



Società Chimica Italiana

La Chimica nella Scuola



SOMMARIO

EDITORIALE	
Chimica: vecchia matrona in abito giovanile	5
di Maura Andreoni	
DALLA COPERTINA	
Gerhard Domagk	9
di Gianmarco Ieluzzi	
SCUOLA SECONDARIA INFERIORE	
La Chimica da Mangiare: laboratorio chimico-culinario per ragazzi nato dopo l'esperienza del TFA	13
di Caterina Ferri	
Le palpebre di Venere (divagazioni sul quarzo ametista)	29
Maura Andreoni	
Ricerca e Innovazione Responsabili in didattica.	37
Il progetto IRRESISTIBILE	
di Serena Randazzo e Michele A. Floriano	
Problem solving e creatività: How to Get There	49
di Liberato Cardellini	
<i>Notizie Flash</i>	
Laboratori didattici progettati dagli studenti di Chimica	75
Valentina Domenici	
Seconda edizione della borsa di studio	77
“Didattica della Chimica per Rosignano”	
Valentina Domenici	
Istruzioni per gli Autori	79

Chimica: vecchia matrona in abito giovanile

Le personificazioni della Chimica non sono rare. A titolo di esempio si può pensare alla sua allegoria rappresentata, insieme a quella della Fisica, del Telegrafo, del Vapore e dell'Abbondanza, tra i quattro continenti nella Galleria Umberto I di Napoli, quale immagine positiva della scienza e del progresso capaci di unificare le diverse parti del mondo (1887-1890); o la figura femminile con storta e distillatore che, insieme alle allegorie delle altre scienze orna il portico del Monumento Nazionale a Vittorio Emanuele II, meglio conosciuto con il nome di Vittoriano o Altare della Patria (1885-1911); o, ancora, il bassorilievo che, insieme ad altri sette che rappresentano le altre scienze, decora la facciata dell'Università Tecnica di Vienna (1815).

Naturalmente sono tutte rappresentazioni classicheggianti, ma quali sono le radici antiche, sia lessicali che iconografiche, di una disciplina tutto sommato moderna?

L'indagine è affascinante.

L'etimologia stessa della parola, sebbene molto incerta, è legata alle storie mitiche sulle origini della disciplina alla quale ha dato il nome e le ipotesi sono tante: dalla semplice derivazione da termini greci ad associazioni con personaggi biblici o con l'Egitto, paese dal quale si pensava provenissero le conoscenze naturali più remote, essendo gli Egizi considerati i più potenti maghi del mondo conosciuto.

Esclusivamente su base lessicale sono, per esempio, le ipotesi che fanno derivare "chimica" dal greco *chimos* (χυμος) che vuol dire "succo", forse con qualche allusione alla tecnica dell'estrazione o *khymeia* (χυμεία), dal verbo *cheo* (χέω) che significa "fondere, colare insieme, saldare, allegare", ecc., "a motivo che quest'arte insegna il mezzo di fondere i corpi più solidi"¹).

1. Dal *Dizionario etimologico di tutti i vocaboli*, di Bonavilla A., Pirola Ed. Milano, 1820.

Ma l'influenza greca sul termine non si limita ovviamente alla derivazione lessicale se si considera che le prime teorie che tentavano di spiegare il comportamento della materia risalgono, come si sa, ai filosofi greci, Democrito *in primis* (V/IV sec. a.C.), con la sua teoria atomista considerata, anche a distanza di secoli, una delle visioni più scientifiche dell'antichità .

Qualsiasi sia il significato di *khymeia*, con la sola aggiunta di un articolo, si arriva al termine arabo “*al-chimia*” e ciò fa ricordare tutti gli influssi arabi ed egiziani sulla cultura greca che portarono alla nascita dell'antica pratica che combinava elementi di chimica, fisica, astrologia, arte, semiotica, metallurgia, medicina e religione².

La prima menzione che troviamo di questa “arte”, in un certo modo già intesa anche come metodo sperimentale che studia le proprietà, la composizione, la preparazione e le trasformazioni profonde e permanenti della materia, è in Zosimo di Panopoli (III/IV sec. d.C.), alchimista egiziano di lingua greca – Panopoli è l'attuale Ahmim nell'Alto Egitto - il primo autore che abbia scritto, firmandole, opere alchemiche in modo sistematico.

Secondo la *Suida* (opera enciclopedica bizantina del X sec. d.C.), Zosimo fu l'autore di *Chemutikà*, dove parla di *Al Kemi*, il libro dei segreti dell'arte egizia (derivato a sua volta da *Kemie* o *Kamie*, uno dei nomi dell'antico Egitto) e dei perfezionamenti apportati nella soffiatura del vetro necessaria per la fabbricazione di alambicchi dai poi quali dipese il futuro successo della “chimica” ellenistica.

Un'altra ipotesi, forse poco scientifica ma suggestiva, fa derivare il sostantivo “chimica” da Cam, uno dei tre figli di Noè, sottolineando nel contempo, e ancora una volta, la relazione con l'Egitto.

Cam infatti in ebraico significa “calore, caldo, terra nera”, proprio come gli Egizi chiamavano il loro paese, reso fertile dal limo scuro delle inondazioni del Nilo, in contrapposizione alle “terre rosse” dei deserti circostanti.

All'indiscussa superiorità dell'Egitto nell'arte della trasformazione delle cose, si legava anche la credenza della “*cognizione perfetta della natura*” che avevano i Patriarchi, gli antichi capostipiti delle tribù

2. Peralto sembra che Seneca e Plinio conoscessero alcune ricette alchemiche di Democrito di cui restano tuttavia soltanto sparsi frammenti (Pseudo-Democrito?), la descrizione di Sinesio di Cirene (IV/V sec. d.C.) e la citazione di Zosimo di Panopoli (III sec. d.C.).

ebraiche: nelle Sacre Scritture, Tubal-cain, discendente da Caino, era l'artefice di ogni sorta di strumenti di bronzo e di ferro, maestro indiscusso nella conoscenza, fusione e lavorazione dei metalli (intuibile la posteriore assimilazione a Vulcano/Efesto)³ e non a caso è considerato il primo “chimico” della storia⁴.

Dopo Tubal-cain, questo onore da alcuni fu dato, *lato sensu*, a Noé, al quale viene attribuita l'invenzione del vino, bevanda fermentata, quando, come narrano le Sacre Scritture, piantò la prima vite dopo essere scampato al diluvio universale⁵; o a Miriam, sorella di Mosé e Aronne (o, secondo altri, Maria la Giudea, un'alchimista dell'Alto Medioevo menzionata anche da Zosimo) che si dice abbia sperimentato il metodo del bagno in acqua - *Balneum Mariae*, bagnomaria appunto - per imitare le condizioni naturali e riscaldare lentamente miscele di varie sostanze e produrre in questo modo oro o altri metalli preziosi; o allo stesso Mosè, che bruciò e polverizzò il vitello d'oro eretto dagli Israeliti, lo sparse nell'acqua e lo diede loro da bere⁶. Oro potabile ... nessuna “operazione chimica” fu mai così difficile (nemmeno quella eseguita da Cleopatra quando, per una scommessa con Marco Antonio, sciolse una costosissima perla nell'aceto, per poi berlo davanti agli invitati, segno questo che antiche conoscenze alchemiche, da buona egiziana le doveva senz'altro avere....⁷).

Una bella carrellata di quasi tutte queste ipotesi si trovano nell'opera di Cesare Ripa, studioso italiano del XVI secolo e autore dell'*Iconologia ovvero Descrizione Dell'imagini Universali cavate dall'Antichità et da altri luoghi*, opera enciclopedica "necessaria à Poeti, Pittori, et Scultori, per rappresentare le virtù, vitij, affetti et passioni humane", dove vengono descritte, in ordine alfabetico, le personificazioni di concetti astratti, come la Pace, la Libertà o la Prudenza, e di varie discipline come la Chimica appunto, contraddistinte da attributi e colori simbolici.

3. Gen. IV, 22. Secondo il biblista Wenham il nome “Cain” stesso significherebbe “fabbro”.

4. Cfr. Jos. Flav., *Ant.* I.

5. Gen. IX, 18-23.

6. Es.. XXXII, 19, 20.

7. Plin. *Nat. Hist.* IX, 58.

Nel commento del trattato del Ripa ad opera dell'abate Cesare Orlandi (1764), la Chimica è raffigurata come “[...] una vecchia matrona, ma con abito vistoso giovanile e ricco, di volto pallido e asciutto, in una stanza nella quale si mirino all'interno vari fornelli, crogiuoli, vasi diversi di bronzo, di terra, di vetro, lambicchi e tutt'altro quanto adoprato da' Chimici. Verghe d'oro e d'argento, numerosi pezzi di altri metalli, varie erbe, fiori, animali morti e tutto ciò che può spettare alla professione. Tenga in una mano un elmo volto sottosopra, dal di cui cavo si veda sorgere viva fiamma. Nell'altra una canna da soffiare appressata alla bocca, colla quale fomenti la fiamma a carboni sottoposti ad un crogiuolo ... [...]”.

L'immagine è quanto mai eloquente: la donna è raffigurata anziana per illustrare l'antichità della disciplina; con vestiti giovanili per indicare che il suo maggior lustro lo ebbe però in tempi recenti; il volto pallido dimostra la grave applicazione della mente e l'elmo tenuto capovolto nella mano significa che al chimico non sono nascosti i principi della generazione delle cose, contrariamente all'elmo dritto sul capo di Plutone, dio degli Inferi, donato al dio dai Ciclopi per renderlo invisibile a uomini e dèi⁸.

8. Cfr. Valer.(XVI sec.) *Hierog.*

Riferimenti bibliografici

Bizzarri Mariano, 2005 *Rennes le Chateau. Dal Vangelo perduto dei Cainiti alle sette segrete*, Edizioni Mediterranee, Roma.

Di Meo Antonio, 1989 *Storia della chimica*, Tascabili Economici Newton, Roma.

Levi Adolfo, 1931 *Democrito*, in *Enciclopedia Italiana*, Treccani, Roma.

Mino Gabriele, Galassi Cristina, Guerrini Roberto (curr.), 2013 *L'Iconologia di Cesare Ripa. Fonti letterarie e figurative dall'antichità al Rinascimento*, Olschki, Firenze.

Halleux Robert, 2000 *Les alchimistes grecs*, Paris, Les Belles Lettres, vol. 10.

Holmyard Eric J., 1941 *Tubal-Cain Acclaimed as Pioneer Chemist in The Science News-Letter*, Society for Science & the Public.

Knight, David M., 1995 *Ideas in chemistry. A history of science*, 2. Ed. Athlone, London.

Lindsay Jack, 2001 *Le origini dell'alchimia nell'Egitto greco-romano*, trad. M. Monti, Edizioni Mediterranee, Roma.

Othniel Margalith, 1994 *The Sea Peoples in the Bible*, Harrasowitz Verlag, Wiesbaden.

Tonelli Angelo (cur.), 2004 *Zosimo di Panopoli. Visioni e risvegli*, BUR, Milano.

Wenham Gordon, 1987 *Genesis 1-15*, in *Word Biblical Commentary*, Waco TX.

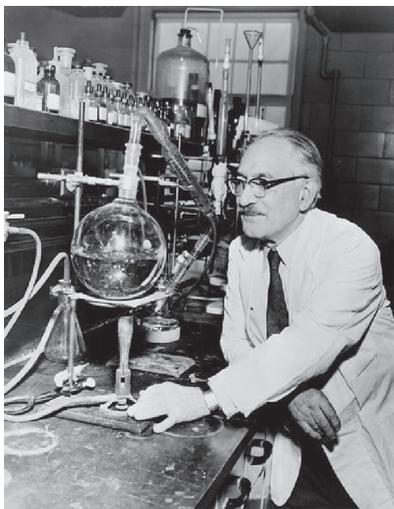
DALLA COPERTINA

a cura di Gianmarco Ieluzzi
(gianmarco.ieluzzi@gmail.it)

Gerhard Domagk

1895 – 1964

di
Gianmarco Ieluzzi



Gerhard Domagk

Vorrei percorrere un itinerario molto interessante per la storia della chimica del XX secolo, sia per l'utilità delle ricadute (ma se ci fermassimo solo a questo aspetto contribuiremmo senza dubbio ad accrescere il numeroso gruppo di chi fa della ragione strumentale uno degli obiettivi principi della sua relazione con la realtà, con buona pace di Charles Taylor) sia per l'accrescimento del patrimonio conoscitivo dei chimici del secolo passato. La strada cui mi riferisco è quella che condusse alla produzione dei sulfamidici, farmaci divenuti celebri per la loro azione batteriostatica, ossia capaci di bloccare la riproduzione dei batteri. Fino alla meta degli anni trenta, infatti, nonostante la ricerca non avesse desistito dal combattere contro agenti patogeni quali batteri e virus, malattie mortali derivanti dall'azione praticamente inarrestabile di tali agenti erano una vera e propria piaga, sia su scenari bellici sia su scenari di vita quotidiana e civile.

L'attore protagonista di questa vicenda si chiama Gerhard Domagk, medico e batteriologo polacco. Visse come combattente la Grande Guerra, scampando la tristemente famosa strage di ragazzi sui campi di combattimento. Al termine della guerra continuò i suoi studi di medicina fino alla laurea sostenuta nel 1921 per passare successivamente a studi di biochimica e ricoprire diversi incarichi universitari fino al 1927 quando passò a dirigere l'Istitut für Pathologie fondato dalla Bayer che in quegli anni faceva parte dell'IG Farbenindustrie, la grande ditta di coloranti sita vicino a Berlino.

All'interno dell'Istituto nel 1929 venne aperto un laboratorio di batteriologia che suscitò l'interesse di Domagk poiché durante la guerra, a causa di un ferimento, si ritrovò a lavorare anche in ospedali per colerosi. Le infezioni furono oggetto costante del lavoro di ricerca di Domagk, tanto che il suo nome all'inizio si legò allo Zephirol, nome commerciale di un composto antisettico diluito al 10% che trovava posto tra i saponi invertiti (tensoattivi cationici) tuttora utilizzato come disinfettante per strumenti medici e per le mani. Il lancio sul mercato avvenne tre anni dopo.

*Reizlosigkeit, Ungiftigkeit,
angenehmer Geruch*

ist die Vorzüge des neuen Desinfektionsmittels

Zephirol

Zephirol dient sowohl zur Desinfektion der Hände, Instrumente und Gebrauchsgegenstände, zur Reinigung infizierter Wunden, als Hautdesinfektion vor Operationen als auch zu Spülungen und Tamponierungen in der Gynäkologie und Geburtshilfe. Die intensive desinfizierende Wirkung, die Unschädlichkeit für Haut und Schleimhäute macht bei längerem Gebrauch auch der angenehme Geruch höchsten dem Zephirol in kürzester Zeit den Weg in Antiseptik Kliniken u. Spitalzimmer.

Ergebnisberichte: *Zeitschr. f. Bakt.* 1930, 11, 178.



La strada di Domagk si incrocia a questo punto con le strade di Fritz Mietzsch e Josef Klarer, due ricercatori chimici che a Leverkusen stavano continuando a lavorare intorno all'ipotesi di Ehrlich ossia sulla possibile azione antibatterica dei coloranti. In particolare i due chimici lavoravano assiduamente sul gruppo funzionale sulfonammidico $-SO_2NH_2$. Il test dei composti preparati erano condotti su culture batteriche *in vitro*. Non essendo ancora giunti esiti di analisi positivi, Domagk (e qui fu il suo intuito che divenne chiave di volta) propose una differente strategia: non potendo usare animali sin dall'inizio della selezione dei campioni prodotti dai due chimici, prelevò sangue di specie diverse di animali, rimosse l'agente coagulante, aggiunse il campione in una parte su 20000 e infine dispose il tutto sull'agar-agar.

Fu il composto denominato D4145 a dare risultati interessanti nel 1932, e perciò si decise di passare alla sperimentazione sui topi. La sostanza mostrava attività contro i batteri e fu chiamata Streptozon. Si apriva dunque la prospettiva di numerosi test clinici.

Una sfortuna familiare (Hildegarde, la figlia di quattro anni di Domagk, mentre giocava con una cavia, si procurò una puntura da ago infetto di streptococchi; l'infezione aveva portato alla decisione di una ineluttabile amputazione del braccio; ma Domagk non acconsentì e somministrò alla figlia una elevata dose della sostanza D4145) terminata con un lieto fine permise che si svolgesse una ricerca più celere sulla sostanza e la famiglia di sostanze simili. L'obiettivo fu sia quello di migliorare la solubilità del prodotto sia quello di usare le dosi minime per combattere le infezioni.

La sostanza fu studiata, la sua struttura divenne nota (due anelli aromatici collegati dal gruppo $-N=N-$ e la concomitante presenza del gruppo $-SO_2NH_2$) e usata commercialmente con il nome di Prontosil. La quantità di malattie curabili con il Prontosil è rilevante, come si può ben dedurre. Nel 1939, infatti, Domagk ricevette il premio Nobel per la medicina.

L. Cerruti, *Bella e potente*, Editori Riuniti, Roma, **2003**.

G. Zirulia, *L'industria delle medicine*, Edizionedra, Milano, **2014**

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1939/domagk-bio.html

SCUOLA SECONDARIA INFERIORE

La Chimica da Mangiare: laboratorio chimico-culinario per ragazzi nato dopo l'esperienza del TFA

Caterina Ferri

Docente presso le Scuole Medie "Ugo Guidi", Forte dei Marmi e

"Martiri di Sant'Anna" Stazzema.

Professoressaferri@gmail.com

Riassunto

Questo contributo presenta un modo particolarmente efficace di affrontare alcuni concetti di chimica nell'ambito della scuola secondaria di primo grado.

Attraverso la scelta di una serie di semplici esperienze di cucina, si conducono i ragazzi a capire alcune proprietà delle proteine (in particolare quelle dell'uovo) e alcune reazioni chimiche acido-base mediante lo studio della lievitazione delle torte.

Segue poi un esempio di verifica multidisciplinare per verificare l'acquisizione dei concetti.

Questo percorso è stato progettato durante il corso di Didattica della Chimica del TFA per la classe A059 presso l'Università di Pisa (docente: dr.ssa Valentina Domenici).

Parole chiave: Chimica, Cucina, Uovo, Lievitazione

Abstract

This contribution presents a particularly efficient way of facing at the secondary school level many chemistry's concept.

By the choice of some simple experiments of cooking, the pupils are addressed to learn protein's propriety (egg's protein) and acid-basic reaction by cake's lievitation.

At the end of this paper there is an example of final exam.

This didactic unit has been developed during the course of Chemical Education at the University of Pisa under the supervision of dr. Valentina Domenici.

Introduzione

E' opinione comune che la Chimica sia una materia difficile e quindi raramente si insegna nelle Scuole Secondarie Inferiori. Ammettendo che vi siano difficoltà intrinseche alla disciplina, non è facile comprendere il meccanismo di ciò che non si può vedere, ma sono convinta che questi osta-

coli possano essere superati con un approccio diverso della materia, adottando ciò che ho appreso durante le lezioni del corso di Didattica della Chimica del TFA per la classe A059.

Da qualche anno mi sono appassionata di cucina e ho iniziato a sperimentare delle ricette utilizzando ingredienti sostitutivi rispetto alla ricetta tradizionale per renderli meno calorici ma comunque gustosi al sapore.

Per fare questo, ho dovuto applicare le mie conoscenze di chimica organica e inorganica.

A differenza delle scuole superiori che posseggono un laboratorio di chimica, la maggior parte delle scuole medie non lo possiedono quindi ho pensato di costruire un piccolo progetto che permetta di poter realizzare esperimenti di chimica senza l'utilizzo di un laboratorio.

Ritengo che la semplice cucina di casa sia il primo vero "luogo chimico" in cui un individuo fin da piccolo è in grado di effettuare le proprie osservazioni scientifiche in maniera inconsapevole e quindi libera e spontanea.

Da queste considerazioni nasce la "La Chimica da Mangiare", una macro unità didattica rivolta ai ragazzi delle scuole medie che propone i seguenti argomenti culinari:

- La cottura delle uova (come esempio di chimica organica)
 - Le lievitazioni chimiche (come esempio di chimica inorganica)
- Ho scelto questi argomenti in quanto presentano numerosi spunti di riflessione sia di chimica organica che di chimica inorganica, inoltre sono in linea alle indicazioni nazionali.

