonso Caso scoprì, all'interno di una tomba zapoteca, uno straordinario corredo funerario composto di 500 reperti tra cui una maschera mortuaria in oro, la maschera di **Xipe Tòtec** (Dio della fertilità della terra) raffigurato come un guerriero con il volto coperto dalla pelle di un uomo sacrificato, **un cranio decorato di turchese**, parzialmente conservato. Nel corredo era presente **un pettorale di turchese perle e oro**; ossi di giaguaro finemente incisi e oggetti di cristallo di rocca, ambra, ossidiana e turchese.*



In una **tomba zapoteca** risalente a 1.500 anni fa, presso uno dei siti di notevole complessità al di fuori del centro regionale di Monte Albán, fu scoperta, da un team di archeologi del Field Museum, sulle terrazze del sito

collinare a poca distanza dal sito archeologico di El Palmillo a Oaxaca, Messico.

Nella tomba furono trovati i resti di tre individui, uno dei quali fu sepolto in posizione seduta con indosso una singola goccia di pietra verde (forse turchese); la presenza di questa pietra era il simbolo che gli occupanti della tomba appartenevano ad una condizione elevata.

Il segreto del blu Maya

Il pigmento turchese che contraddistingue le opere d'arte e ricopriva il corpo delle vittime sacrificali offerte agli dei e dell'antica civiltà Maya, è rimasto a lungo un mistero. Gli scienziati hanno scoperto come questo popolo realizzava il colore definito una delle grandi conquiste artistiche e tecnologiche della Mesoamerica.

I ricercatori americani del Wheaton College dell'Illinois e del Field Museum di Chicago, sostengono che la preparazione di questompigmento era strettamente collegata ai riti dei sacrifici.

Il pigmento usato dai Maya nella Mesoamerica tra il 300 e il 1500 d.C., ha stimolato da sempre l'interesse dei chimici e dei fisici per questi materiali per la loro particolare stabilità chimica e per la resistenza agli acidi, agli agenti atmosferici e al clima della regione.

Il blu era il colore dei sacrifici per gli antichi Maya che dipingevano con questo pigmento il corpo delle vittime umane deposte sull'altare prima di strappare loro il cuore o prima di gettarle nel sacro Cenote, un pozzo naturale che si trova nel complesso di Chichen Itzà in Messico.

Il blu era usato anche nei dipinti murari, negli oggetti in ceramica e legno ritrovati in fondo al pozzo. Un recipiente di terracotta simile a un braciere a tre piedi, rinvenuto proprio nei pressi di questa cavità nel 1904.

Questo oggetto, contenente molti frammenti di un'ambra chiamata *copale*, analizzato al microscopio elettronico ha evidenziato tracce di indaco (colorante che si ottiene dalla pianta dell'indaco) e palygorskite (minerale argilloso). Questi ingredienti, spiegano i ricercatori, venivano fusi a caldo e il processo fissava il colore in modo indelebile.

"La combinazione di questi tre materiali, ognuno dei quali fu usato anche nella medicina Maya, ha un grande valore simbolico e rituale" ha spiegato il primo autore dello studio, Dean Arnold, del Wheaton College. "Se si pensa che i sacrifici officiati - ha proseguito - erano rivolti al dio della pioggia Chaak il simbolo che ne risulta è il potere di guarigione dell'acqua in una comunità agricola strettamente dipendente dalla frequenza e dall'intensità delle precipitazioni".

Bibliografia

- P. Fetto. Le dodici pietre del pettorale di Aronne: La turchese – Parte I; CnS La Chimica nella Scuola. **XLII** (2), 45-55, 2020
- https://www.repubblica.it/2008/02/sezioni/scienza_e_tecnologia/blu-maya/blu-maya/blu-maya.html
- A. L. Bonfranceschi. Dalla culla degli Aztechi tutti i segreti del turchese. *La Repubblica, Scienze*, (15 giugno 2018).
https://www.repubblica.it/scienze/2018/06/15/news/turchese_aztechi_le_origini-199103448/
- Harbottle Garman ,Weigand Phil C. (1 aprile 1992) *La turchese nell'america precolombiana*. *Le Scienze – Edizione Italiana di Scientific American*
http://www.lescienze.it/archivio/articoli/1992/04/01/news/la_turchese_nell_america_precolombiana-545506/
- Josh Fischman. (24 novembre 2014) *Alla scoperta delle origini delle maschere di Teotihuacan*. *Le Scienze – Edizione Italiana di Scientific American*
http://www.lescienze.it/news/2014/11/24/news/maschere_pietra_teotihuacan_origine_scoprire_falsi-2385429/
- <https://lacasadelcorallo.wordpress.com/2011/11/28/curiosita-sul-turchese/>
- <http://www.britannica.com/topic/http://Mesoamerican-civilization>
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Teotihuacan>

Premiati i progetti scolastici dedicati alla chimica



Federchimica premia i progetti scolastici dedicati alla chimica e al suo ruolo per migliorare la nostra vita. Sono 37 i migliori elaborati che hanno raccontato, in modo originale e creativo, come la chimica ci accompagna in ogni momento della nostra giornata e sia fondamentale nelle grandi sfide dell'umanità e del pianeta ...