Segue l'elenco degli obiettivi cognitivi e operativi delle attività proposte:

- La precipitazione delle proteine
- La lievitazione chimica
- Saper osservare per trarre conclusioni utili
- Capire i processi chimici
- Acquisire manualità e dimestichezza
- Esprimere le conoscenze acquisite con un linguaggio tecnico adeguato

Utilizzare un laboratorio chimico-culinario rappresenta il vantaggio di poter svolgere l'attività anche in assenza di una struttura all'interno della scuola destinata al laboratorio di scienze con cappa aspirante, rubinetto e tutto ciò che necessita per i classici esperimenti di chimica.

Il laboratorio chimico che propongo è molto minimale: una piastra elettrica, un piccolo forno elettrico, un termometro e degli utensili di cucina.

Un altro vantaggio è la facile reperibilità dei reagenti: si possono infatti comprare in un qualsiasi supermercato a bassissimo costo. Se vengono fatti

esperimenti che non hanno come fine l'assaggio, si possono utilizzare cibi scaduti da qualche giorno. Se il fine ultimo dell'esperimento è quello di creare un prodotto commestibile, questo può essere utilizzato come gustosa merenda alla fine delle attività. Ribadiamo che la regola generale di comportamento in laboratorio impone il divieto assoluto di assumere cibi e bevande durante le esercitazioni.

Quando si insegna alle scuole medie, siamo a contatto con ragazzi in fase di sviluppo, né bambini né adolescenti, spesso non ancora maturi per poter maneggiare con conspevolmente alcuni reagenti chimici utili per condurre esperimenti di alcune unità didattiche, ma potenzialmente dannosi (es. acido cloridrico, idrossido di sodio, colchicina, ecc...).

Utilizzare la cucina come laboratorio permette di maneggiare in totale sicurezza sostanze organiche e inorganiche (ad es. cloruro di sodio, acqua, bicarbonato) e creare ambienti acidi e basici (ad es. con acido citrico e con bicarbonato) senza andare incontro a rischio. Il tutto è in perfetto allineamento con le indicazioni nazionali in quanto è contemplata l'introduzione di semplici concetti di chimica fin dalla scuola media con riferimenti alla realtà e alle esperienze quotidiane.

Metodo

L'approccio utilizzato per "La Chimica da mangiare" è quello laboratoriale. Utilizzando delle semplici tovagliette usa e getta per non sporcare i banchi si può allestire un efficiente banco di lavoro.

Per la distribuzione degli studenti, il consiglio è quello di utilizzare il metodo del *cooperative learning*: la classe verrà divisa in gruppi e ad ogni ragazzo verrà affidato un compito specifico.

L'utilizzo della piastra elettrica e del forno è esclusivo dell'insegnante per evitare di incorrere nei classici "incidenti domestici".

Si consiglia l'uso di presine e guantone per evitare ustioni.

Per i ragazzi di seconda media, si consiglia di approfondire all'interno del laboratorio la teoria delle proporzioni, utile per calcolare le dosi di un piatto per tutta la classe (generalmente le ricette che troviamo nei libri di cucina e in rete sono per 4 persone). Quest'ultimo aspetto rappresenta un legame tra l'attività di scienze e la matematica. Grazie a questa sinergia tra le due discipline, al termine delle esperienze è possibile effettuare una verifica interdisciplinare di scienze e matematica.

Percorso Didattico

Carta di identità del percorso didattico:

- **Nome:** "Chimica da Mangiare"
- **Classi di riferimento:** Il percorso è consigliato alle classi II della scuola

secondaria inferiore in quanto può essere integrato con argomenti di matematica affini agli argomenti (proporzioni, equivalenze, unità di misura).

- Riferimento alle indicazioni nazionali:

Obiettivi di apprendimento:

- Individuare strumenti e unità di misura appropriati alle situazioni problematiche in esame, fare misure e usare la matematica conosciuta per trattare i dati.
- Descrivere semplici fenomeni della vita quotidiana legati ai liquidi, al cibo, alle forze e al movimento, al calore, ecc.

Traguardi di apprendimento:

- L'alunno sviluppa atteggiamenti di curiosità e modi di guardare il mondo che lo stimolano a cercare spiegazioni di quello che vede succedere.
 - Esplora i fenomeni con un approccio scientifico: con l'aiuto dell'insegnante, dei compagni, in modo autonomo, osserva e descrive lo svolgersi dei fatti, formula domande, anche sulla base di ipotesi personali, propone e realizza semplici esperimenti.
 - Individua nei fenomeni somiglianze e differenze, fa misurazioni, registra dati significativi, identifica relazioni spazio/temporali.
 - Individua aspetti quantitativi e qualitativi nei fenomeni, produce rappresentazioni grafiche e schemi di livello adeguato, elabora semplici modelli.
- Descrizione del Percorso:** il percorso comprende delle semplici attività didattiche da proporre agli alunni della scuola secondaria di primo grado:

- **Attività didattica n. 1:** l'uovo. Comprende due schede operative, una basata sulla cottura dell'uovo e la seconda sulle ricette in cui viene utilizzato l'uovo.
- **Attività didattica n. 2:** la lievitazione. Comprende una scheda didattica per insegnare ai ragazzi in quanti modi si può far lievitare un dolce senza utilizzare il lievito.

- Requisiti

- **Conoscere le principali molecole organiche ed inorganiche:** acqua, sale, zuccheri, nozioni proteine, carboidrati.
- **Nozioni di Scienze degli Alimenti.**
- **Cenni sugli Acidi-Basi:** le reazioni di neutralizzazione.
- **Cenni sui microrganismi e lieviti** (questo per far capire la differenza tra lievito naturale e lievito artificiale).

ATTIVITA' DIDATTICA n.1***L'Uovo***

L'uovo è senza dubbio il primo piccolo laboratorio di chimica naturale.

Per condurre questa prima parte del progetto, possiamo partire da un *brainstorming* che inizia con un momento individuale in cui i ragazzi scrivono, seguendo le proprie esperienze di vita quotidiana unite dai concetti acquisiti nelle unità didattiche precedenti alle seguenti domande:

Di quali sostanze è fatto l'uovo?

Quale funzione può avere l'uovo in cucina?

I ragazzi devono rispondere liberamente e senza temere di essere giudicati.

Segue poi la fase di discussione di gruppo in cui l'insegnante accompagna per mano i ragazzi proponendo degli spunti di riflessione o delle sotto-domande per farli rispondere in maniera corretta creando così un ambiente di apprendimento stimolante e costruttivo.

Dopo aver acquisito queste conoscenze di base, si procede con le schede operative.

Schede Operative per l'insegnante**Scheda n.1: La cottura dell'Uovo*****Esperienza n.1*****Materiali:**

5 Uova

Acqua

Procedimento:

Scaldare 5 uova in un'unica pentola contenente acqua in cui è stato immerso un termometro.

Quando la temperatura dell'acqua raggiunge circa i 60°C, punto in cui alcune proteine iniziano a coagularsi, togliere un uovo dalla pentola, aprirlo ed osservare tuorlo e albume.

Togliere le altre 4 uova secondo le temperature sotto indicate.

Completare la seguente tabella:

Temperatura	Descrizione dell'Albume	Descrizione del Tuorlo
60°C		
70°C		
80°C		
90°C		
100°C		

Esperienza n.2

Cucinare:

Uovo alla coque (3 minuti di cottura)

Uovo al tegamino (5 minuti di cottura)

Uovo sodo (8 minuti di cottura)

Una frittata (dipende dalla grandezza)

Un uovo che cuoce per 25 minuti

Descrivi la consistenza del tuorlo e dell'albume

	Tuorlo	Albume
Uovo alla coque		
Uovo al tegamino		
Uovo sodo		
Frittata		
Uovo che cuoce 25 minuti		

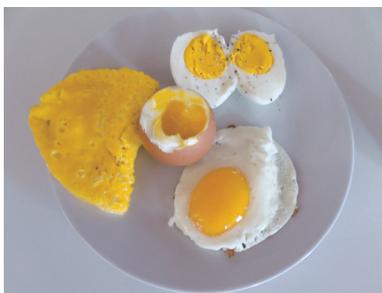


Figura 1 - Le diverse cotture dell'Uovo

Scheda n.2: *La chimica delle meringhe**Esperienza n.1: Le meringhe francesi*Materiali:

100 g di albume

100-200g di zucchero

1 cucchiaino di succo di limone

Scopo dell'esperienza:

Con il metodo investigativo far comprendere ai ragazzi che:

In ambiente acido si abbassa la temperatura di coagulazione sfavorendo i legami delle proteine che contengono zolfo in maniera da creare un gel morbido.

Il sale destabilizza la schiuma: anche se favorisce la denaturazione delle proteine, in realtà rende instabile la schiuma.

Lo zucchero ritarda la coagulazione dell'albume impedendo alle meringhe di collassare.

Procedimento:

Prendere 2 terrine:

prima terrina: sale, succo di limone e albume

seconda terrina: succo di limone e albume

Montare a neve il composto (in questo modo aggiungeremo un altro ingrediente nascosto: l'aria che aiuterà l'albume ad aumentare di volume.)



Figura 2 - Le meringhe di albume

Al termine dell'esperienza porre le seguenti domande:

Qual è la terrina che contiene più albume a parità di quantità?

Prendere la terrina “più montata”, aggiungere lo zucchero e infornarla a 85° (la temperatura è superiore alla coagulazione dell'albumina).

Prendere una terza terrina con succo di limone, albume e zucchero, montarla a neve e infornarla alla stessa temperatura.

Quali sono le meringhe “più belle”?

Conclusioni:

Se lo zucchero è aggiunto prima di aver montato gli albumi, le meringhe hanno un volume maggiore: si può quindi dedurre che lo zucchero ritarda la coagulazione dell'albume e permette che le meringhe non collassino.

Il sale non aiuta nella preparazione della schiuma.

Esperienza n.2: Meringa di tuorli

Materiali:

60g di tuorlo

85g di zucchero

55g di acqua

Termometro

Procedimento

Scaldare i tuorli, lo zucchero e l'acqua

Sbattere il tutto con una frusta elettrica.

Con il passare del tempo si vedrà che il tuorlo cambierà colore diventando più chiaro: è l'effetto dell'aria che è stata inglobata nell'impasto.

Aspettare che l'acqua raggiunga la temperatura di 85°C poi spegnere il fornello e lasciate raffreddare il tutto.

Se facessimo i dolcetti senza zucchero, come risulterebbero?

Conclusioni

Lo zucchero aumenta la temperatura di coagulazione anche nel tuorlo come nell'albume e aiuta l'acqua ad inglobare aria (ingrediente fondamentale per far “montare” i nostri dolcetti).

Per dimostrare questo possiamo procedere non inserendo lo zucchero nell'impasto e vedere che le proteine dell'uovo si coagulano più in fretta e i dolcetti appaiono più “secchi”.

Questa attività didattica permette di poter capire la struttura delle proteine e il loro comportamento una volta che queste sono parzialmente o totalmente denaturate.

La seconda parte invece permette di osservare che è il saccarosio che “ritarda la coagulazione” delle proteine.

Queste attività hanno il vantaggio di poter introdurre alcuni concetti di biochimica che, in assenza dell'esperienza pratica, sarebbe stato molto difficile spiegare.

Cenni sulla Biochimica delle proteine: (solo per gli insegnanti)

Che cosa sono le proteine?

Le Proteine sono macromolecole, costituite da una o più lunghe catene amminoacidiche.

Gli amminoacidi polimerizzano durante la sintesi delle proteine mediante la formazione di legami peptidici.

Il legame peptidico C–N si ha quando il gruppo carbossilico di un peptide condensa con il gruppo amminico del peptide successivo mediante l'eliminazione di una molecola d'acqua.

La sequenza amminoacidica viene determinata dal gene che codifica per quella particolare proteina. Il gene è trascritto in un RNA messaggero (mRNA) che viene poi tradotto in proteina a livello dei ribosomi.

La struttura delle proteine

La struttura delle proteine può essere descritta riferendosi a quattro livelli di organizzazione strutturale.

La struttura primaria è formata dalla semplice catena polipeptidica e all'interno di essa si trovano legami di tipo covalente.

Gli ordini superiori della struttura proteica (secondaria, terziaria e quaternaria) sono dovuti principalmente a interazioni non covalenti.

La struttura secondaria è una struttura ordinata che si forma tramite legami idrogeno all'interno dello scheletro peptidico. Esempi di struttura secondaria sono l'alfa elica ed il foglietto beta.

La struttura terziaria è data dalla forma "globale" di una singola catena polipeptidica ed è dovuta a interazioni idrofobiche e a ponti disolfuro che stabilizzano la struttura.

I residui non polari si posizionano all'interno della struttura, mentre i residui polari si posizionano in superficie.

La struttura quaternaria è dovuta all'associazione di due o più catene polipeptidiche che si riarrangiano in una macromolecola a più sub-unità.

Un esempio di proteina con la struttura quaternaria che viene citata alle scuole medie è l'emoglobina.

La struttura quaternaria è stabilizzata principalmente dalle interazioni non covalenti: legami idrogeno, interazioni di van der Waals e legami ionici. In alcuni casi i ponti disolfuro intervengono anche per stabilizzare la struttura quaternaria.

La cottura delle proteine

La cottura delle proteine, o meglio, la cottura degli alimenti che contengono proteine, comporta innanzitutto la modifica strutturale dei peptidi chiamata denaturazione delle proteine.

Per denaturazione proteica si intende un riarrangiamento a carico delle strutture secondaria, terziaria e quaternaria delle proteine, che avviene mediante la rottura dei legami stabilizzatori (come i ponti disolfuro). Ciò che rimane costante anche dopo la denaturazione sono i legami peptidici.

Durante la denaturazione le proteine perdono la loro funzione biologica originaria e tendono a coagulare, aggregare e perdere solubilità.

La denaturazione inizia a temperature di circa 60-70°C e è facilitata da altri fattori come il pH acido ed enzimi digestivi.

In alcuni alimenti, come l'uovo o il latte, la rottura dei ponti disolfuro avviene con liberazione di acido solfidrico o idrogeno solforato o solfuro diidrogeno, un composto tossico che agisce negativamente sulle cellule di tutti i tessuti poiché inibisce la respirazione mitocondriale.

Gli amminoacidi più sensibili sono quelli che contengono zolfo (cisteina, metionina) e quelli eterociclici (triptofano, tirosina e istidina).

Se le cotture superano i 200°C, il triptofano può convertirsi in idrocarburi aromatici policiclici.

Le proteine si denaturano anche quando montiamo a neve l'albume: in questo modo avviene la denaturazione irreversibile delle proteine che si dis-

piegano e si dispongono all'interfaccia aria/liquido, consentendo di intrappolare l'aria al composto.

ATTIVITA' DIDATTICA N.2

La lievitazione

In questa seconda parte del progetto viene trattata la lievitazione degli alimenti, in particolare delle torte (questo per stimolare gli allievi in quanto, al termine delle attività, si possono “assaggiare i nostri esperimenti”).

Al posto del lievito viene utilizzato il bicarbonato di sodio e alcuni acidi come il succo di limone, lo yogurt o l'aceto di mele.

Questi favoriscono la formazione dell'anidride carbonica, le cui molecole di gas favoriscono il “rigonfiamento” delle torte e quindi la loro vegetazione.

Questi reagenti hanno il vantaggio di essere maggiormente reperibili ma soprattutto più vicini all'esperienza quotidiana dei ragazzi.

Inoltre si può approfondire l'esperienza studiando le etichette dei lieviti che si trovano in commercio.

Scheda didattica per l'insegnante

Le lievitazioni della torta

Ingredienti base

500 g di farina tipo 0

200 g di zucchero

2 uova

100 ml di olio extravergine d'oliva (circa mezzo bicchiere)

la scorza grattugiata di un limone

acqua q.b. (o latte a piacere)

burro q.b.

agente lievitante scelto

Dolce 1	Dolce 2	Dolce 3	Dolce 4	Dolce 5	Dolce 6
Ricetta Base	Ricetta Base	Ricetta Base	Ricetta Base	Ricetta Base	Ricetta Base
Succo di Limoni e bicarbonato	Yogurt e Bicarbonato	Aceto di Mele e Bicarbonato	Lievito 1 bustina	Acqua frizzante	Senza lievito
Succo di 2 limoni 10g bicarbonato	1 vasetto di Yogurt 10g bicarbonato	80ml Aceto 10g bicarbonato	1 bustina	Un bicchiere	

Preparazione:

Spennellare con burro il fondo e le pareti di 6 stampi da forno.

Riscaldare il forno a 180 °C.

Unire le uova con lo zucchero e sbatterle fino a creare una spuma.

Dividere in 6 piccole terrine.

Terrina 1 (Dolce 1): Aggiungere succo di limone.

Terrina 2 (Dolce 2): Aggiungere yogurt.

Terrina 3 (Dolce 3): Aggiungere aceto di mele.

Terrina 4 (Dolce 4): Aggiungere il lievito in bustina.

Terrina 5 (Dolce 5): Aggiungere acqua frizzante.

Terrina 6 (Dolce 6): Non aggiungere niente.

Unire olio e scorza di limone grattugiata e mescolare.

In altri 6 recipienti preparare le “parti solide” del dolce: bicarbonato e farina per le terrine 1, 2,3; farina e lievito in bustina per la terrina 4 e solo farina per le terrine 5 e 6.

Aggiungere la parte solida con i rispettivi ingredienti liquidi e mescolare.

Se l'impasto non è morbido aggiungere un po' di latte.

Versare in 6 stampi diversi e cuocere in forno a 200 °C per i primi 20 minuti, poi proseguire la cottura a 180 °C per altri 20-25 minuti.

Nota: ricordarsi la posizione precisa degli stampi nel forno o comunque differenziarli per poter rispondere alle successive domande.

Descrivere le differenze tra i dolci:

	Altezza (cm)	Colore (dentro o fuori)	Morbidezza	Sapore
Dolce 1				
Dolce 2				
Dolce 3				
Dolce 4				
Dolce 5				
Dolce 6				

Di quanti centimetri aumenta il dolce rispetto al dolce 6?

	Altezza (cm)
Dolce 1	
Dolce 2	
Dolce 3	
Dolce 4	
Dolce 5	

Quale o quali sono i migliori lieviti chimici tra quelli utilizzati?



Figura 4 - Tre esempi di dolcetti fatti senza lievito. Quello in alto yogurt e bicarbonato, in basso a destra Dolce con acqua frizzante, a sinistra è il dolce con solo gli ingredienti base (terrina 6)



Figura 5 - Particolare del dolcetto lievitato grazie allo yogurt e bicarbonato.

Osservazioni:

E' importante sottolineare che:

- ▶ Se la parte acida è rappresentata da una sostanza liquida essa va aggiunta nei liquidi dove ci sono già i grassi e le altre sostanze tendenzialmente acide.
- ▶ L'agente lievitante è solo polvere esso si deve unire alla farina. Infatti se viene unito insieme ai liquidi si innesca subito la reazione chimica e quando viene messo il dolce nel forno gran parte dell'anidride carbonica si sarà già liberata limitando il potere lievitante.
- ▶ Si potrebbe provare anche a fare dolci abbinando al bicarbonato altri tipi di acidi come la panna acida o il succo di frutta.

All'interno di questa scheda i ragazzi utilizzano le loro esperienze sensoriali e le conoscenze didattiche apprese nella classe II in chimica inorganica relazionandole a molecole organiche conosciute.

Questo dimostra che il progetto vuole creare un curriculum verticale di chimica in cui vengono aperte le barriere tra chimica organica e chimica inorganica.

Approfondimenti chimici:

La lievitazione artificiale

I dolci, il pane e altri alimenti, per lievitare hanno bisogno di “gonfiare” e questo si ha grazie alla produzione di anidride carbonica.

Nella lievitazione naturale, si ottiene anidride carbonica tramite la fermentazione alcolica dei lieviti.

Nella lievitazione artificiale, l’anidride carbonica viene prodotta dalla reazione di neutralizzazione tra una sostanza acida e una basica.

Riportiamo un esempio di reazione tra bicarbonato di sodio e acido citrico.



I prodotti che si formano sono citrato di sodio (sale), acqua e anidride carbonica (quest'ultima responsabile della lievitazione).

E’ importante che l’anidride carbonica si formi durante la cottura e non prima in quanto c’è il rischio che si possa disperdere. (E’ il caso del dolce in cui si utilizza acqua frizzante).

Esempio di verifica delle competenze acquisite

Come suggeriscono le indicazioni nazionali, possiamo concretizzare il laboratorio di chimica con una verifica formativa che narra esperienza di vita quotidiana.

Per favorire l’interdisciplinarietà si possono collegare i concetti trattati con la matematica.

Segue un esempio di problema:

B&B Mon Amour

Gino, proprietario del bed and breakfast “*Mon Amour*”, decide di aggiungere al menu della colazione:

Mini dolcetti

Uova sode e cannella

Uova à la coque

Sul suo quaderno delle ricette ha solo la ricetta per 4 persone:

500 g di farina tipo 0

200 g di zucchero

2 uova

100 mL di olio extravergine d'oliva (circa mezzo bicchiere)

la scorza grattugiata di un limone

acqua q.b. (o latte a piacere)

burro q.b.

agente lievitante.

- I clienti del mio bed and breakfast sono 20, penso, dovrò provvedere a calcolare gli ingredienti per tutti i miei ospiti -.

Nella dispensa ci sono: tutti gli ingredienti richiesti dalla ricetta: yogurt, limoni, bicarbonato, panna acida, aceto di mele ma manca il lievito.

Aiuta Gino a capire quanti ingredienti deve utilizzare considerando che la bilancia elettrica si "ferma" alla prima cifra decimale.

Come potrebbe fare a far lievitare la torta? Secondo te riuscirà ad accontentare i clienti?

Ti ricordi quanto tempo occorre a cuocere le uova? Perché l'uovo alla coque è diverso rispetto all'uovo sodo? Cosa è successo?

Risultati

Questo percorso non è ancora stato provato in classe, ma è stato affrontato con un gruppo di 5 ragazzi: 1 di I media, 3 di seconda media e 2 di terza media.

Questo mi ha permesso di testare la verticalità del progetto, adatto quindi a qualsiasi livello di scuola media purché affrontato tenendo presente i requisiti degli alunni.

Rispetto alle attività classiche e tradizionali, ritengo che l'approccio didattico-laboratoriale sia molto efficace in quanto permette di osservare macroscopicamente fenomeni microscopici riconducendoli, come riportato nelle indicazioni nazionali, alla realtà.

Generalmente nei testi delle scuole medie, le macromolecole come le proteine, gli zuccheri e i lipidi, vengono introdotte in maniera superficiale ed astratta (nei libri meno recenti non sono nemmeno trattate).

Questo porta al fraintendimento e alla costruzione di misconcetti.

Un altro ostacolo può essere riconducibile ai pregiudizi di alcuni insegnanti che ritengono estremamente complicato introdurre nella scuola secondaria di primo grado questi argomenti in quanto "non visibili" e apparentemente lontani dalla loro mondo quotidiano.

Ritengo comunque che i requisiti per affrontare "la Chimica da Mangiare" siano moltissimi, in quanto potremmo semplicemente ampliare l'argomento delle scienze dell'alimentazione, strettamente correlato con l'apparato digerente, introducendo le macromolecole.

Penso che le potenzialità didattiche di questo progetto siano moltissime in quanto il numero delle discipline presenti nell'insegnamento delle scienze nella scuola media sono le più ampie e disparate: (es. alimentazione, apparato digerente, cenni di chimica biologia e inorganica).

Il percorso illustrato può essere introdotto tramite attività laboratoriale pomeridiana extrascolastica, oppure dedicando due-tre lezioni per realizzare le esperienze e in seguito organizzare una *open class* per discutere dei risul-

tati ottenuti e per introdurre spunti di riflessione su alcuni concetti di chimica e biochimica.

La realizzazione di questo progetto sperimentale è frutto delle lezioni del TFA, in particolare di quelle di chimica, tenute dalla Professoressa Valentina Domenici.

Prima di frequentare questo corso di abilitazione, non avrei mai pensato che si potesse trasformare qualsiasi argomento in un percorso didattico efficace e incentivante.

L'efficacia sta proprio nella semplificazione dei concetti da trattare senza però rischiare di trasmettere anche misconcetti: i ragazzi imparano divertendosi in quanto si sentono come piccoli scienziati scopritori di numerose verità scientifiche.

Recentemente ho potuto testare l'efficacia di questo approccio durante il mio incarico presso due scuole medie della Versilia.

Il riscontro positivo degli allievi quando ho annunciato che ogni argomento di scienze verrà correlato di esperimento scientifico, mi ha fatto capire quanto è importante per il ragazzo essere incentivato ad apprendere tramite attività interattive costruttive.

Conclusioni

Il progetto che ho proposto permette di affrontare alcuni aspetti della chimica nella scuola medi senza bisogno di avere un vero e proprio laboratorio attrezzato.

A differenza del metodo di insegnamento tradizionale, in cui si trasmettono concetti mnemonici ed astratti mediante lezioni prevalentemente frontali, questo percorso didattico "*La chimica da mangiare*" permette di introdurre alcuni concetti di chimica partendo dalle esperienze quotidiane dei ragazzi. L'unica vera difficoltà di realizzazione di questo progetto potrebbe essere la totale inesperienza dei ragazzi (soprattutto i maschi) tra i fornelli, per questo c'è bisogno dell'aiuto dell'insegnante o, se volessero ripetere l'esperienza a casa, di un adulto. Tuttavia, non ritengo che questo possa essere un limite per la realizzazione delle attività.

Tra gli aspetti positivi del percorso, c'è il fatto di poter aumentare le capacità manuali dei ragazzi, ridotte ormai ai minimi termini a causa dell'abuso che essi fanno della tecnologia fin da piccoli.

L'aspetto manuale e laboratoriale è uno dei punti di forza del percorso didattico, oltre alla possibilità di associare a concetti difficili, come la denaturazione delle proteine, qualcosa di tangibile e visivamente chiaro. In questo modo i ragazzi possono ricordare più facilmente essendo stati coinvolti in prima persona. Un altro vantaggio della pratica sperimentale, soprattutto nel contesto della cottura degli alimenti, è quello di permettere ai ragazzi di capire l'importanza del "protocollo" ovvero del susseguirsi delle

azioni. Seguire uno schema di lavoro, come una semplice ricetta, aiuta a capire il legame tra cosa viene prima e cosa viene dopo, e perché non si può cambiare l'ordine delle operazioni. Inoltre, come si può vedere anche dalle verifiche proposte, questo percorso può essere collegato con la matematica, in particolare, nella teoria delle proporzioni, nelle unità di misura e le equivalenze.

Bibliografia

D. Bressanini, "La scienza in pasticceria", anno **2014**, pp. 75-78, 81-82

David L Nelson, Michael M Cox, "I Principi di Biochimica di Lehninger", anno **2014**.

Relazione di didattica della Chimica del TFA Caterina Ferri.

Relazione di didattica della Matematica del TFA Caterina Ferri.

Bibliografia multimediale

www.giallozafferano.it (consultazione per la ricetta del dolce)

Le palpebre di Venere (divagazioni sul quarzo ametista)

Maura Andreoni
andreotti.andreoni@inwind.it

Riassunto

Il quarzo è tra i minerali più diffusi in natura dove si ritrova, quale principale componente di molte rocce ignee e metamorfiche, in una gamma vastissima di modificazioni e di colori. Viene utilizzato in numerosi campi d'applicazione (produzione di vetri, componenti elettrici, lenti ottiche, abrasivi, materiali edili, utensili in generale) incluso, soprattutto negli ultimi tempi, quello collezionistico e ornamentale per le bellissime varietà cromatiche della pietra che vanno dalla trasparenza al giallo arancio, al marrone, al nero, al grigio, al bianco, al rosa, al viola...

Con un approccio storico-antropologico, dopo alcune informazioni generali a carattere chimico-mineralogico, questo contributo si focalizza su una specifica varietà di quarzo, l'ametista, da sempre usato dall'uomo per intagliare gemme e monili e il cui colore era considerato così bello e prezioso da essere assimilato alla delicatezza delle palpebre di Venere.

Abstract

Quartz is one of the most abundant minerals in Earth's continental crust, where it is present as the main component of many igneous and metamorphic rocks, in a huge range of modifications and colors. It is utilized in various fields of application (production of glass, electrical components, optical lenses, abrasives, building material and instruments), including, particularly in more recent times, in collecting and ornamental sectors due to its magnificent chromatic varieties ranging from transparency to red, orange, brown, black, gray, white, pink, violet ...

With an historical-anthropological approach and after some general chemical-mineralogical information, this article focuses on a specific variety of quartz, the amethyst, that man has always used for carving gems and jewels, especially due to its color, considered so beautiful and precious to be associated to the delicacy of Venus eyelids.

Allo stato libero o combinato, la silice (anidride silicica o diossido di silicio, SiO₂) è uno dei costituenti più abbondanti della crosta terrestre. Si trova ovunque: in ambiente igneo, metamorfico e sedimentario, ma nella maggio-

ranza dei casi é di origine primaria¹.



Figura 1. Geode Ametista



Figura 2. Drusa Ametista

In natura, lo stato fisico ha l'aspetto di solido cristallino, con tessitura criptocristallina² e raramente amorfa (opale). La più abbondante fra le sue varie modificazioni è il quarzo, diffuso come componente di molte rocce, in cristallizzazioni che tappezzano cavità (geodi³, figura 1) o in cristalli impiantati su matrici rocciose (druse⁴, figura2) o isolati.

1. Tutte le rocce generate dal magma sono definite 'rocce magmatiche' o '**rocce primarie**'

Le **rocce ignee** (dal latino ignis, fuoco), dette anche magmatiche o eruttive, hanno origine endogena: si formano cioè all'interno della crosta terrestre, o nella parte alta del mantello, per raffreddamento e solidificazione del magma contenente silicati e ricca di gas e vapori.

Le **rocce metamorfiche** derivano dalla trasformazione di rocce di varia natura che hanno subito processi metamorfici a seguito del loro sprofondamento all'interno degli strati della crosta o per contatto diretto con il magma.

Le **rocce sedimentarie** hanno origine sia dalla deposizione di sedimenti di origine organica o chimica come: calcari, gessi e selci, sia dalla disgregazione e ricementazione (diagenesi) di altre rocce, come ad esempio le arenarie e alcuni tipi di conglomerati.

2. La tessitura è la dimensione e la posizione dei cristalli che compongono le rocce. Nelle rocce ignee, essa dipende dai tempi di raffreddamento del magma che porta alla cristallizzazione dei minerali: se si raffreddano lentamente, i minerali sono più definiti e sviluppati; se il raffreddamento avviene rapidamente i minerali si presentano allo stato amorfo oppure poco sviluppati e, talvolta, molto piccoli. La tessitura criptocristallina è caratteristica delle rocce a grana molto fine che si sono formate in superficie a causa di una grande rapidità di raffreddamento del magma.

3. Il geode è nell'aspetto esteriore con una qualsiasi roccia, ma in realtà è una pietra cava al cui interno si sono formati i cristalli che, impiantati sulle pareti, si sono accresciuti verso l'interno.

4. In mineralogia, la drusa è un'aggregazione di cristalli impiantati per un'estremità su una matrice rocciosa e liberi di accrescersi all'estremità opposta.

I minerali comuni che si presentano frequentemente sotto forma di druse sono la pirite, il quarzo, l'ortoclasio e la fluorite.

CARATTERISTICHE MINERALOGICHE E CRISTALLOGRAFICHE DEL QUARZO:

<i>Classe minarologica:</i>	silicato
<i>Gruppo:</i>	dimetrico
<i>Sistema:</i>	trigonale
<i>Durezza:</i>	7 (scale di Mohs)
<i>Peso specifico:</i>	2,60-2,65
<i>Colore:</i>	incoloro (var. ialino o cristallo di rocca), viola (var. ametista), giallo e arancio (var. citrino), marrone, nero e grigio (var. affumicato), rosa (var. rosa), bianco (var. latteo); sono possibili anche colorazioni intermedie e casi di policromatismo (cristalli in parte gialli e in parte viola, var. ametrino)
<i>Pleocroismo</i> ⁵ :	generalmente assente
<i>Lucentezza:</i>	vitrea
<i>Sfaldatura</i> ⁶ :	assente
<i>Frattura</i> ⁷ :	concoide (figura. 3)



Figura 3. Concoide Ametista

5. Il pleocroismo è un fenomeno osservabile in alcuni cristalli e si manifesta con una variazione di colore osservando il cristallo da direzioni diverse. Se i colori diversi osservabili sono due, si parla di dicroismo, se invece sono tre, si dice tricroismo. Il pleocroismo si può presentare di vari livelli: nullo, debole, medio o forte, a seconda di quanto è evidente la variazione del colore ruotando il campione. Il pleocroismo si presenta deciso nella varietà ametista e *fumé*, più debole nel citrino e nel rosa.

6. La sfaldatura è la tendenza che presentano alcuni minerali di rompersi secondo piani ben definiti. La sfaldatura è quindi un indizio della struttura interna di un minerale.

7. La frattura è la tendenza di un cristallo a rompersi lungo superfici irregolari diverse dai piani di sfaldatura. La frattura spiega il modo in cui un minerale si rompe, quando viene esercitata una forza sufficiente a rompere i legami chimici che tengono uniti tutti gli atomi, senza direzioni preferenziali. Fisicamente, questo vuole dire che le forze di legame fra gli atomi sono eguali in tutte le direzioni. In questo caso il minerale si fratterà secondo superfici irregolari. Ricordiamo fra i minerali che tendono a fratturarsi in modo irregolare, il quarzo, i granati, la pirite, l'olivina.

I cristalli di quarzo possono raggiungere dimensioni molto grandi: in Brasile, per esempio, è stato trovato un cristallo di rocca (o quarzo ialino) dal peso di 44 tonnellate. Il quarzo ha proprietà piezoelettriche e piroelettriche⁸, viene impiegato nella produzione di vetri, di componenti elettrici, di lenti ottiche, di abrasivi, di materiali edili e di utensili in generale.

In gemmologia, parlando del quarzo ci si riferisce particolarmente alle varietà ametista, citrino, ametrino, ialino, rosa, affumicato, rutilato, tormalinato e dendritico. Negli ultimi tempi, in campo ornamentale e collezionistico, si è avuto un significativo sviluppo delle varietà cromatiche.

Una peculiarità di questo minerale sono le striature presenti sulle facce lungo la direzione perpendicolare al senso di allungamento del cristallo e la facile frattura concoide, cioè a superficie curva. Il suo camaleontismo, unito alle molteplici varietà, rendono il quarzo un minerale affascinante e ricercato, per cui accade spesso che, soprattutto certi tipi come il citrino, siano oggetto di frode.

Tra i tanti tipi di quarzo esistenti in natura, la varietà ametista merita una particolare attenzione anche in campo storico-mitologico perché, fin dai tempi più antichi, è stata una delle gemme più apprezzate ed utilizzate.

Di questa pietra parlò già Teofrasto (IV sec. a.C.) nel suo *De lapidibus*, il primo e unico vero trattato di mineralogia dell'antichità. Sebbene arrivatoci lacunoso, il testo fornisce una dettagliata descrizione di 60 diversi tipi di "pietre", intendendo con ciò minerali, gemme, argille, rocce, terre e perfino perle, e l'ametista è citata come una delle gemme più usate nella glittica. [Figure 4 e 5].

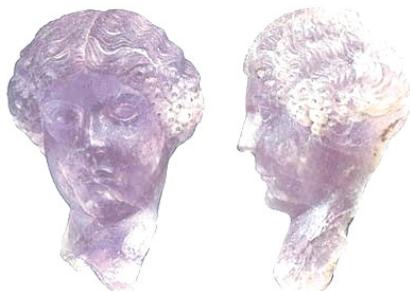


Figura 4 - Piccola testa in ametista (prima metà del I secolo d.C.).

Dall'acconciatura, l'aspetto giovanile, la fronte bassa e la bocca carnosa, è stata riconosciuta come *Agrippina Maggiore*, moglie di Germanico e madre di Caligola. (immagine tratta da <http://digilander.libero.it/roberto.zavatarelli/>)

8. La piezoelettricità e la piroelettricità sono le proprietà di un corpo cristallino di creare un campo elettrico se sottoposto rispettivamente a pressione o a riscaldamento. La complessità dello studio dell'effetto piezoelettrico sta nella presenza simultanea di più fenomeni diversi, sia meccanici che elettrici.



Figura 5 - Intaglio in ametista con il ritratto dell'imperatore Caracalla (212 d.C. circa). In epoca bizantina fu interpretato come San Pietro e vi si aggiunse una croce ed una iscrizione. La pietra, ora nel Cabinet des Médailles di Parigi, proviene dal tesoro della Sainte Chapelle.

(immagine tratta da <https://commons.wikimedia.org>)

Debitore dell'opera di Teofrasto e di altri scritti precedenti, anche Plinio il Vecchio (I sec. d.C.) parla diffusamente del quarzo ametista nel XXXVII libro della sua *Naturalis Historia*, fornendo nel contempo sia informazioni scientifiche che una vasta panoramica delle arti antiche, delle tecniche, degli artisti che lavoravano quella e altre pietre e delle opere che con esse furono realizzate. Alcune di esse le conosciamo ancora oggi, altre invece sono andate perdute.

Monili di ametista risalenti al 3000 a.C. sono stati rinvenuti in Mesopotamia e in Egitto, e in Siria i re di Biblo si facevano seppellire adorni degli attributi della regalità faraonica da loro assimilati, tra cui anelli di ametista a forma di scarabeo. La pietra è citata anche nella Bibbia come una delle dodici gemme sul pettorale di Aronne, il primo sommo sacerdote del popolo ebraico (Ex. XXXIX, 12).

Anche nell'antichità greco-romana l'ametista evocava regalità, ricchezza e autorevolezza (cfr. Mart. II, 57, I sec. d.C.), tanto che Giovenale (I/II sec. d.C.) affermava che ai suoi tempi erano ormai solo “*la porpora e l'ametista a dare fama a un avvocato*”, intendendo con “*ametista*” qualsiasi gemma che impreziosiva gli anelli (Giov. Sat. III, 7).

Nell'antichità, le qualità migliori provenivano dalle regioni orientali: Arabia, Siria, Armenia Minore, Egitto, Galazia e, soprattutto, dall'India (Plin. *Nat. Hist.* XXXVIII, 40; Isid. *Etym.* IX, 1). La gamma dei colori delle ametiste riportata da Plinio spazia dal lilla pallido al rosso cardinale intenso ma quelle più belle, talmente belle che alcuni preferivano chiamarle “palpebre di Venere”, erano di un porpora che sfumava in un delicatissimo tono rosato (Plin. *Nat. Hist. ib.*). La denominazione generica però, era *amethystus* che proviene dal greco ἀμέθυστος e significa letteralmente “contrario all’ubriachezza” (da ἄ- privativo e μεθύω «essere ubriaco»).

A lungo si contribuì ad alimentare questa leggenda e durante i banchetti, chi avesse voluto mantenersi sobrio, si diceva fosse solito bere acqua in coppe scolpite in questo cristallo, lasciando credere agli ospiti che all’interno ci fosse vino per via del colore violaceo che traspariva (cfr. Mart. X, 49). Probabilmente era proprio di ametista il bicchiere “*ex una gemma pergrandi excavatum, manubrio aureo*” utilizzato al banchetto offerto dal re Antioco in onore di Verre, governatore di Sicilia (e da questi poi rubato ..., Cic. *Verr.* 2, IV, 27). Celeberrimo esempio arrivato fino a noi è la doppia coppia di età tardo romana, esposta al Museo degli Argenti di Palazzo Pitti a Firenze, corredata in seguito, nel XV secolo, di una preziosa montatura in argento.