<https://www.federchimica.it/webmagazine/dettaglio-news/2020/07/28/vincitori-premio-federchimica-2019-2020>

Poesia e scienza

Inedita

Il segreto dell'equilibrio dinamico

Tutto si muove
perché tutto rimanga fermo.
E tutto sembra fermo
perché tutto si muove.

Tale il segreto dell'equilibrio dinamico.

A dritta e a manca
svolteremo
intorno agli atomi
delle nostre povere molecole.

Grandi vortici,
piccoli vortici,
turbolento il moto
diventa turborapido.

Dov'è il nostro
strano Attrattore?

Strutture frattali siamo!

Roberto Soldà

L'onda di probabilità*

Inedita

Ancora furioso il vento della paura
torceva la chioma bionda di Penelope.

Le onde del mare
con i loro denti bianchi
mordevano la sua ansia.

In quale luogo si trovasse
ora il suo Ulisse
si chiedeva Penelope.

Ancora tanti tanti
molti troppi
erano i picchi
delle onde di probabilità di Ulisse.
La paura di Penelope bussò alla porta
di quell'incantevole palazzo misterioso.
La sua fede andò ad aprire.
“Nessuno” non era in quella
fascinosa dimora
dove abitava un'altra maga seducente.

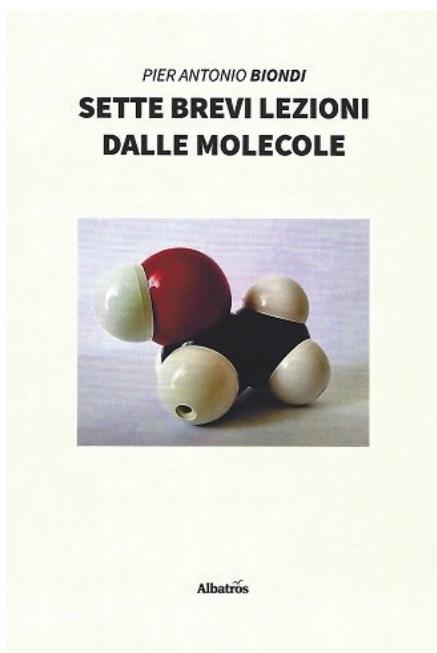
Ulisse era già giunto a Itaca :
il picco dell'onda azzurra
nell'isola d'oro
alto si eresse.

Il tempo dell'attesa
più non si protrasse.
Il filo che non voleva
chiudere il cerchio,
a stringersi in un nodo
s'era finalmente risolto.

** Come è noto, la luce e la materia si comportano ora come onde (onde di probabilità) , ora come corpuscoli. Però, per quanto riguarda la materia, il comportamento ondulatorio si nota solo con le particelle. Per gli esseri umani, le onde a noi associate hanno lunghezze d'onda troppo piccole per essere percepite. Comunque, secondo la meccanica quantistica, a ognuno di noi può essere associata un'onda di probabilità, che avrà valore nullo ovunque tranne nei punti dove effettivamente ci sono probabilità di trovarsi.*

Roberto Soldà

Libri in redazione



**2020 Gruppo Albatros Il Filo S.r.l., Roma
I edizione agosto 2020**

Ho letto un bel testo. Lo trovo molto opportuno: sono concetti che riguardano la nostra vita di tutti i giorni, ma che difficilmente vengono ad essa correlati. E' altamente didattico!!

Si tratta di un testo conciso, ma prezioso che cerca di rendere comprensibili, anche a non addetti, concetti che fanno parte del bagaglio del chimico, ma che anche a questo a volte risulta difficile trasmettere.

Le lezioni riguardano Conformazione e Configurazione, Covalenza, Entropia, Stechiometria, Coefficiente di attività, Ossidoriduzioni, Termodinamica e Cinetica.