La più antica testimonianza scritta dell'ametista quale pietra di purificazione risale invece al IV sec. a.C. e si ritrova in un epigramma di Asclepiade di Samo (o forse Antipatro di Tessalonica), intitolato “L’anello di Cleopatra” (la sorella di Alessandro, Asclep. 44 G-P=AP 9.752). La pietra incastonata nell’anello, pur riportando l’effigie di *Methe* (Μέθη, la personificazione dell’Ebbrezza), era proprio quella ad essa “antagonista” e questo paradosso avrebbe protetto non solo la regina ma anche la divinità stessa (cfr. Men. *Methe* fr. 264-67 K.-T). Da segnalare il fatto che *Methe*, al pari di altre astrazioni consimili del corteggio di Dioniso, era una divinità particolarmente cara a tutti gli Agiadi, in modo particolare ad Alessandro. Anche un passo di Nonno di Panopoli (prima metà del V sec. d.C.) collega l’ametista al bere (cfr. Non. Dion. 12, 380, dove *Methe* appare come moglie del re assiro Στάφυλος *Staphylos* = grappolo), così come uno del già citato Teofrasto (Lap. 31) e un epigramma dell’*Anthologia Palatina* (X sec. d.C., *Pal.* IX, 752).

Secoli più tardi però, Plinio riterrà che tutte queste fossero dicerie messe in giro da maghi impostori “*per disprezzo e irrisione del genere umano*”, come pure la credenza che, se incise con l’immagine del sole e della luna e appese al collo insieme a peli di cinocefalo e piume di rondine, le ametiste potessero tenere lontano dai malefici, essere talismani efficaci per le persone che dovessero rivolgersi ad un re e perfino allontanare grandine e cavallette se vi si fosse aggiunta una formula di preghiera (Plin. *ib.*).

Nelle fonti antiche non vi è traccia invece della presunta ninfa omonima

di cui si sarebbe invaghito Dioniso. Questa leggenda fu in effetti una creazione del poeta francese rinascimentale Rémy Belleau (1528–1577) che, nel suo poema "*L'Amethyste, ou les Amours de Bacchus et d'Amethyste*"⁹ racconta come una fanciulla, per sfuggire allo sgradito corteggiamento, si rivolse alla dea Artemide che la trasformò in un cristallo trasparente. Adirato, il dio vi rovesciò addosso la sua coppa colma di vino, conferendo così al cristallo un delicato colore violetto e il potere di proteggere dagli inebrianti effetti della sua bevanda prediletta.

Varianti ancora più tarde della stessa leggenda riportano invece che un giorno Dioniso, dopo essere stato gravemente offeso da un mortale, giurò di vendicarsi sul primo sventurato che avesse incrociato il suo cammino. In quello stesso momento passava Ametista, una bellissima fanciulla devota di Artemide, verso cui Dioniso sguinzagliò due tigri fameliche. Alle sue grida, il dio si riempì il calice in attesa di gustarsi lo spettacolo, ma Artemide trasformò di colpo la fanciulla in una statua di quarzo trasparente. Dioniso, in preda ai rimorsi, versò lacrime di dolore nella coppa di vino che accidentalmente si rovesciò sulla statua, creando così la gemma purpurea che da allora viene chiamata Ametista.

Memore della composizione del già ricordato pettorale di Aronne, secondo Giovanni sarebbe scavato nell'ametista, quale segno di solidità e splendore, addirittura il dodicesimo strato delle fondamenta della Gerusalemme celeste (*Gv. Apoc. XXI, 20*).

Alla luce di tutte queste importanti attribuzioni bibliche, si capisce anche meglio la ragione per cui l'ametista, insieme allo zaffiro, al rubino e al topazio giallo, sia una delle gemme che tradizionalmente adornano gli anelli episcopali (figura 6) sebbene non siano mancati, nella storia della Chiesa, alti prelati che hanno preferito materiali più modesti, papa Francesco *docet*....



Figura 6 - Anello di Papa Leone XIII, con oro e ametista e perle, Città del Vaticano, Basilica di San Pietro, Sagrestia Pontificia.
(immagine tratta da: <http://it.cathopedia.org>).

9. In *Les Amours et Nouveaux Echanges des pierres précieuses, vertus et propriétés d'icelles*, 1576

Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento a Pasquale Fetto per la parte chimico-mineralogica.

Riferimenti bibliografici

- Guzwiller J. K. (1996) *Cleopatra's ring*, Cincinnati University Press, pagg. 383-398.
- Devoto G. (2002) *L'archeogemmologia*-Enciclopedia Archeologica Treccani Roma, pag. 830.
- Devoto G., Molayem A. (1990) *Archeogemmologia. Pietre antiche, glittica magia e litoterapia*, La Meridiana, Roma.
- Fetto P. (2015) *Le dodici pietre: il Sardonio*, in CnS - La Chimica nella Scuola, XXXVII n. 4/2015, Aracne Ed. Roma, pagg. 65-78.
- Montevocchi B. (1988) *Le insegne ecclesiastiche-Suppellettile ecclesiastica I*, Centro Di Editore Firenze, pag. 357.
- Paribeni E. (1961) *Methe* - Enciclopedia dell'Arte Antica - Treccani, Roma
- Pisano G. (1996) *Oreficeria* - Enciclopedia dell'Arte Antica, vol. V, Treccani, Roma, pag. 730.

Ricerca e Innovazione Responsabili in didattica. Il progetto IRRESISTIBILE

Serena Randazzo, Michele A. Floriano

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche
(STEBICEF), Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze, Edificio 17,
90128 Palermo, Italy
serena.randazzo@unipa.it, michele.floriano@unipa.it

Riassunto

Il progetto europeo IRRESISTIBILE affronta i problemi inerenti la formazione scientifica e ha lo scopo di diffondere la consapevolezza delle tematiche di Ricerca e Innovazione Responsabili (RRI), promuovendo attività di formazione degli insegnanti da sperimentare in classe con l'ausilio della metodologia Inquiry-based Science Education (IBSE).

Nel presente lavoro è descritto un modulo didattico sviluppato dall'unità di Palermo sul tema dell'applicazione delle nanoscienze allo sfruttamento dell'energia solare. Tra le varie attività, anche sperimentali, è stata realizzata una cella DSSC che, insieme ad altro materiale di comunicazione preparato dagli stessi studenti, è stata presentata a circa 10.000 visitatori della mostra scientifica Esperienza inSegna. Alla fine del modulo gli studenti hanno dimostrato di aver acquisito, oltre alle necessarie competenze chimiche, anche una notevole sensibilità nei riguardi del rapporto tra scienza e società. Gli insegnanti, a loro volta, hanno manifestato soddisfazione riguardo i metodi adottati e i contenuti trattati.

Abstract

The European project IRRESISTIBILE deals with topics relevant to science education with the aim of spreading awareness about Responsible Research and Innovation (RRI) by implementing teachers training activities to be tested in the classrooms through Inquiry-based Science Education (IBSE) tools.

In this work, a teaching module developed by the Palermo unit on nanoscience applications for solar energy conversion is described. Within the different activities of the module, a DSSC solar cell was assembled and displayed, along with communication tools set up by students at the science exhibition Esperienza inSegna, attended by more than 10,000 visitors. As a result of the module, students proved to have gained, in addition to the relevant chemistry concepts, also a remarkable awareness about the connections between science and society. In turn, teachers stated their overall satisfaction about the adopted methodology and science content.

Introduzione

Il progetto IRRESISTIBLE (Including Responsible Research and innovation in cutting Edge Science and Inquiry-based Science education to improve Teacher's Ability of Bridging Learning Enviroments) [1], finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del programma FP7-SCIENCE-IN-SOCIETY-2013-1, ha lo scopo di realizzare attività che introducano gli studenti e il pubblico in generale ai temi di Ricerca e Innovazione Responsabili (Responsible Research and Innovation, RRI). "La RRI è parte di un approccio generale alla *governance* della scienza e della tecnologia che mira ad allineare le ricadute dell'innovazione con le domande ed i valori della società" [2]. Lo scopo della RRI è quello di creare un sapere condiviso tra tutti gli attori politici e di governo che occupano una posizione centrale nel creare un rapporto di fiducia e confidenza della società verso la scienza e l'uso che ne viene fatto, basandosi su temi quali, per esempio, la sicurezza per il bene pubblico o la qualità dell'aria e dell'ambiente. Essa è stata definita da Von Schomberg [3] come "un processo trasparente e interattivo attraverso il quale gli attori della società e gli artefici dell'innovazione diventano reciprocamente responsabili gli uni verso gli altri all'interno di una visione di accettabilità (etica), sostenibilità e desiderabilità sociale del processo di innovazione e dei suoi prodotti (al fine di permettere una corretta inclusione dei progressi scientifici e tecnologici nella nostra società)". La RRI si basa su sei punti fondamentali che, come riportato da Sutcliffe, vanno integrati tra loro nell'ottica di una migliore efficacia [4]. Essi sono: *coinvolgimento*, ossia la partecipazione congiunta di ricercatori, industria e società civile nel processo di ricerca e innovazione; *uguaglianza di genere*, per usufruire appieno del potenziale umano che compone la società; *insegnamento scientifico*, una formazione creativa che asseconi i bisogni futuri della società; *etica*, compresa la rilevanza sociale e l'accettabilità dei risultati della ricerca e dell'innovazione; *accesso libero* ai risultati ottenuti dalla ricerca finanziata pubblicamente; *governance*, ossia la responsabilità delle istituzioni di sviluppare modelli in accordo con la RRI.

La finalità del progetto IRRESISTIBLE è quella di potenziare la consapevolezza dei temi RRI aumentando le conoscenze degli studenti riguardo la ricerca scientifica su argomenti innovativi e incoraggiando la discussione tra gli studenti sugli aspetti della RRI inerenti la tematica a cui sono stati introdotti. Il progetto è attuato sviluppando moduli didattici riguardanti la RRI, traendo spunto da temi della moderna ricerca e da destinare, da parte degli insegnanti di discipline scientifiche, a studenti della scuola secondaria. Le tematiche di ricerca che caratterizzano il progetto riguardano diversi settori di interesse fra cui l'energia, le nanotecnologie e i cambiamenti climatici.

Il progetto sviluppa primariamente attività di formazione in servizio degli insegnanti che le sperimentano in classe in modo che gli studenti si interessino maggiormente alle discipline scientifiche e, allo stesso tempo, diventino familiari con gli aspetti trasversali di collegamento tra scienza e società. L'approccio didattico adottato nello sviluppo dei moduli fa esplicito riferimento ai metodi Inquiry-based Science Education (IBSE) [5,6]. Una delle possibili applicazioni del metodo IBSE si basa sul protocollo delle 5E, che consiste in cinque fasi distinte (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate) [7,8]. Gli studenti, dopo essere stati coinvolti in un'attività attraente e comunque insolita in un contesto scolastico, come ad esempio la visione di un video, la lettura di un articolo di giornale etc., con lo scopo di introdurli al nuovo argomento che il docente di scienze ha intenzione di affrontare, vengono invitati a riflettere su possibili soluzioni allo studio di un caso specifico che il docente pone loro tramite opportune domande-stimolo. Gli studenti formulano delle ipotesi, progettano e realizzano degli esperimenti da fare in prima persona con lo scopo di esplorare e dare delle risposte scientificamente attendibili, sotto la supervisione del docente. A questa fase segue l'intervento diretto da parte dei docenti che riassumono quanto appreso, contribuendo così a chiarire i concetti più specifici. Gli studenti dovrebbero aver acquisito, a questo punto, sufficienti competenze per ampliare il campo di applicazioni dei concetti in contesti diversi, consolidando così le loro conoscenze. Le attività si concludono con una fase di valutazione in cui gli studenti hanno l'opportunità di verificare le loro competenze, avvalendosi anche di un feedback da parte del docente.

Il progetto prevede che agli aspetti di didattica formale, realizzati con la collaborazione di esperti scientifici e didattici dell'università e di centri di ricerca, siano affiancati elementi di didattica informale, mediante la partecipazione di esperti provenienti da musei scientifici. Nelle linee guida del progetto infatti, è previsto che gli studenti visitino laboratori di ricerca universitari e che, a partire dai risultati osservati durante l'attività di sperimentazione, realizzino un exhibit allo scopo di evidenziare il rapporto tra ricerca scientifica e società.

Il progetto è realizzato da una rete di università, musei e centri di ricerca provenienti da dieci nazioni differenti e cioè Finlandia, Germania, Grecia, Israele, Italia, Olanda, Polonia, Portogallo, Romania e Turchia. La struttura operativa identificata è la "Community of Learners" (CoL), nella quale i docenti universitari e gli esperti di centri scientifici e musei lavorano al fianco di docenti della scuola secondaria superiore. L'Italia partecipa a questo progetto con due CoL, con sedi presso le Università di Bologna e di Palermo, composte da docenti di chimica e fisica, così da conferire un carattere interdisciplinare al gruppo di lavoro.

Nel presente lavoro è descritto in dettaglio il modulo sviluppato e speri

mentato dalla CoL dell'Università di Palermo* mettendone in evidenza soprattutto gli aspetti didattici e le ricadute.

Nanotecnologie nella conversione dell'energia solare

I metodi oggi più comuni di produzione dell'energia che utilizziamo in quantità crescente destano sempre maggiore attenzione a causa sia dell'impatto nell'ambiente, sia per lo sfruttamento di fonti non rinnovabili, destinate quindi ad esaurirsi. Anche per questo, l'adozione di fonti rinnovabili quali il sole, il vento, l'acqua etc., è una tematica che trova sempre maggior interesse da parte dell'opinione pubblica. In particolare, grande attenzione è stata rivolta negli ultimi anni verso l'energia solare, una fonte di energia disponibile in misura praticamente illimitata e indistintamente a tutti i cittadini del pianeta. Di conseguenza, notevole interesse continuano a suscitare tutti quei sistemi idonei a convertire la radiazione solare in energia utile, per lo più termica ed elettrica.

Diversi aspetti legati allo sviluppo sostenibile delle nanotecnologie sono rilevanti nella realizzazione di pannelli fotovoltaici efficienti ed economicamente accessibili. La nanotecnologia è una parola di largo uso nella società che suscita curiosità e allo stesso tempo una certa diffidenza in quanto, sebbene presente in numerose applicazioni, soprattutto al grande pubblico non sono sufficientemente chiare le sue caratteristiche. In particolare, dimensioni nanometriche consentono di avere a disposizione una grande superficie attiva e, inoltre, offrono la possibilità di poter regolare alcune proprietà della materia in quanto, su scala nanometrica, queste dipendono dalle dimensioni delle particelle.

Per questi motivi, la CoL di Palermo* ha scelto come tema del modulo didattico da realizzare e sperimentare l'applicazione delle nanotecnologie nella realizzazione di celle fotovoltaiche di ultima generazione.

Il modulo, della durata di circa 12 ore, ha coinvolto quattro classi del secondo anno di due istituti tecnici e del quinto anno di un liceo scientifico per un totale di circa 70 studenti. Esso, progettato e attuato secondo i criteri del protocollo IBSE [7], consiste di diverse fasi. In un primo momento, i docenti hanno proposto agli studenti la visione di alcuni brevi filmati con lo scopo di suscitare interesse e introdurli al nuovo argomento. Tramite opportune domande-stimolo sugli effetti dell'interazione tra radiazione e materia, in particolare il riscaldamento, è stata avviata una discussione

*La CoL dell'Università di Palermo è così composta: Prof. Claudio Fazio (Dipartimento di Fisica e Chimica), Prof. Michele A. Floriano (Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche), Anna Caronia (docente di Chimica, IS Majorana), Tiziana Di Silvestre (docente di Chimica, IISS E. Ascione), Antonia Giangalanti (docente di Fisica, LS B. Croce).

durante la quale il docente, coordinando gli interventi degli studenti, li ha guidati verso l'identificazione di vari fattori che influenzano questo fenomeno, ossia il tempo di esposizione, la distanza, il tipo di sorgente etc.. A seguito della discussione, il docente ha proposto di progettare prove sperimentali che verificassero eventuali relazioni fra i vari parametri messi in evidenza e l'entità del riscaldamento. Gli studenti sono stati incoraggiati a riflettere su come studiare tali relazioni non solo dal punto di vista qualitativo e, di conseguenza, è emerso immediatamente che, per prima cosa, occorreva un idoneo strumento per la misura della temperatura.

L'incontro successivo si è svolto in un laboratorio dell'Università di Palermo, alla presenza anche di docenti universitari che hanno dimostrato l'uso di sensori termici interfacciati a un PC. È stato messo in evidenza che, come i normali termometri casalinghi, tali strumenti erano in grado di misurare la temperatura di un liquido e offrivano, inoltre, anche la possibilità di seguirne la variazione nel tempo visualizzandola in un grafico. Gli studenti sono stati quindi divisi in gruppi con l'indicazione di studiare uno dei parametri che erano stati precedentemente individuati come possibili variabili che influenzano l'entità del riscaldamento, ovvero l'aumento di temperatura. A ciascun gruppo è stato chiesto di progettare un'opportuna serie di azioni sperimentali allo scopo di verificare l'esistenza di una relazione semiquantitativa fra lo specifico parametro e l'entità del riscaldamento. A tale scopo sono state messe a disposizione diverse semplici attrezzature (lampade di diversa potenza, lattine da bibita dipinte esternamente di bianco o di nero, righe da disegno, cilindri graduati etc.). In Figura 1 è illustrato un momento di questa fase di sperimentazione.



Figura 1 – Attività laboratoriale durante la fase di sperimentazione del riscaldamento di un liquido (acqua) esposto alla luce

Nella realizzazione dell'esperimento, gli studenti hanno verificato le ipotesi da loro formulate durante la discussione e hanno altresì individuato una correlazione quantitativa tra l'aumento della temperatura del corpo (lattina con acqua) e la variazione del parametro studiato. E' anche emerso chiaramente che, allo scopo di ottenere risultati direttamente attribuibili ad uno solo dei parametri investigati (potenza della sorgente, distanza dalla sorgente, tempo di esposizione, colore del contenitore, quantità di acqua etc.) era indispensabile fissare e mantenere costanti tutti gli altri. È importante sottolineare che, solo a seguito della discussione precedente alla sessione di laboratorio, gli studenti sono stati in grado di progettare idonei esperimenti e di acquisire quindi competenze specifiche.

Dopo la fase sperimentale, l'insegnante ha provveduto a consolidare le esperienze maturate, mettendo in comune le conclusioni tratte da ciascun gruppo di lavoro, introducendo, ove necessario, una terminologia scientificamente adeguata ed evidenziando aspetti specifici che potrebbero essere sfuggiti agli studenti durante la fase esplorativa.

Nel successivo incontro in classe, gli studenti sono stati invitati a discutere sui comuni sistemi di produzione dell'energia, in particolare quella elettrica, che è a loro normalmente disponibile in varie circostanze abituali, e dei vantaggi e svantaggi di ciascuno di questi. Gli studenti, divisi in gruppi, hanno approfondito autonomamente queste tematiche. Hanno quindi condiviso con i compagni i risultati delle loro ricerche, utilizzando opportuni strumenti di comunicazione come cartelloni o programmi di presentazione multimediale (Power Point, Prezi, etc.) in modo che ciascuno studente conoscesse il lavoro fatto dagli altri. Sono stati messi in discussione anche gli aspetti economici, sociali, ambientali etc. dell'utilizzo delle varie fonti energetiche e delle relative implicazioni nella società. Questa fase ha consentito di evidenziare la maggior parte delle caratteristiche tipiche di un approccio coerente con RRI. Tra le varie risorse energetiche che sono state messe in evidenza, ci si è concentrati sulla conversione dell'energia solare e sui dispositivi che consentono di produrre elettricità. In particolare, sono state introdotte le celle fotovoltaiche organiche che erano già state oggetto di uno dei filmati mostrati all'apertura del percorso.

La successiva fase si è svolta in laboratorio (vedi Figura 2), dove gli studenti, seguendo opportune indicazioni fornite dai docenti, hanno realizzato una cella solare a pigmenti nota come DSSC (Dye Sensitized Solar Cell).

L'uso di pigmenti naturali o artificiali nella realizzazione di celle elettrochimiche è stato originariamente proposto da M. Grätzel [9,10] e ha suscitato notevole interesse anche per il successivo uso di sostanze naturali molto comuni [11].

La cella (vedi schema in Figura 3) è costituita da due vetrini conduttori,

che fungono da elettrodi, da uno strato di nanoparticelle di biossido di titanio (TiO_2) depositato su uno di essi, dal materiale attivo e dalla soluzione elettrolitica. Il materiale attivo è costituito da coloranti naturali, di solito antocianine, una classe di pigmenti idrosolubili il cui colore varia dal rosso al blu, contenute in alcuni frutti quali more, lamponi, mirtilli etc..

La soluzione elettrolitica, in genere a base di iodio e ioduro di potassio, contiene la coppia ioduro/triioduro che funge da mediatore nel processo di funzionamento della cella.



Figura 2 – Attività laboratoriale durante la preparazione della cella solare a pigmenti DSSC

Come schematizzato nella Figura 3, il colorante, assorbendo la porzione visibile della luce con cui è illuminato, forma uno stato elettronico eccitato. A causa della contiguità energetica, elettroni eccitati possono trasferirsi nella banda di conduzione dello strato di TiO_2 e quindi fluire in un circuito esterno fino al contro-elettrodo, un altro vetrino conduttore ricoperto da uno strato di grafite. Gli elettroni possono quindi essere restituiti al colorante mediante la presenza del composto mediatore ioduro/triioduro.

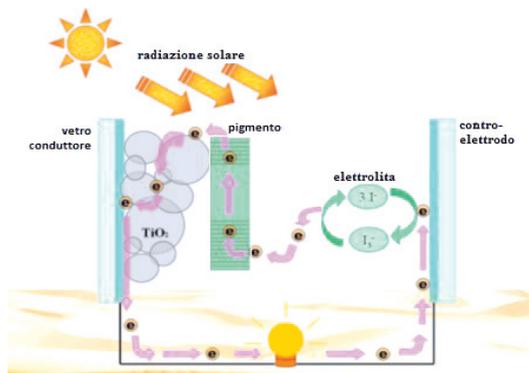


Figura 3 – Schema di funzionamento di una cella solare DSSC. Le frecce indicano il flusso degli elettroni (vedi testo) generati dalla fotosensibilizzazione dello strato di pigmento rappresentato dal rettangolo verde.

Ulteriori dettagli sui principi di funzionamento e indicazioni sulle modalità di preparazione sono ampiamente disponibili in letteratura [12,13].

Durante la fase di assemblaggio della cella è stato anche messo in evidenza che gli aspetti legati alle proprietà di nanoparticelle svolgono un ruolo importante nel funzionamento delle celle DSSC. Lo strato di biossido di titanio nanoparticellare depositato sul vetrino conduttore è sottoposto a elevate temperature, in modo da formare una struttura porosa con un'elevata area superficiale. Ciò assicura un'elevata superficie di contatto tra il colorante che sarà aggiunto e il TiO_2 e, di conseguenza, a seguito dell'irradiazione, sarà massimizzata la quantità di carica trasferita al semiconduttore e quindi l'efficienza della cella.

Nella descrizione dei meccanismi coinvolti nel funzionamento della cella DSSC sono state evidenziate le analogie con il processo di fotosintesi clorofilliana, sottolineando il ruolo del pigmento nel rendere disponibili elettroni che, nel caso di una pianta, sono direttamente utilizzati per iniziare reazioni vitali per la pianta stessa. In questo modo, è stato possibile accentuare il carattere interdisciplinare, traendo vantaggio da utili connessioni con altre discipline e incentivando la collaborazione con altri colleghi.

Tutto il materiale prodotto, sia cartaceo che multimediale, e la cella DSSC sono stati utilizzati per allestire uno stand espositivo durante Esperienza inSegna, una mostra scientifica organizzata annualmente dall'associazione PalermoScienza in un padiglione dell'Università di Palermo. Ogni anno la mostra è frequentata da più di 10.000 visitatori, per lo più studenti delle scuole palermitane e della provincia, ma anche pubblico in generale. La tematica del 2015 riguardava l'energia e in tale contesto lo stand preparato all'interno di IRRESISTIBILE ha trovato il suo naturale inserimento.

La preparazione di un exhibit è una delle principali attività previste dal progetto. Un exhibit può assumere forme diverse, da un semplice poster fino a uno stand attrezzato anche per svolgere dimostrazioni sperimentali e/o multimediali. In ogni caso, l'obiettivo è quello di stabilire un canale di collegamento e comunicazione con l'esterno. L'exhibit è un modo per veicolare efficacemente concetti di RRI al pubblico, mettendo in gioco le competenze acquisite dagli studenti durante il percorso didattico effettuato. Preparare un exhibit con lo scopo di presentarlo al pubblico e discuterne i contenuti con i visitatori rappresenta il momento conclusivo del modulo didattico. Il fatto che gli studenti progettino e presentino questa fase espositiva è un modo per trasformare la scienza da prodotto a processo [14].

Nella fase progettuale e realizzativa di un exhibit gli studenti coinvolti si pongono domande, usano la logica e l'evidenza nel formulare spiegazioni scientifiche, riconoscono e analizzano spiegazioni alternative e comunicano argomenti scientifici. Attraverso la costruzione e la presentazione degli

All'interno dello stand preparato nell'ambito del modulo didattico descritto (vedi Figura 4), la partecipazione alla mostra ha fornito agli studenti l'opportunità di prendere parte al dibattito dell'opinione pubblica su aspetti socio-scientifici di rilievo. Hanno avuto infatti la possibilità di confrontarsi con i visitatori sulle tematiche di RRI relative all'utilizzo di varie fonti di energia e di discutere di concetti di chimica e fisica attinenti alla conversione dell'energia solare, con interlocutori non sempre familiari con questi temi. Nonostante fosse la prima esperienza per loro, gli studenti hanno superato la difficoltà dei primi momenti con determinazione e curiosità man mano che riscontravano interesse nel pubblico che li ascoltava. Preparare l'exhibit e partecipare alla mostra ha sicuramente reso gli studenti più consapevoli di quanto studiato e del percorso didattico svolto.

Un ulteriore aspetto non trascurabile, emerso dalla necessità di sperimentare canali di comunicazione con il mondo esterno alla classe, è rappresentato dalla notevole attenzione che gli studenti e gli insegnanti hanno posto nell'uso delle più moderne tecniche informatiche, comprese quelle di condivisione dei documenti e i social network.

Per quanto concerne la valutazione, alla fine del percorso gli studenti hanno compilato un questionario riguardante i concetti più importanti trattati durante il modulo. Inoltre, sono stati anche sottoposti, prima e dopo la realizzazione del modulo, a un questionario inerente la loro percezione e conoscenza circa gli aspetti specifici di RRI.

Sebbene il modulo didattico realizzato all'interno del progetto si concludesse con la preparazione dell'exhibit sopra descritto, i docenti della CoL hanno ritenuto che i contenuti di chimica coinvolti nel funzionamento di una cella DSSC e discussi durante la fase della sua preparazione, potessero essere utilizzati come spunto per introdurre alcuni concetti base della chimica che avrebbero comunque trattato nell'ambito della loro normale programmazione. Infatti, nella discussione della cella DSSC, gli studenti hanno verificato che il passaggio di una corrente elettrica nel circuito esterno è il risultato della presenza di composti capaci di cedere e/o acquisire elettroni in particolari condizioni. Questa osservazione consente di definire reazioni chimiche in cui elettroni possono essere trasferiti da una specie a un'altra, ponendo quindi le basi per una descrizione più ampia delle reazioni redox. Inoltre, gli studenti hanno osservato che, se il trasferimento di elettroni viene diretto attraverso un opportuno circuito esterno, è possibile ottenere lavoro utile. È risultato quindi naturale introdurre i concetti alla base del funzionamento delle celle elettrochimiche e introdurre in maniera più dettagliata le leggi che le governano. Allo stesso modo, il docente di fisica della CoL ha utilizzato i concetti trattati nel modulo sopra descritto per introdurre in maniera più concreta l'effetto fotoelettrico e le sue leggi.

Conclusioni

Il modulo didattico sviluppato all'interno del progetto europeo IRRESISTIBLE e proposto a studenti di secondo e quinto anno di tre scuole secondarie di secondo grado di Palermo, ha riguardato l'applicazione delle nanotecnologie nella conversione dell'energia solare. La scelta di tale tematica e l'adozione di protocolli didattici ispirati a quelli IBSE, che mettono lo studente al centro del processo formativo, si sono dimostrate efficaci nel rendere gli studenti concretamente più consapevoli sugli aspetti fondamentali di RRI.

Nella fase di progettazione e in quella successiva di realizzazione, i docenti coinvolti nella CoL si sono costantemente confrontati fra di loro e con gli esperti dell'università, in occasione di discussioni comuni riguardanti tutti gli aspetti progettuali e sui riscontri derivanti dalle sperimentazioni in classe. Come sostenuto dagli stessi insegnanti, questi momenti sono stati importanti sul piano della crescita professionale, anche perché si confrontavano con metodologie e contenuti con cui non erano del tutto familiari. A conclusione del modulo, anche per via dei buoni risultati didattici raggiunti dai loro studenti, gli insegnanti hanno espresso piena soddisfazione circa la sperimentazione anche se, per loro stessa ammissione, l'impegno richiesto non è stato trascurabile.

Per quanto riguarda la valutazione dei risultati conseguiti dagli studenti, i questionari mostrano un generalizzato gradimento delle attività e anche un soddisfacente raggiungimento degli obiettivi di apprendimento fissati. Nonostante il numero limitato di studenti coinvolti, è in corso di elaborazione un'analisi più dettagliata dei risultati dei questionari che, comunque, saranno integrati utilizzando un maggior numero di classi in cui effettuare la sperimentazione durante il terzo anno di attuazione del progetto.

Globalmente si può affermare che, dopo il modulo didattico, gli studenti hanno dimostrato di essersi familiarizzati con gli aspetti più importanti di RRI e, comunque, di avere acquisito maggiore consapevolezza riguardo lo stretto rapporto fra scienza e società.

Il progetto IRRESISTIBLE è attualmente nel suo terzo e ultimo anno di attività e prevede un allargamento del numero di insegnanti e studenti coinvolti. Ciò avviene mediante la costituzione di nuove CoL, ciascuna iniziata e coordinata dagli insegnanti che hanno partecipato alla fase precedente. Questi insegnanti quindi, dopo aver sperimentato su se stessi una fase di formazione, diventano adesso formatori di altri colleghi. A ulteriore conferma dei risultati positivi riscontrati dopo la prima fase del progetto, i tre insegnanti originariamente coinvolti si sono dichiarati disponibili a realizzare ciascuno una propria CoL, coinvolgendo altri colleghi nei propri istituti. Il livello di motivazione è stato tale che un congruo numero di altri colleghi ha accettato con interesse di partecipare alla nuova fase del progetto che è attualmente in corso.

Bibliografia

- [1] <http://www.irresistible-project.eu/index.php/en/>
- [2] Technopolis Group e Fraunhofer ISI, Interim evaluation & assessment of future options for Science in Society Actions, 2012.
https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_archive/executive-summary-122012_en.pdf
- [3] R. Von Schomberg (2013), A vision of responsible innovation. In: R. Owen, M. Heintz, & J. Bessant (eds.), Responsible innovation. London: John Wiley,.
- [4] H. Sutcliffe, A report on Responsible Research and Innovation for the European Commission, 2011.
http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/rri-report-hilary-sutcliffe_en.pdf
- [5] M. Linn, E. Davis, e P. Bell, Internet Environments for Science Education. London: Lawrence Erlbaum Associates, 2004.
- [6] M. Rocard et al., Science Education now: a Renewed Pedagogy for the Future of Europe, 2007.
http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- [7] A. Eisenkraft, Expanding the 5E Model, Science Teacher, Vol. September, 2003, 57-59.
- [8] R.W. Bybee et al., The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness, 2006.
http://bscs.org/sites/default/files/_media/about/downloads/BSCS_5E_Full_Report.pdf
- [9] A. Kay e M. Grätzel, Sol. Energ. Mat. Sol.Cells, 1996, **44**, 99.
- [10] M. Grätzel, Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews, 2003, **4**, 145.
- [11] G. Calogero e G. Di Marco, Sol. Energ. Mat. Sol. Cells, 2008, **92**, 1341.
- [12] vedi per esempio: <http://www.pls.scienzamateriali.unimib.it/sedi/milano-bicocca/materiale-milano-bicocca/celle-solari-introduzione-e-preparazione>
- [13] <https://www.youtube.com/watch?v=Qbsl1NP5uZI>
- [14] R. Hawkey, Innovation, inspiration, interpretation: museums, science and learning, Ways of Knowing Journal, 2001, **1(1)**, 23.

Problem solving e creatività: How to Get There

Liberato Cardellini

Università Politecnica delle Marche, Ancona.

l.cardellini@univpm.it

Riassunto

Questo articolo condivide la necessità suggerita da più parti di diminuire il contenuto dell'insegnamento della Chimica, e in generale di un ripensamento per rendere l'apprendimento della chimica piacevole e significativo per gli studenti. Per sperare di attivare processi creativi è necessario che i nostri studenti siano motivati e partecipino attivamente a quanto succede in aula e alla loro formazione. Formazione e apprendimento sono processi che dovrebbero continuare anche fuori della scuola e siamo anche spinti all'utilizzo delle nuove tecnologie. In pratica è sempre più vasta la conoscenza, anche in termini di competenze pedagogiche, richiesta nella professione dell'insegnante.

La conoscenza sicura della propria disciplina è solo la condizione necessaria. Ma per avere un impatto sugli studenti di oggi è necessario riuscire a motivarli e coinvolgerli. Risolvere i problemi motiva gli studenti se il compito è significativo rispetto alla conoscenza della disciplina e se le difficoltà sono alla portata delle abilità acquisite. Se consideriamo la soluzione delle parole crociate possiamo riconoscere che la loro soluzione procura piacere perché la sfida è sufficientemente facile da essere risolta, al contempo sufficientemente difficile da richiedere impegno e sforzo mentale. Per interessare gli studenti ed abituarli ad un diverso approccio alla risoluzione dei problemi vengono utilizzati alcuni problemi di logica.

Ma per ottenere risultati diversi dobbiamo cambiare il modo di insegnare: metodi didattici quali il cooperative learning e l'uso delle mappe concettuali e dei riassunti sono utili strumenti per rendere l'apprendimento più profondo. Gli studenti vanno incoraggiati e gratificati per i loro successi. L'insegnante e i metodi utilizzati fanno la differenza; non è facile avere studenti che vanno oltre a quanto è stato loro insegnato e avere soluzioni che noi esperti non riusciamo a concepire è raro. Venti anni di risultati positivi indicano però che è possibile: provare per credere.

Abstract

This article shares the need to decrease the content of teaching of chemistry, as suggested by many both far and wide and also to make its learning enjoyable and meaningful for students.

If we hope to activate creative processes, it is necessary that our students are motivated and actively involved in what happens in the classroom and in their training. Training and learning are processes that should continue even outside the school. For this, more and more extensive knowledge, also in terms of teaching skills, is required in the teaching profession.

An in-depth knowledge of teaching skills is the only necessary condition. However, in order to have an impact on today's students, we need to be able to motivate and engage them. The solution of problems motivates students if the task is significant compared to the knowledge of the subject and if the difficulties are within the reach of the acquired skills. If we consider for instance solutions to crosswords, we will realize that when a solution is found, it gives them pleasure because the challenge is sufficiently easy to be taken up and, at the same time, sufficiently difficult which requires commitment and mental effort. In order to make it appealing to students and to get them used to a different approach to problem resolution, some logic problems are brought into play.

But in order to get different results, we must change the way of teaching: teaching methods such as cooperative learning and the use of conceptual maps and summaries are useful tools to make learning more profound. Students should be encouraged and rewarded for their achievements. The teacher and the methods used make the difference; it is not easy to have students that go beyond what they have been taught, and it is rare to have solutions that experts are unable to conceive. Twenty years of positive results demonstrate that it is possible. Try to believe.

Introduzione

In un articolo dal titolo "You Can't Get There from Here" pubblicato sul Journal of Chemical Education in occasione del conferimento da parte dell'American Chemical Society dell'Award for Achievement in Research for the Teaching and Learning of Chemistry, Alex Johnstone (2010) evidenzia la necessità di un cambiamento nel modo e nei contenuti dell'insegnamento della chimica. E afferma che "Some chemistry content will have to be removed from the high school curriculum, some topics will have to be reduced, and some topics will have to be rescheduled to fit what we now know about learning. The starting points and emphasis in teaching chemistry must also change." (Johnstone, 2010, p. 25)

Peter Mahaffy propone "l'elemento umano" come quarta dimensione del triangolo di Johnstone e parla di 'Tetraedral chemistry education'. Analogamente a Johnstone suggerisce un cambiamento profondo nel modo d'insegnare la chimica: "Re-hybridizing learning toward tetrahedral chemistry education ... requires much more than tinkering with curriculum. Rather, systemic efforts to deliberately design learning environments, curri-

curriculum, pedagogy, and physical spaces are all needed to enrich the experiences of learners.” (Mahaffy, 2015, p. 8) Elementi significativi di cambiamento in diversi contesti educativi sono stati introdotti e messi in pratica con il progetto europeo PROFILES. (Brianzoni & Cardellini, 2015).

Considerando questi suggerimenti e restringendo il campo dell'insegnamento della chimica all'attività problem solving, ne dobbiamo riconoscere l'importanza sia nell'insegnamento che nella formazione. La soluzione significativa dei problemi contribuisce in modo importante allo sviluppo delle abilità cognitive (Krathwohl, 2002). Secondo Mike Watts (1991, p. 15) ci sono otto ragioni importanti che giustificano l'attività problem solving nell'istruzione:

- problem-solving enables youngsters to take ownership of a task
- it encourages decision-making and many social skills
- it is a form of both active learning and discovery learning
- it is a vehicle for teaching many scientific skills, and for reaching the content aspects of science
- it allows cross-curricular activity
- it provides relevance and real-life contexts
- problem-solving and creative thinking are among the highest and most complex forms of human activity
- it enhances communication.

Le abilità cognitive di ordine elevato e la capacità di risolvere problemi sono considerate uno scopo importante dell'istruzione scientifica. (Zoller et al., 1999) È stato affermato che “It is difficult to imagine a more important educational objective than the teaching and learning of how to think more effectively” (Nickerson et al., 1985, p. 323) La capacità di ragionare e di risolvere problemi viene spesso collegata con ciò che chiamiamo intelligenza. In un simposio pubblicato nel 1921 dal Journal of Educational Psychology 14 esperti hanno risposto a cosa si intende per intelligenza: il 57% ha scelto l'attributo ‘importanti processi cognitivi’ (ragionamento, problem solving). Nel 1986 Sternberg e Detterman hanno posto la stessa domanda a 24 tra i maggiori psicologi. Il 50% di essi ha scelto lo stesso attributo. (Mayer, 1992, p. 327).

La ricerca attuale considera l'intelligenza in un modo più articolato rispetto al passato, comunque le capacità connesse alla soluzione dei problemi ne costituiscono un aspetto rilevante. Secondo Sternberg, una intelligenza di successo ha queste caratteristiche: “1) the ability to achieve one's goals in life, given one's sociocultural context; 2) by capitalizing on strengths and correcting or compensating for weaknesses; 3) in order to adapt to, shape, and select environments; and, 4) through a combination of analytical, creative, and practical abilities.” (Sternberg, 2005, p. 189).

Nonostante la potenziale importanza del problem solving per aumentare le abilità cognitive, spesso le abilità di molti studenti consistono nell'applicare delle formule. Da molto tempo la ricerca educativa ha evidenziato che la capacità di risolvere problemi non ne garantisce la comprensione concettuale. (Nurrenbern & Pickering, 1987) È legittimo utilizzare formule e algoritmi, ma dopo aver familiarizzato con le relazioni logiche sottese e conoscendone i limiti di utilizzo. "Successful problem solvers do use algorithms but only after they have learned to solve the problem, and especially when it becomes more of an exercise." (Niaz, 1989, p. 424) Nel presente articolo verranno proposti dei cambiamenti nel modo d'insegnare per rendere profondo l'apprendimento e significativo ed entusiasmante il problem solving.