L' autore le svolge con competenza e semplicità, dote talvolta assente nei grandi esperti. Al di là del metodo didattico adottato, quello che più colpisce è la ricerca di similitudini con i casi della vita: così dalla politica allo sport dal turismo alla gastronomia nascono confronti esplicativi per certi aspetti geniali con sempre in sottofondo l'invito diretto a tutti, soprattutto ai giovani, a non farsi ingannare dalle apparenze ed invece ad osservare con attenzione la natura ed i propri simili per riconoscere uguaglianze e differen-

ze, come avviene da parte del chimico sulle configurazioni molecolari. Alcune delle similitudini colpiscono per la congruità e per l'attualità. Una famiglia in una piazza affollata come un tempo o molto meno affollata come oggi in tempo di covid, una coppia di ciclisti impegnati in una manifestazione sportiva, la lavorazione del vetro, le scelte di un politico rispetto ai tempi generalmente stretti in cui deve raccogliere i consensi, limitazione che deriva dalla liquidità dei cicli politici, il rapporto fra tasse e servizi e molto altro ancora vengono discussi per spiegare attraverso essi gli argomenti delle 7 lezioni: francamente un'idea nuova e che non mi era mai capitato di leggere. Le 7 lezioni che Biondi ci dà in effetti derivano dallo studio del comportamento delle molecole assegnando così alla chimica una chiave di valutazione dei problemi del nostro tempo e della nostra società

Luigi Campanella

Il libro **Sette brevi lezioni dalle molecole** scritto dal Prof. Pier Antonio Biondi, edito da Albatros, raccoglie alcune delle colonne portanti della chimica e le rielabora in chiave semplice per essere comprese e apprezzate dal lettore. Il testo è introdotto da una prefazione scritta da una delle prime studentesse che l'autore ha formato nella sua lunga carriera. Segue una breve premessa dell'autore nella quale espone la missione principale del libro: proporre alcuni aspetti della chimica spesso trascurati nella divulgazione di questa disciplina.

Il libro, in un'ottantina di pagine, tratta 7 concetti cardine per comprendere questa scienza: Conformazioni e configurazioni, Covalenza, Entropia, Stechiometria, Coefficiente di attività, Ossidoriduzioni, Termodinamica e cinetica. Ogni titolo è corredato da una frase esplicativa del contenuto e anticipatore del contenuto. I sette punti sono espressi in modo chiaro e discorsivo, con numerosi esempi e modellizzazioni della teoria proposti in maniera tale da essere utilizzati efficacemente da lettori con differenti livelli di conoscenza.

Grazie alla semplicità stilistica, semplicità qui espressa con un'accezione positiva, il testo può essere consigliato sia ad un pubblico con conoscenze molto basilari della chimica sia a lettori con competenze chimiche più spiccate. Ai primi si garantisce una piacevole lettura che introduce nel mondo della chimica e stimola tutti quegli aspetti che spesso incuriosiscono i lettori, ma che restano sconosciuti perché lo studio della chimica, spesso, fa paura. L'autore riesce a dissolvere quel consueto velo negativo che la chimica si porta con sé, trasformandolo in un'aura luminosa foriera di conoscenza. Coloro che invece già conoscono la chimica, soprattutto se la conoscono bene, possono ritrovare la piacevolezza della teoria espressa in una particolare chiarezza linguistica e concettuale. Proprio come nella vita

un cibo povero, un paesaggio naturale, una musica delicata arrivano diritte al cuore e risvegliano tutte quelle valutazioni che ci rendono più completi e padroni di noi stessi, anche la freschezza concettuale con la quale viene qui proposta la chimica desta nel lettore edotto una profonda riflessione sui concetti, riflessione che spesso si trasforma in revisione, rielaborazione e affinamento delle proprie conoscenze.

La lunga esperienza nella ricerca e nella didattica che ha conseguito l'autore durante la sua lunga carriera fa di questo libro un ottimo punto di partenza per tutti coloro che si dedicano all'insegnamento di questa nostra disciplina e per tutti quelli che, invece, la scoprono per la prima volta. Pochi testi sanno trasmettere così chiaramente l'amore che ogni scienziato prova verso la chimica dopo una vita trascorsa a cercare di comprenderla ed esaltarla, proprio come ogni innamorato vuole condividere col mondo quell'amore che lo rende grande.

Riccardo Carlini

AREE SCIENTIFICO–DISCIPLINARI

AREA 01 – Scienze matematiche e informatiche

AREA 02 – Scienze fisiche

AREA 03 – **Scienze chimiche**

AREA 04 – Scienze della terra

AREA 05 – Scienze biologiche

AREA 06 – Scienze mediche

AREA 07 – Scienze agrarie e veterinarie

AREA 08 – Ingegneria civile e architettura

AREA 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione

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

AREA 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche

AREA 12 – Scienze giuridiche

AREA 13 – Scienze economiche e statistiche

AREA 14 – Scienze politiche e sociali

AREA 15 – Scienze teologico–religiose

Il catalogo delle pubblicazioni di Aracne editrice è su

www.aracneeditrice.it

Finito di stampare nel mese di dicembre 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)