Attitudini, motivazione e ambiente di apprendimento

Attitudine e motivazione sono dei costrutti psicologici che esistono ed agiscono nel nostro cervello e sono importanti perché influenzano il nostro comportamento. Una maggiore o minore attitudine verso una materia rende lo studio di quella materia più o meno piacevole ed influenza la possibilità di avere successo e da molto tempo viene studiata e misurata. L'attitudine è stata definita come "a psychological tendency that is expressed by evaluating a particular entity with some degree of favour or disfavour." (Eagly & Chaiken, 1993, pp. 1-2) È stato osservato che "Low-aptitude students tended to place relatively little value on reasoning as a way of solving a problem, and showed more interest in what the right answer to a question was than in how it was obtained." (Nickerson et al., 1985, p. 39) Una brutta esperienza scolastica può indurre ad una percezione negativa che influisce sulla valutazione e sulla propria autostima che rende più difficile l'ulteriore apprendimento. Secondo Reid (2003, p. 33) "It is a relatively quick series of steps for a student with difficulty in a topic to move from that to a belief that they cannot succeed in that topic, that it is beyond them totally and they, therefore, will no longer attempt to learn in that area." L'insegnante in generale trasmette ai propri studenti una moltitudine di percezioni, sia positive che negative. Gli argomenti insegnati, il modo in cui vengono insegnati, il coinvolgimento attivo degli studenti, l'impiego di attività pratiche, ecc. generano in uno studente aspetti attrattivi e repulsivi, ovvero ciò che risulta essere una certa attitudine verso la materia.

Queste diverse dimensioni dell'attitudine e la difficoltà di misurarle vengono considerate in un altro studio da Norman Reid che si riferisce ad un generico studente di fisica. "Our student may view the laboratory learning positively, hold the teacher in warm regard while, at the same time, evaluate the physics taught very negatively. This has huge implications for all attitude measurement if it is to be useful. Even an apparently simple concept like

“attitude towards physics” is highly multi-dimensional and cannot be reduced to a single number or score.” (Reid, 2015, p. 6)

L'altro importante costrutto è la motivazione: molto è stato scritto su questa disposizione psicologica, peraltro molto difficile da misurare in modo oggettivo. Brophy (2004, p. 249) ha definito motivazione ad apprendere come “a student's tendency to find academic activities meaningful and worthwhile and to try to get the intended learning benefits from them.”

Gli studiosi distinguono tra motivazione intrinseca e motivazione estrinseca. “*intrinsic motivation*, which refers to doing something because it is inherently interesting or enjoyable” e “*extrinsic motivation*, which refers to doing something because it leads to a separable outcome.” (Ryan & Deci, 2000a, p. 55) La tendenza a cercare nuove sfide, ad utilizzare e ampliare le proprie competenze e ad esplorare nuove aree, nonché ad imparare, è un componente della nostra natura. “The construct of intrinsic motivation describes this natural inclination toward assimilation, mastery, spontaneous interest, and exploration that is so essential to cognitive and social development and that represents a principal source of enjoyment and vitality throughout life.” (Deci & Ryan, 2000b, p. 70).

La motivazione ad apprendere può essere catalizzata o minata da parecchi fattori; i più importanti includono l'ambiente scolastico, i genitori e gli insegnanti. Per molti la paura del brutto voto ha perso l'aspetto motivante verso lo studio e l'impegno, perciò è importante cercare nuove strade per interessare i nostri studenti. La motivazione produce il maggior effetto quando raggiunge la giusta intensità rispetto al compito che lo studente deve eseguire. Secondo Brophy (2004, p. 16) “For most tasks, there is a curvilinear relationship between motivational intensity and degree of success achieved. That is, *performance is highest when motivation is at an optimal level rather than either below or above this optimal level.*”

La necessità di un adeguato livello di motivazione viene evidenziata anche da altri studiosi. Mihaly Csikszentmihalyi per spiegare la motivazione ha introdotto il concetto di flusso. La condizione di flusso include “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).

Nella pratica quotidiana non va sottovalutato l'impatto di questi costrutti e dobbiamo ricordare che noi insegnanti possiamo fare molto per motivare e formare, anche dal lato umano, i nostri studenti. Dobbiamo agire in un modo professionale ed umano che ci permetta di conquistare la stima dei nostri studenti. Parlando di modelli, Henry Bent (1984, p. 777) conclude affermando “that the most important models in teaching chemistry are chemistry

teachers themselves.” L’insegnante è l’attore centrale nell’istruzione: se non siamo interessati alla nostra materia e al modo in cui possiamo aiutare i nostri studenti ad apprendere in modo profondo e significativo, non possiamo sperare nella loro crescita cognitiva: i nostri studenti vengono in qualche modo intrattenuti. Alle volte purtroppo possiamo divenire il principale ostacolo per l’apprendimento della chimica: gli studenti percepiscono il nostro disinteresse e arrivano ad odiare la chimica. “As a student, I hated chemistry. ... The teacher ... appeared to dislike chemistry as much as he disliked the students.” (Lippincott, 1979, p. 1).

Un buon insegnante deve curare ciò che viene chiamato l’ambiente di apprendimento. Riuscire a motivare ed interessare sin dall’inizio almeno alcuni studenti è fondamentale: essi costituiscono un positivo esempio per tutta la classe. Suggerimenti e utili idee sul primo giorno di scuola in chimica sono stati riportati nel *Journal of Chemical Education*. (Bent, 1985; Brooks, 1985; Smith, 1985) Altri studi considerano i discorsi e le norme che l’insegnante indica all’inizio dell’anno sulle aspettative e sul comportamento atteso dagli studenti. Queste norme, procedure e pratiche influenzano e stabiliscono l’ambiente di apprendimento.

Un ambiente di apprendimento positivo, “... engages students in some higher-order intellectual activity: encouraging them to compare, apply, evaluate, analyze, and synthesize, but never only to listen and remember.” (Bain, 2004, p. 102).

In un ambiente ove l’apprendimento viene attivamente supportato, “The teachers were respectful, used humor, and were enthusiastic about learning. They also voiced expectations that all students would learn, and their procedures and management practices were based on respect.” (Patrick et al., 2003, p. 1533) Ma ci sono situazioni meno felici, ove l’insegnante manda segnali ambigui agli studenti, il supporto per le attività di apprendimento non è consistente, oppure esprime giudizi negativi sulle capacità degli studenti. Anche esercitare un controllo autoritario manda segnali sbagliati agli studenti.

“Ambiguous environments were sometimes learning oriented and academically and socioemotionally supportive, but teachers often undercut their own efforts by weak or ambiguous statements or passivity when students violated classroom rules or desired social norms. ... Nonsupportive classroom environments did not appear supportive of students intellectually or socioemotionally, and teachers power and control were salient. Teachers gave extrinsic reasons for doing schoolwork and expressed views that students would find it difficult and might cheat.” (Patrick et al., 2003, p. 1534)

Sono riportati studi che analizzano i discorsi e le azioni degli insegnanti in classe al fine di evitare le strategie di elusione dall’impegno verso la materia

da parte degli studenti. La pratica di “abbassare la saracinesca” da parte degli studenti diminuisce significativamente in classi ove vengono percepiti come enfatizzati l’apprendimento, la comprensione, l’impegno e anche il divertimento. (Turner et al., 2002)

Secondo Richard Shavelson, ci sono delle condizioni che facilitano il coinvolgimento degli studenti in modo che esercitano uno sforzo in modo che ciò che apprendono sia significativo. “Engaged and effortful learning occurs when students, confronted with challenging-but-within-reach-material *choose* to cognitively reorganize that material by modifying their prior knowledge to accommodate the new knowledge.” (Shavelson, 2010, p. x)”.

Il modello dell'elaborazione delle informazioni

Nel tentativo di spiegare le difficoltà di apprendimento in chimica, Johnstone (1994) introduce un modello della mente formato da tre parti: la percezione, la memoria di lavoro (working memory, WM) e la memoria a lungo termine (Long-term Memory, LTM), come schematizzato in Figura 1.

La percezione insieme all’attenzione è un processo di filtrazione attraverso il quale si sceglie di considerare alcune parti dell’input sensoriale e di ignorarne altre. Questo processo è controllato dal nostro deposito a lungo termine (LTM) in cui decidiamo l’importanza, l’interesse e l’attenzione, sulla base di precedenti esperienze e conoscenze. La memoria di lavoro è uno spazio condiviso ove le informazioni che giungono dall’esterno interagiscono con le informazioni contenute nella LTM per produrre la comprensione che a sua volta può ulteriormente venire elaborata e/o memorizzata nella LTM. La WM è considerata un “brain system that provides temporary storage and manipulation of the information necessary for such complex cognitive tasks as language comprehension, learning, and reasoning” (Baddeley, 1992, p. 556).

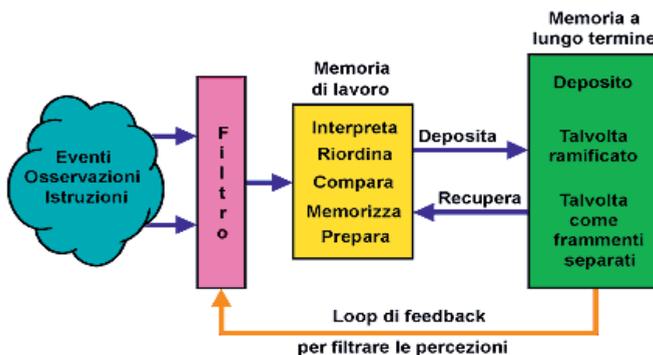


Figura 1. Modello dell’elaborazione delle informazioni secondo Johnstone (1994)

Anche se le conoscenze attuali indicano la VM come un sistema complesso con almeno quattro componenti, possiamo pensare alla memoria di lavoro come all'unità centrale di elaborazione. La memoria di lavoro svolge essenzialmente due funzioni: trattiene alcune informazioni per un tempo limitato e le elabora utilizzando schemi, procedure e altre informazioni che trova nella LTM. Siccome ha una capacità limitata, se trattiene molta informazione, non c'è sufficiente spazio per processare queste informazioni e il sistema va in sovraccarico e non riesce a svolgere il suo compito in modo produttivo. Allo stesso modo, se è necessario un trattamento complesso, poche informazioni possono essere trattenute per l'elaborazione. La capacità della memoria di lavoro è tale che può contenere fino a 7 unità di informazione. (Miller, 1956; Simon, 1974; Cowan, 2010). L'unità di informazione è detta chunk: "... grouping or organizing the input sequence into units or chunks." (Miller, 1956, p. 93) Nello studio di Johnstone sulla risoluzione dei problemi sulla mole che nel prossimo paragrafo verrà discusso, per alcuni studenti è M-O-L-E, per altri MO-LE e per altri ancora MOLE: un unico chunk.

La relazione tra la capacità della memoria di lavoro e prestazioni non è lineare. Quando la prova supera la capacità della memoria di lavoro, le prestazioni crollano in modo spettacolare. (Johnstone & El-Banna, 1986) Analizzando i risultati di un campione molto grande (22.000) di studenti che risolvevano questioni sulla mole, Johnstone (1997b) ha scoperto un fatto molto interessante: con l'aumentare della complessità del compito, il grado di successo degli studenti diminuisce, ma non linearmente.

In figura 2, sull'ascissa è riportata la complessità della questione, e in ordinata la frazione di studenti che hanno risolto correttamente il problema. La curva di best fit somiglia ad una curva di titolazione: alcuni studenti (circa il 10%) riescono a risolvere problemi molto complessi, troppo difficili per la grande maggioranza dei loro compagni. Come è possibile questo? Evidentemente questi studenti, attraverso un processo di chunking e/o facendo ricorso a strategie (Johnstone & El-Banna, 1986), sono in grado di evitare il sovraccarico della loro memoria. (Niaz & Logie, 1993).

Questo fatto è rilevante per l'istruzione: attraverso l'insegnamento di strategie possiamo aumentare le capacità dei nostri studenti. Ed era stato previsto nello studio citato di George Miller (1956, p. 93): "Since the memory span is a fixed number of chunks, we can increase the number of bits of information that it contains simply by building larger and larger chunks, each chunk containing more information than before."

La memoria di lavoro gioca un ruolo centrale in tutte le forme di abilità cognitive di ordine superiore, come la comprensione del linguaggio, il ragionamento e il problem solving.

Molti studi evidenziano che la limitazione della memoria di lavoro costituisce un ostacolo severo alla nostra capacità di comprendere la chimica e di risolvere i problemi. Secondo Reid (2009, p. 245): “Science education research has battled for many decades in seeking solutions to the problems of learner difficulty which seem inherent in much of physics and chemistry as well as some areas of biology ... [There is] abundant evidence that one key factor causing the learner difficulties lies in the limitations of working memory capacity.”

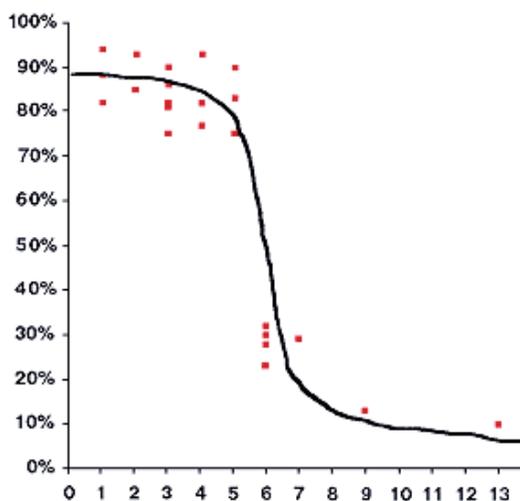
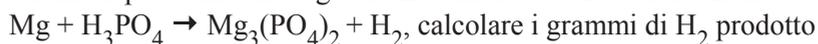


Figura 2. Capacità degli studenti di risolvere un problema in funzione della complessità del problema (Johnstone, 1997b, p. 264)

La capacità della parte esecutiva centrale (M) può essere misurata dal numero di “schemi” ovvero di procedure che possono essere attivate nella propria mente da chi risolve il problema. “M is the maximum number of schemes or discrete ‘chunks’ of information that M can attend to or integrate in a single act” (Pascual-Leone, 1970, p. 301) Ogni problema può essere definito in base alla sua complessità (Z-demand). Z è il numero massimo di step del ragionamento e di processi che devono essere attivati da chi risolve il problema. “By demand we mean the maximum number of thought steps and processes which had to be activated by the least able, but ultimately successful candidate in the light of what had been taught.” (Johnstone & El-Banna, 1989, p. 160).

Alcuni studi sono stati eseguiti per determinare la complessità dei problemi. Il problema che segue ha Z-demand = 6: Data la reazione



durante la reazione, da 10 g di Mg e 30 g di H_3PO_4 . (Niaz, 1989, p. 422). Secondo Johnstone (2006, p. 50) un problema all'apparenza facile: Quale massa di carbonato di calcio neutralizzeranno esattamente 100 mL di acido cloridrico 0,2 M? potrebbe risultare tutt'altro che facile. Infatti le seguenti operazioni devono essere considerate:

- a) Uno studente dovrebbe prima ricordare la natura della reazione
acido + carbonato = sale + diossido di carbonio + acqua.
- b) Le formule per ogni composto devono essere richiamato dalla memoria o ricavate.
- c) È necessario bilanciare l'equazione per stabilire il rapporto 1:2 tra $CaCO_3$ ed HCl.
- d) Deve essere calcolato Il numero di moli di HCl in 100 mL di soluzione 0,2 M.
- e) Il numero di moli di $CaCO_3$ deve risultare la metà.
- f) Una frazione in grammi del peso molecolare deve essere calcolata.

Johnstone (1997a, p. 10) riporta i calcoli svolti negli otto passaggi fatti dagli studenti e li paragona ai quattro passaggi che farebbe un insegnante: la conoscenza accumulata dall'insegnante e la familiarità con questo tipo di calcoli permette delle scorciatoie per via del processo di 'chunking' riducendo la complessità del problema ad un livello triviale.

Questo esercizio di valutare la complessità di un problema potrebbe risultare utile agli insegnanti per valutare la complessità dei problemi proposti, ma non spiega l'andamento evidenziato nella figura 2. Uno stesso problema non è ugualmente difficile o facile per tutti gli studenti: la complessità del problema dipende anche dalla familiarità dello studente con il problema. Come osservato da Bodner (1987, p. 513) "Status as a problem is not an innate characteristic of a question, it is a subtle interaction between the question and the individual trying to answer the question."

La capacità della memoria di lavoro può essere misurata con il Digit Span Backwards Tests (DSBT). Se fosse sempre vero che gli studenti dovrebbero essere in grado di risolvere i problemi se la richiesta-Z non supera la misura della memoria di lavoro, tutti gli studenti con gli stessi valori nel DSBT dovrebbero ottenere gli stessi risultati. Ma non è così. La dipendenza o indipendenza dal campo, costruito psicologico introdotto da Witkin, (Witkin et al., 1977) influisce sull'uso più o meno efficiente della memoria di lavoro. Gli studenti dipendenti dal campo hanno più difficoltà a distinguere le informazioni rilevanti da quelle irrilevanti. Sono facilmente distratti dal materiale irrilevante perché hanno difficoltà a separare il 'segnale' dal 'rumore'. È stato trovato che "The chemistry scores for High Working Memory Space linked with Field Dependence are almost the same as those

for Low Working Memory Space coupled with Field Independence.” (Johnstone, 2006, p. 54)

Analisi del problema

Imparare a risolvere problemi in modo significativo è forse l'abilità più importante che gli studenti possono imparare in ogni contesto. È l'unica attività che permette di sviluppare sia la comprensione concettuale che le abilità procedurali e forse anche per questi fondamentali aspetti che è tenuta in grande rilievo da molti studiosi. “In understanding procedural knowledge we start with problem solving because it seems that all cognitive activities are fundamentally problem solving in nature.” (Anderson, 1995, p. 237) Secondo Jonassen (2011, p. xvii-xviii) “... problem solving is the most authentic and therefore the most relevant learning activity that students can engage in. ... research has shown that knowledge constructed in the context of solving problems is better comprehended, retained, and therefore more transferable. ... problem solving requires intentional learning. ... Therefore, the primary purpose of education should be to engage and support learning to solve problems.”

Diventare un esperto in qualunque dominio richiede un grande esercizio intenzionale: per un maestro di scacchi sono necessarie almeno 10.000 ore di impegno. (Hayes, 1989, p. 56) Tuttavia risultati ottenuti in 20 anni di insegnamento svolto coinvolgendo gli studenti, indicano che anche nei nostri corsi possiamo raggiungere traguardi importanti.

Qualche suggerimento pratico proviene dai numerosi studi sulle differenze tra esperti e novizi (studenti). Glaser e Chi (1988, p. xvii-xx) elencano sette caratteristiche che definiscono un esperto; ma la differenza, che è di grande importanza nel caso degli studenti, è che l'esperto spende relativamente molto tempo ad analizzare il problema in modo qualitativo. Questo è uno degli aspetti fondamentali per migliorare le capacità nel problem solving: se alleniamo e riusciamo a convincere i nostri studenti a impiegare del tempo nell'analisi del problema, certamente essi avranno maggiori successi.

Ma non è facile: purtroppo, i nostri studenti sviluppano di solito l'atteggiamento che arrivare alla risposta magari usando qualche formula sia più importante che capire il processo di soluzione. Ci sono studenti che sbagliano la soluzione perché non comprendono il testo del problema in modo adeguato. Forse questo modo sbagliato di affrontare la soluzione dei problemi è connesso al modo in cui viene insegnata la soluzione dei problemi e con quello che gli studenti imparano dal libro di testo.

“Textbook solutions to problems and solutions presented by teachers in class are almost always efficient, well-organized paths to correct answers.” (Herron & Greenbowe, 1986, p. 530) Oltre ad essere efficienti e pulite, nelle

soluzioni riportate vengono utilizzati algoritmi e procedure sviluppate da esperti che hanno svolto con successo molti problemi simili. E in genere non ci sono sufficienti argomentazioni e spiegazioni per lo studente che alle volte si sente perso perché davanti ad un nuovo problema non sa da dove incominciare. Le soluzioni proposte nei testi sono spesso lontane dai procedimenti degli studenti perché “They provide no indication of the false starts, dead ends, illogical attempts, and wrong solutions that characterize the efforts of students when they work in problem solving.” (Herron, 1990, p. 35).

Le prime fasi nella soluzione di un problema sono le più problematiche: chi risolve il problema deve dare un significato al contenuto del problema, ricercando le informazioni rilevanti, rappresentando nella mente ciò che percepisce come il problema traducendolo in tutto o in parte in una forma che risulti familiare. Secondo Bodner e McMillen (1986, p. 730) “this is a holistic or gestalt stage where relevant information is ‘disembedded’ from the problem, and the elements of the problem are juggled more or less simultaneously until the problem is ‘restructured’ or transformed into a problem that the student understands.”

Per coinvolgere gli studenti nella soluzione dei problemi e per enfatizzare le fasi di analisi e sintesi, nei primi giorni del corso viene suggerita la soluzione di problemi di logica. (Cardellini, 2006) Questi problemi non richiedono la conoscenza della chimica, che all’inizio del corso potrebbe mettere a disagio gli studenti che non l’hanno frequentata nelle scuole superiori, inoltre hanno il vantaggio per essere risolti di richiedere un ragionamento e non l’impiego di formule. Per spingere gli studenti a riflettere sulla soluzione, da diversi anni viene usato il problema: Porre i numeri 1, 2, ..., 9 nelle 9 celle della tabella di figura 3, in modo tale che la somma dei tre numeri allineati sia la stessa in tutte le direzioni (orizzontali, verticali e diagonali).

Figura 3. Tabella 3x3

Molti studenti consegnano la soluzione, a volte sbagliata, però priva di un numero soddisfacente di spiegazioni. Al fine di favorire il ragionamento, ultimamente trovo più utile proporre il problema nella forma: Porre i numeri 1, 2, ..., 9 nelle 9 celle della tabella, in modo tale che la somma dei tre numeri allineati sia la stessa in tutte le direzioni (orizzontali, verticali e diagonali). Si consideri la seguente soluzione:

8	1	6
3	5	7
4	9	2

Figura 4. La soluzione del problema

Dimostrare, spiegandone i motivi, che:

1. È l'unica soluzione che risolve il problema (altre sarebbero analoghe);
2. I numeri pari debbono stare negli spigoli e i dispari nelle posizioni mediane;
3. Il 5 deve stare al centro.

Analisi del problema: come dovrebbe apparire una spiegazione convincente.

1. A quanto deve essere uguale la somma di tre numeri?

$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 = 45$. Siccome vanno suddivisi su tre righe o su tre colonne: $45 : 3 = 15$

2. Notiamo che i nove numeri sono composti da 4 numeri pari e 5 numeri dispari. Inoltre, i numeri 7 e 8, 7 e 9 e 8 e 9 non possono essere allineati.

3. 15 è un numero dispari. Un numero dispari si ottiene dalla somma di 2 numeri pari + 1 numero dispari, oppure dalla somma di 3 numeri dispari.

4. I numeri negli angoli (posizioni 1, 3, 7 e 9) vengono contati 3 volte; i numeri nelle posizioni 2, 4, 6 e 8 vengono contati 2 volte, mentre il numero al centro (5) viene contato 4 volte. Dalle considerazioni precedenti deriva che i 4 numeri pari vanno posti negli spigoli.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Figura 5. Le nove posizioni nella tabella

5. Si nota ancora che il numero 5 è al centro dell'insieme;

$1 + 9 = 10$; $2 + 8 = 10$; $3 + 7 = 10$; $4 + 6 = 10$:



Figura 6. Ricorrenze nei nove numeri

Il problema si riduce ora a piazzare le 4 coppie di numeri la cui somma è 10 ponendo le due coppie pari negli spigoli e il 5 al centro: la soluzione è unica.

L'analisi del problema obbliga ad introdurre delle restrizioni alla maniera di porre i numeri nella griglia e questo facilita l'ottenimento della soluzione. Invece dell'analisi del problema si potrebbe utilizzare il metodo di cercare la soluzione per tentativi (Trial and error). Dal punto di vista didattico va considerato come l'altro estremo, quello con poco valore, rispetto alla soluzione ottenuta col ragionamento.

Rappresentazione del problema

Con il termine rappresentazione del problema si intende una struttura cognitiva che descrive il problema nella mente del solutore e ne facilita la soluzione, sbagliata o corretta che possa risultare. “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, p. 121-122).

Allenare gli studenti a rappresentare il problema anche con dei grafici o schemi è importante per diversi motivi. Innanzi tutto la rappresentazione esterna del problema è il modo più efficace per diminuire il carico cognitivo nella memoria di lavoro. Più in generale è un aspetto rilevante del ragionamento visibile, una idea didattica molto importante che facilita l'apprendimento significativo degli studenti sviluppata dai ricercatori del Project Zero dell'università di Harvard. (Ritchhart, Church, & Morrison, 2011).

Alle volte la rappresentazione esterna più adatta che rende possibile il ragionamento e facilita la soluzione del problema non corrisponde alla traduzione grafica di quanto il problema lascia intendere. Chiariamo questo punto ricorrendo ad un esempio. Consideriamo due cilindri, A e T. Il cilindro A contiene 10 mL di acqua del mare Adriatico; T contiene 9 mL di acqua del mare Tirreno. 1 mL di acqua del mare Adriatico viene prelevata dal cilindro A e posta in T. Abbiamo la situazione: A = 9 mL; T = 10 mL. Il liquido contenuto in T viene mescolato in modo omogeneo e 1 mL del miscuglio viene prelevato e aggiunto al cilindro A. Abbiamo di nuovo la situazione iniziale: A = 10 mL; T = 9 mL. Quale cilindro contiene ora la maggior quantità di acqua estranea, l'acqua dell'Adriatico essendo estranea in T, o l'acqua del Tirreno in A? (Adattato da: Nickerson et al., 1985, p. 12-13).

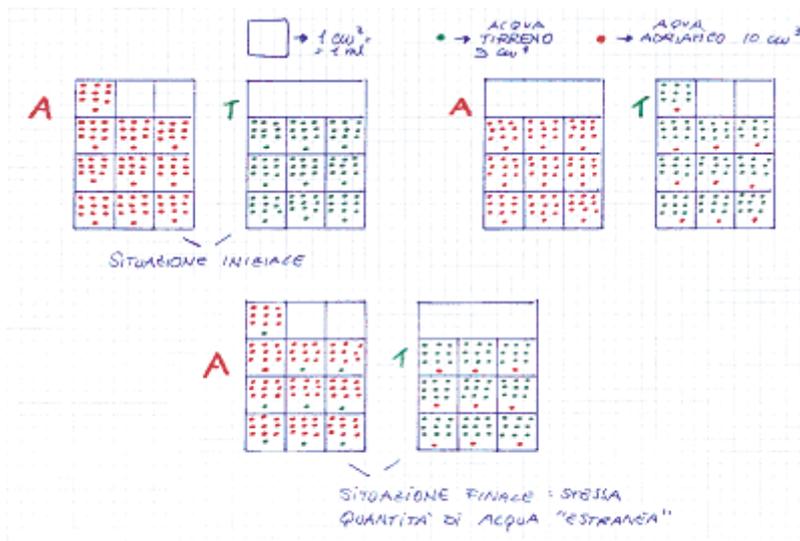


Figura 7. Rappresentazione del problema (Studentessa A)

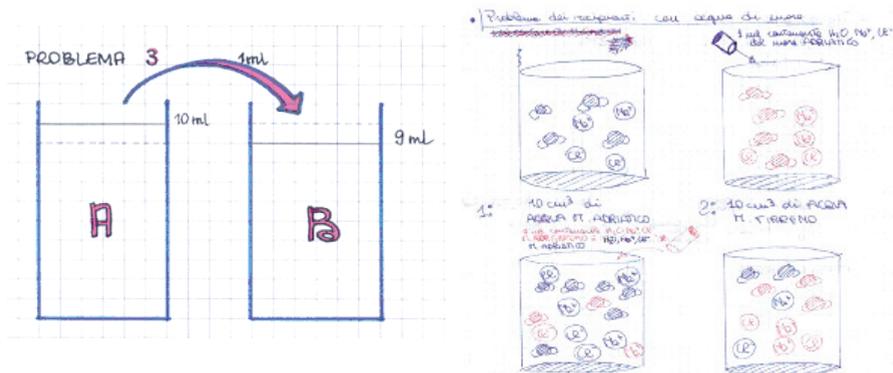


Figura 8. Rappresentazione del problema (Studentessa B e studente C, rispettivamente)

Possiamo notare che lo studente C ha riprodotto gli ioni Na^+ e Cl^- (che non possono però essere diversi nei due mari). Riprodurre gli ioni contenuti nell'acqua del mare è irrilevante rispetto alla soluzione corretta del problema. Incidentalmente si ricorda che la studentessa A ha risolto in modo corretto il problema. Ha utilizzato una rappresentazione efficace che le ha facilitato lo sviluppo di un ragionamento corretto.

La creatività nel problem solving

La definizione più accettata dagli studiosi di creatività è quella data da Richard Mayer. Mayer considera le peculiarità contenute nelle definizioni di altri sette autori dell'Handbook of Creativity e stabilisce che "creativity involves the creation of new and useful products including ideas as well as concrete objects" (Mayer, 1999, p. 450).

Per raggiungere il livello ottimale nella motivazione, condizione necessaria per poter sperare di ottenere risultati non comuni, l'usuale maniera di insegnare non è sufficiente. Gli studenti devono vedere in noi insegnanti dei professionisti interessati al loro apprendimento e delle guide. La ricerca ha dimostrato che quando gli studenti producono qualcosa di originale e questo viene valutato in una maniera che riconosce il valore delle loro abilità creative, i risultati accademici di questi studenti migliorano. (Sternberg et al., 1996) Non solo la creatività richiede la motivazione, ma anche la genera.

Ora viene presentata una soluzione originale ad un problema già pubblicato: Un miscuglio di CH_4O , C_6H_6 e $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$ del peso di 44,37 g dà all'analisi elementare: C = 68,74%; H = 8,905% ed il resto ossigeno.

Calcolare i grammi di C_6H_6 nel miscuglio. (Cardellini, 2014a, p. 123) Per ottenere il bonus, gli studenti devono seguire le 'regole del gioco': è consentito usare soltanto il ragionamento. Algoritmi matematici quali equazioni lineari o sistemi di equazioni ed altri tipi di "stampelle" non sono ammessi.

Viene riportata la soluzione trovata da uno studente, che rappresenta il problema in questo modo:



Come base per il calcolo considera un miscuglio di 100,0 g: in questo miscuglio sono contenuti 68,74 g di C; 8,905 g di H e 22,355 g di O.

Calcola le moli totali di O nel miscuglio:

$$22,355 \text{ g O} = (22,355 \text{ g O}) \times (1 \text{ mol O} / 16,00 \text{ g O}) = 1,3972 \text{ mol O.}$$

Dalla rappresentazione risulta che in CH_4O per ogni mole di O c'è una mole di C; lo stesso vale per $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$. I grammi corrispondenti di C saranno (rapporto stechiometrico: 1 mol C \equiv 1 mol O):

$$1,3972 \text{ mol O} \equiv 1,3972 \text{ mol C}$$

$$1,3972 \text{ mol C} = (1,3972 \text{ mol C}) \times (12,01 \text{ g C} / 1 \text{ mol C}) = 16,78 \text{ g C}$$

I grammi di C nel C_6H_6 più i grammi di C nel $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$ (togliendo 1 mole di C) sono uguali a:

$$68,74 \text{ g di C} - 16,78 \text{ g C} = 51,96 \text{ g C}$$

Ora il problema si è semplificato: viene usata una nuova rappresentazione.



Ridefinizione del problema: calcolare i grammi di H nei due composti, conoscendo i grammi di C.

Notiamo che il rapporto C/H nel miscuglio è 1:1.

$$51,96 \text{ g C} : 12,01 \text{ g C} = x \text{ g H} : 1,008 \text{ g H}; x = 4,361 \text{ g H}$$

Ora è possibile calcolare i grammi H in CH_4O come differenza tra i grammi di H totali e i grammi di H in C_6H_6 e $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$):

$$8,905 \text{ g H (totale)} - 4,361 \text{ g H (in } \text{C}_6\text{H}_6 \text{ e in } \text{C}_6\text{H}_6\text{O)} = 4,544 \text{ g H (in } \text{CH}_4\text{O)}$$

Fattore di conversione: $1 \text{ mol C} \equiv 4 \text{ mol H}$

$$4,544 \text{ g H} = (4,544 \text{ g H}) \times (1 \text{ mol H}/1,008 \text{ g H}) = 4,5079 \text{ mol H}$$

Calcolo delle moli di C (e di CH_4O):

$$\text{mol C} = (4,5079 \text{ mol H}) \times (1 \text{ mol C}/4 \text{ mol H}) = 1,127 \text{ mol C} = 1,127 \text{ mol } \text{CH}_4\text{O}$$

Conoscendo le moli di CH_4O e utilizzando i fattori di conversione è possibile calcolare i grammi di O nel $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$.

$$1,127 \text{ mol } \text{CH}_4\text{O} = 1,127 \text{ mol O}$$

$$1,127 \text{ mol O} = (1,127 \text{ mol O}) \times (16,00 \text{ g O}/1 \text{ mol O}) = 18,03 \text{ g O (in } \text{CH}_4\text{O)}$$

$$22,355 \text{ g di O} - 18,03 \text{ g O} = 4,323 \text{ g O (nel } \text{C}_7\text{H}_6\text{O)}$$

Quanti sono i corrispondenti grammi di H nel $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$?

$$4,323 \text{ g O} = (4,323 \text{ g O}) \times (1 \text{ mol O}/16,00 \text{ g O}) = 2,702 \times 10^{-1} \text{ mol O}$$

$$2,702 \times 10^{-1} \text{ mol O} = 2,702 \times 10^{-1} \text{ mol } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}$$

Calcolo dei grammi di H nel $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$:

Fattore di conversione: $1 \text{ mol } \text{C}_7\text{H}_6\text{O} \equiv 6 \text{ mol H}$

$$2,702 \times 10^{-1} \text{ mol } \text{C}_7\text{H}_6\text{O} = (2,702 \times 10^{-1} \text{ mol } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}) \times (6 \text{ mol H}/1 \text{ mol } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}) = 1,6212 \text{ mol H}$$

$$1,6212 \text{ mol H} = (1,6212 \text{ mol H}) \times (1,008 \text{ g H}/1 \text{ mol H}) = 1,634 \text{ g H}$$

Ora ci sono tutti i dati necessari per calcolare i grammi H nel C_6H_6 :

$8,905 \text{ g H (totali)} - 1,634 \text{ g H (nel } \text{C}_7\text{H}_6\text{O)} - 4,544 \text{ g H (in } \text{CH}_4\text{O)} = 2,727$
 $\text{g H (o g di H}_6\text{) nel } \text{C}_6\text{H}_6$

Fattore di conversione: $1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_6 \equiv 6 \text{ mol H}$

$2,727 \text{ g H} = (2,727 \text{ g H}) \times (1 \text{ mol H}/1,008 \text{ g H}) = 2,705 \text{ mol H}$

$2,705 \text{ mol H} = (2,705 \text{ mol H}) \times (\text{mol } \text{C}_6\text{H}_6/6 \text{ mol H}) = 4,5089 \times 10^{-1} \text{ mol}$
 C_6H_6

$4,5089 \times 10^{-1} \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_6 = (4,5089 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_6) \times (78,11 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_6/1 \text{ mol}$
 $\text{C}_6\text{H}_6) =$

$= 35,22 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_6 \text{ (in } 100,0 \text{ g di miscuglio, msc)}$

Quanti sono i grammi di C_6H_6 in $44,37 \text{ g msc}$?

$35,22 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_6 : 100,0 \text{ g msc} = y \text{ g } \text{C}_6\text{H}_6 : 44,37 \text{ g msc}; y = 15,63 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_6$

Forse, per il lettore non abituato a questo modo di ragionare è utile riportare un riassunto dei passaggi logici contenuti in questa originale soluzione.

1. Dalle moli di O (totale) calcola le moli e i grammi di C (in CH_4O e $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$)
2. Calcolo dei grammi e delle moli di C in C_6H_6 e in $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$
3. Calcolo delle moli e dei grammi di H in C_6H_6 e in $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$
4. Calcolo dei grammi e delle moli di H in CH_4O
5. Calcolo delle moli di C in CH_4O , che sono numericamente uguali alle moli di O
6. Calcolo dei grammi e delle moli di O in $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$
7. Calcolo dei grammi di H nel C_6H_6
8. Calcolo dei grammi di C_6H_6 in $44,37 \text{ g}$ di miscuglio
9. Lo studente esegue la verifica per dimostrare che il risultato è corretto.

Un ragionamento complesso, rigoroso, certamente elegante e molto articolato che rivela una determinazione non comune di voler risolvere il problema. Di sicuro sono stati necessari parecchi tentativi, scartando quelli che non portano da nessuna parte, imparando dagli errori e riflettendo sui modi leciti per superare ciascuna difficoltà. "The most important intelligence components predicting problem-solving competence appear to be processing capacity/reasoning ability and learning potential." (Wenke et al., p. 170).

Certamente la complessità del problema è stata suddivisa in diversi più piccoli problemi. Scoprire ragionamenti complessi richiede molto tempo

perché la capacità della WM non aumenta con lo sforzo, ma il ripetuto impegno intenzionale fa diminuire la complessità del compito. Quanti tra noi insegnanti sarebbero in grado trovare un'altra maniera per risolvere lo stesso problema? Infine notiamo come una diversa rappresentazione del problema rispetto alla soluzione già pubblicata (Cardellini & Johnstone, 2015) dia luogo ad una soluzione completamente diversa. Nel prossimo paragrafo verrà descritta la 'ricetta' per sperare di ottenere risultati analoghi. La 'ricetta' che utilizzo almeno da venti anni.

How to get there: la ricetta

Nella prima lezione una parte degli studenti vengono accolti con una stretta di mano: a ciascuno viene chiesto il nome e nel seguito del corso uno sforzo viene fatto per imparare il nome di molti studenti e vengono presentate le "regole del gioco". Chiamare per nome gli studenti ha contribuito in alcuni casi a conquistare lo studente ad un impegno serio verso il corso. Vengono raccolti i nomi degli studenti e i loro indirizzi e-mail; i nomi servono per formare i gruppi cooperativi, mentre gli indirizzi di posta elettronica vengono usati per inviare materiale didattico. Nell'anno accademico 2010-11 è anche stata usata la piattaforma Moodle. Il materiale didattico è costituito dall'elenco dei concetti da studiare e da utilizzare per fare mappe concettuali e riassunti, le slide della prossima lezione e l'elenco degli esercizi suggeriti da svolgere.

Nella prima settimana del corso gli studenti ricevono il materiale riguardante domande e considerazioni appropriate per rivestire i ruoli nel cooperative learning, (Cardellini & Felder, 1999) suggerimenti su come fare mappe concettuali e/o riassunti. L'insegnamento della chimica inizia con gli idrocarburi, un argomento molto facile (Johnstone, 2000; Johnstone, 2010), e nella prima settimana gli studenti sono invitati a risolvere a casa problemi di logica. Questo con l'idea di far avere successo agli studenti, perché il successo motiva gli studenti e aumenta il desiderio di partecipare al 'gioco'.

Gli studenti svolgono problemi di stechiometria durante le lezioni, in gruppi cooperativi secondo il ruolo assegnato, ruolo che ruota ad ogni prova. Viene chiesto di spiegare i passaggi per rendere visibile il ragionamento e il tempo a disposizione per ciascun compito è limitato. Alla fine uno studente a caso viene chiamato alla lavagna a commentare e riportare la soluzione, mentre altri studenti vengono coinvolti con delle domande, sia per argomentare i passaggi che per dare suggerimenti nel caso ci siano errori, o per motivare la correttezza del ragionamento utilizzato. Il calcolo stechiometrico può essere un eccellente strumento per sviluppare il ragionamento logico e più in generale le abilità nel problem solving.

In questo approccio, gli errori commessi dagli studenti durante il corso non sono giudicati in modo negativo. "Everyone has to learn starting from

his/her own actual repertoire. This is why errors are not bad, but good in the educational enterprise: They tell every learner about the biases in his/her own repertoire of schemes. For this reason teachers should avoid associating learners' errors with negative feelings, emotions, or punishments.” (Cardellini & Pascual-Leone, 2004, p. 212).

Gli studenti sanno che è ammesso commettere errori e viene valutata positivamente l'azione di scoprire l'errore. Nella soluzione dei problemi agli studenti viene suggerito di commentare, spiegare, argomentare e illustrare ogni passaggio: l'idea è di avere la soluzione qualitativa spiegata passaggio per passaggio. Terminata la soluzione si dovrebbe fare la verifica del risultato. (Angawi & Cardellini, 2011) Se la verifica non è soddisfatta significa che sono stati commessi degli errori. Rileggendo i commenti dei passaggi svolti (soluzione qualitativa) lo studente scopre più facilmente se vi sono errori di logica.

All'inizio di ogni lezione vengono raccolti i problemi risolti, i riassunti e le mappe fatte. Le mappe e i riassunti vengono raccolti per verificare il lavoro fatto e dare suggerimenti per possibili miglioramenti; tutti i problemi vengono corretti. Nella lezione successiva le mappe e i riassunti vengono restituiti, con i suggerimenti del caso e magari evidenziati possibili errori, e vengono commentate le varie soluzioni, evidenziando le parti positive, come ad esempio i commenti e le argomentazioni, la rappresentazione del problema e la stima del risultato, la suddivisione della complessità con l'uso del metodo ASV (Cardellini, 1984). Inoltre, alcuni studenti sin dall'inizio fanno la verifica, ridefiniscono il problema; alle volte trovano gli errori e si correggono: questi studenti vengono elogiati di fronte a tutti i compagni di corso con l'intento di stimolarli a diventare degli esempi per tutti. Come pure vengono indicati gli errori fatti nelle soluzioni. Nei casi di errori particolari e più complessi, lo studente viene informato per e-mail e invitato a ripetere la soluzione del problema. Ora è più difficile per me trovare il tempo necessario per fare tutto ciò e correggo soltanto alcuni tipi di problemi.

In un ambiente di apprendimento simile ove l'apprendimento viene attivamente supportato, molti studenti si impegnano a dare il meglio e apprezzano il modo in cui viene svolto il corso. Negli anni 2012 e 2013, dopo aver superato l'esame, 76 studenti (48 uomini e 28 donne) hanno risposto ad un questionario che per la valutazione utilizza una scala Likert a sei punti: la frase 'Ho apprezzato il corso di chimica, ha ottenuto 5,04, mentre la frase 'Le lezioni erano interessanti' ha ottenuto 4,88 su 6.

Molta enfasi è posta sulla soluzione di problemi ove per arrivare al risultato è necessario usare un ragionamento che non è stato presentato in precedenza. Gli studenti che risolvono questi problemi secondo le regole, spiegando il ragionamento e facendo la verifica, ottengono il bonus.

Tre bonus consentono di innalzare di $1/30$ il voto all'esame. Questo tipo di ricompensa parsimoniosa motiva molto gli studenti. E vero ciò che afferma Jere Brophy, (2004, p. 162) "the key to rewarding effectively is to do so in ways that support students' motivation to learn and do not encourage them to conclude that they engage in academic activities only to earn rewards."

In un corso del 2010-11, 56 studenti hanno consegnato oltre 13.000 problemi risolti, tra queste ho trovato 206 soluzioni creative: il valor medio è $200,67 \pm 99,49$ (da 30 a 437 problemi risolti). Tra questi studenti, 52 hanno superato l'esame nelle prime due sessioni, con ottimi risultati; 11 studenti hanno ottenuto 30 e lode: il valor medio è stato $26,85 \pm 4,03$ (da 20 a 30 e lode). Altri dati, relativi ad altri corsi, sono stati pubblicati altrove. (Cardellini, 2014b) In quattro anni ho corretto ad uno ad uno, circa 60.000 problemi.



Figura 9. I problemi risolti dagli studenti e sullo sfondo le 'torri gemelle': oltre 25.000 problemi risolti in due corsi nello stesso anno accademico. In alto si intravedono interi quaderni con alcune collezioni di mappe concettuali e riassunti

Nonostante il notevole carico di lavoro molti studenti hanno apprezzato il corso: in un questionario (scala Likert a sei punti) completato da 30 studenti dopo aver superato l'esame, la frase 'Troppo pochi problemi da risolvere' ha ottenuto 3,03. 'Le lezioni erano interessanti' ha ottenuto 5,13. 'Ho apprezzato il corso di chimica' 5,43 ma 'Mi piace risolvere i problemi di stechiometria' ha ottenuto 5,50 su 6.

Il tempo dedicato al lavoro di gruppo in classe si ricava riducendo il tempo dedicato alla spiegazione della teoria. Si possono tralasciare e sintetizzare nella spiegazione alcune parti che gli studenti conoscono dalle superiori ed eliminare dal programma alcune parti non essenziali, come suggerito dagli studiosi citati all'inizio.

Va sottolineato che questa è la mia ricetta e si adatta al mio modo d'insegnare. Compito di chi vuole cambiare il proprio modo d'insegnare è di riflettere su quanto nel proprio insegnamento viene svolto bene e su ciò che merita di essere cambiato, operando dal prossimo corso i cambiamenti necessari (Bodner et al., 1999). Un aiuto importante può venire dai nostri colleghi, come tutoraggio, consigli e feedback. È un aspetto importante dell'idea della comunità educante e richiede la disponibilità a volersi mettere in discussione. Una buona dose di coraggio è necessaria anche nel prossimo passaggio. Il valore del nostro insegnamento può essere oggettivamente meglio valutato dai nostri studenti, da come gli studenti vedono il nostro insegnamento attraverso i loro occhi. (Brookfield, 1995) Non esiste una ricetta valida per tutti. Questo articolo vuole essere uno stimolo a mettere in discussione il proprio modo d'insegnare.

Conclusioni

Insegnare in modo da avere un impatto negli studenti, almeno in alcuni di essi è difficile. Gli studenti hanno molti interessi e spesso l'interesse per la Chimica compete con ciò che lo smartphone e il tablet offrono. Oltre a questo, ci sono molte aspettative verso il lavoro degli insegnanti, quasi che si potesse fare dei miracoli. Diverse dimensioni professionali e umane sono coinvolte nel nostro lavoro: "We believe that the goals of teaching and learning science include knowledge (cognition), emotion and motivation." (Shavelson et al., 2005, p. 414) I risultati del progetto PROFILES dimostrano che molto si può fare per migliorare i processi di apprendimento e insegnamento. Un numero molto limitato di studenti che hanno avuto insegnanti che utilizzano la filosofia del progetto sono stati miei studenti all'università: essi risultano tra i migliori studenti del corso.

Per quanto riguarda il problem solving, si può affermare che i risultati di molti studi indicano che lavorare su problemi è un modo efficace per apprendere. Inoltre, l'abilità di risolvere problemi è un importante traguardo dell'insegnamento di qualunque disciplina. Come ha affermato David Jonassen, un importante studioso dei processi di insegnamento e di apprendimento, "Learning to solve problems is the most important skill that students can learn in any setting." (Jonassen, 2004, p. xxi) Questo articolo vuole esprimere una nota di ottimismo: se il processo di soluzione di problemi, di qualunque natura, coinvolge attivamente gli studenti e risulta essere significativo, migliorerà le capacità cognitive degli studenti. L'aumento dell'autostima e dell'interesse può portare a soluzioni brillanti e creative che gratificano gli sforzi sia dei docenti che degli studenti.

Bibliografia

Anderson, J. R. (1995). *Cognitive psychology and its implications*. Fourth Ed. New York: W. H. Freeman.

- Angawi, R., & Cardellini, L. (2011). Improving the students' abilities in problem solving. How to verify the result's correctness. *Journal of Science Education*, **12**(2), 76-78.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, **255**(5044), 556-559.
- Bain, K. (2004). *What the best college teachers do*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bent, H. A. (1984). Uses (and Abuses) of Models in Teaching Chemistry. *Journal of Chemical Education*, **61**(9), 774-777.
- Bent, H. A. (1985). My First Day in a First Course in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, **62**(7), 603-604.
- Bodner, G. M. (1987). The Role of Algorithms in Teaching Problem Solving. *Journal of Chemical Education*, **64**(6), 513-514.
- Bodner, G. M., & McMillen, T. L. B. (1986). Cognitive restructuring as an early stage in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, **23**(8), 727-737.
- Bodner, G., MacIsaac, D., & White, S. (1999). Action research: Overcoming the sports mentality approach to assessment/evaluation. *University Chemistry Education*, 1999, 3 (1), 31-36.
- Brookfield, S. D. (1995). *Becoming a Critically Reflective Teacher*. San-Francisco: Jossey-Bass.
- Brooks, D. W. (1985). My First Day of Class – is a Typical Class Day. *Journal of Chemical Education*, **62**(7), 604-605.
- Brianzoni, V., & Cardellini, L. (2015). Il progetto europeo PROFILES e il suo impatto in Italia. *La Chimica nella Scuola*, **36**(3), 39-60.
- Brophy, J. (2004). *Motivating students to learn*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Cardellini, L. (1984). Il metodo ASV per risolvere i problemi chimici. *La Chimica nella Scuola*, **6**(1), 4-6.
- Cardellini, L. (2006). Fostering creative problem solving in chemistry through group work. *Chemistry Education Research and Practice*, **7**(2), 131-140.
- Cardellini, L. (2014a). *Strategie per il problem solving in Chimica*. Ancona: Ragni.
- Cardellini, L. (2014b). Problem Solving Through Cooperative Learning in the Chemistry Classroom. In I. Devetak, S. A. Glazar, (Eds.), *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom*. (pp. 149-163). Dordrecht: Springer.
- Cardellini, L., & Felder, R. M. (1999). L'apprendimento cooperativo: un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, **21**(1), 18-25.
- Cardellini, L., & Johnstone, A. H. (2015). Abilità cognitive e creatività nel problem solving. *La Chimica nella Scuola*, **36**(4), 15-26.
- Cardellini, L., & Pascual-Leone, J. (2004) On Mentors, Cognitive Development, Education, and Constructivism: An Interview with Juan Pascual-Leone. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, **4**(2), 199-219.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, **5**(2), 121-152.
- Cowan, N. (2010). The Magical Mystery Four: How Is Working Memory Capacity Limited, and Why? *Current Directions in Psychological Science*, **19**(1), 51-57.
- Eagly, A. H., & Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. London, England: Harcourt Brace Jovanovich.

- Glaser, R., & Chi, M. T. H., (1988). Overview. In M. T. H. Chi, R. Glaser & M. J. Farr, (Eds.), *The Nature of Expertise*. (pp. xv-xxviii). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Hayes J. R., (1989). *The complete problem solver*. 2nd Ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Herron, J. D., & Greenbowe, T. J. (1986). What Can We Do About Sue: A Case Study of Competence. *Journal of Chemical Education*, **63**(6), 528-531.
- Herron, J. D., (1990). Research in Chemical Education: Results and Directions. In M. Gardner, J. G. Greeno, F. Reif, A. H. Schoenfeld, A. Disessa & E. Stage (Eds). *Toward a scientific practice of science education*. (pp. 31-54). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Johnstone, A. H. (1997). '...And some fell on good ground'. *University Chemistry Education*, **1**(1), 8-13.
- Johnstone, A. H. (1997). Chemistry Teaching - Science or Alchemy? *Journal of Chemical Education*, **74**(3), 262-268.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry-logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, **1**(1), 9-15.
- Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, **7**(2), 49-63.
- Johnstone, A. H. (2010). You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*, **87**(1), 22-29.
- Johnstone, A. H., & El-Banna H., (1986). Capacities, demands and processes: a predictive model for science education. *Education in Chemistry*, **23**(3), 80-84.
- Johnstone, A. H., & El-Banna, H. (1989). Understanding Learning Difficulties – a predictive research model. *Studies in Higher Education*, **14**(2), 159-168.
- Johnstone, A. H., Sleet, R. J., & Vianna, J. F. (1994). An Information Model of Learning: its application to an undergraduate laboratory course in chemistry. *Studies in Higher Education*, **19**(1), 77-87.
- Jonassen, D. H. (2004). *Learning to Solve Problems: An Instructional Design Guide*. San Francisco, CA: Pfeiffer.
- Jonassen, D. H. (2011). *Learning to solve problems : a handbook for designing problem-solving learning environments*. New York: Routledge.
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*, **41**(4), 212-218.
- Lippincott, W. T. (1979). Why Students Hate Chemistry. *Journal of Chemical Education*, **56**(1), 1.
- Mahaffy, P. (2015). Chemistry Education and Human Activity. In J. Garcia-Martinez & E. Serrano-Torregros (Eds.), *Chemistry Education. Best Practices, Opportunities and Trends*. (pp. 3-26). Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition*, 2nd Ed. New York: W. H. Freeman.
- Mayer, R. E. (1999). Fifty years of creativity research. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of Creativity* (pp. 449-460). Cambridge: University Press.
- Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *The Psychological Review*, **63**(2), 81-97.

- Nakamura, J. & Csikszentmihalyi, M. (2002). The Concept of Flow. In C. R. Snyder & S. J. Lopez (Eds.), *Handbook of positive psychology*. (pp. 89-105). New York: Oxford University Press.
- Niaz, M. (1989). The Relationship between M-Demand, Algorithms, and Problem Solving: A Neo-Piagetian Analysis. *Journal of Chemical Education*, **66**(5), 422-424.
- Niaz, M., & Logie, R. H. (1993). Working Memory, Mental Capacity and Science Education: Towards an Understanding of the 'Working Memory Overload Hypothesis'. *Oxford Review of Education*, **19**(4), 511-525.
- Nickerson, R. S., Perkins, D. N., & Smith, E. E. (1985). *The teaching of thinking*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nurrenbern, S. C., & Pickering, M. (1987). Concept Learning versus Problem Solving: Is There a Difference? *Journal of Chemical Education*, **64**(6), 509-510.
- Pascual-Leone, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, **32**(4), 301-345.
- Patrick, H., Turner, J. C., Meyer, D. K., & Midgley, C. (2003). How Teachers Establish Psychological Environments During the First Days of School: Associations With Avoidance in Mathematics. *Teachers College Record*, **105**(8), 1521-1558.
- Reid, N. (2003). *Getting started in pedagogical research*. Higher Education Physical Sciences Practice Guide, Hull, Higher Education Academy.
- Reid, N. (2009). Working memory and science education: conclusions and implications. *Research in Science & Technological Education*, **27**(2), 245-250.
- Reid, N. (2015). Attitude Research in Science Education. In M. S. Khine (Ed.), *Attitude Measurements in Science Education. Classic and Contemporary Approaches*. (pp. 3-45). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Ritchhart, R., Church, M. & Morrison, K. (2011). *Making Thinking Visible. How to Promote Engagement, Understanding, and Independence*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000a). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, **25**(1), 54-67.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000b). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, **55**(1), 68-78.
- Shavelson, R. J. (2010). Foreword. In J. D. Novak, *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. 2nd ed. (pp. ix-x). New York: Routledge.
- Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A., & Wiley, E. W. (2005). Windows into the mind. *Higher Education*, **49**(4), 413-430.
- Simon, H. A. (1974). How Big Is a Chunk? By combining data from several experiments, a basic human memory unit can be identified and measured. *Science*, **183**(4124), 482-488.
- Smith, B. G. (1985). The First Day of Class – The G.E.M. Approach. *Journal of Chemical Education*, **62**(7), 603.
- Sternberg, R. J. (2005). The Theory of Successful Intelligence. *Interamerican Journal of Psychology*, **39**(2), 189-202.

- Sternberg, R. J., Ferrari, M., Clinkenbeard, P., & Grigorenko, E. L. (1996). Identification, Instruction, and Assessment of Gifted Children: A Construct Validation of a Triarchic Model. *Gifted Child Quarterly*, **40**(3), 129-137.
- Turner, J. C., Midgley, C., Meyer, D. K., Gheen, M., Anderman, E. M., Kang, Y., & Patrick, H. (2002). The classroom environment and students' reports of avoidance strategies in mathematics: A multimethod study. *Journal of Educational Psychology*, **94**(1), 88-106.
- Watts, M. (1991). *The Science of Problem-solving. A Practical Guide for Science Teachers*. London and Portsmouth, NH: Cassell.
- Wenke, D., Frensch, P. A., & Funke, J. (2005). Complex Problem Solving and Intelligence: Empirical Relation and Causal Direction. In R. J. Sternberg, J. E. Pretz, (Eds.), *Cognition and Intelligence. Identifying the Mechanisms of the Mind* (pp. 160-187). New York: Cambridge University Press.
- Witkin, H. A., Moore, C. A., Goodenough, D. R., & Cox, P. W. (1977). Field-Dependent and Field-Independent Cognitive Styles and Their Educational Implications. *Review of Educational Research*, **47**(1), 1-64.
- Zoller, U., Fastow, M., Lubezky, A., & Tsapalis, G. (1999). Students' Self-Assessment in Chemistry Examinations Requiring Higher- and Lower-Order Cognitive Skills. *Journal of Chemical Education*, **76**(1), 112-113.

Notizie Flash

Laboratori didattici progettati dagli studenti di Chimica per i bambini

Valentina Domenici

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, via Moruzzi 13, 56124 PISA

E-mail: valentina.domenici@unipi.it

Un corso di Didattica della Chimica non può prescindere dall'attività diretta con i ragazzi e i bambini. Per questo motivo, dopo i primi anni di rodaggio, a partire da quest'anno gli studenti che seguono il corso di Didattica della Chimica presso l'Università di Pisa hanno la possibilità di mettere in pratica quello che hanno imparato costruendo un percorso didattico e mettendolo in pratica con gruppi di ragazzi o di bambini.

Quest'anno il tema dei percorsi didattici è stato quello delle "trasformazioni". I ragazzi erano liberi di scegliere un aspetto particolare della tematica proposta e progettare, sotto la guida del docente, una attività didattica per uno specifico target, ovvero per un intervallo di età dei ragazzi o dei bambini destinatari del piccolo progetto.

Quasi tutti gli studenti (una quindicina) hanno scelto di costruire dei percorsi per bambini delle scuole primarie, e dopo aver lavorato sulle varie fasi di progettazione e realizzazione del lavoro, sono stati ideati quattro laboratori didattici "a tema" per bambini dai 7 ai 12 anni. I temi scelti sono stati: la formazione dei cristalli, le trasformazioni degli alimenti, i coloranti naturali, e la reattività chimica.



SPERIMENTIAMO...

I cristalli!	<i>Sabato 5 marzo 2016 (16:30-18:30)</i>
Gli alimenti!	<i>Sabato 16 aprile 2016 (16:30-18:30)</i>
I colori!	<i>Sabato 7 maggio 2016 (16:30-18:30)</i>
Le reazioni!	<i>Sabato 4 giugno 2016 (16:30-18:30)</i>

Laboratori didattici progettati dagli studenti del corso di Didattica della Chimica (Dipartimento di Chimica - Università di Pisa). I laboratori si rivolgono a bambini dai 7 ai 12 anni.



Museo di Storia Naturale di Rosignano
Via Monte alla Rena 41 - 43, 57016 Rosignano Solvay (LI)
Ingresso GRATUITO - Prenotazione obbligatoria - Tel: 3771465349



Figura 1. Locandina dei laboratori didattici in corso dal 5 marzo al 4 giugno 2016.

Grazie ad una collaborazione esistente tra il Dipartimento di Chimica di Pisa e il Museo di Storia Naturale di Rosignano, i laboratori didattici saranno ospitati nell'ambiente "**museo**" e saranno proprio gli studenti a guidare i bambini, a farli lavorare su una serie di esperimenti progettati per loro e giocare ad esplorare il mondo che li circonda con occhi più attenti!

Alla fine di ogni laboratorio, gli studenti hanno realizzato delle brevi attività di verifica, per poter valutare l'efficacia dei laboratori e il raggiungimento degli obiettivi preposti.

Dal punto di vista didattico, sarà questo un banco di prova per gli studenti del corso di didattica della Chimica, che dovranno poi terminare il loro percorso superando l'esame !

Seconda edizione della borsa di studio "Didattica della Chimica per Rosignano"

Valentina Domenici

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, via Moruzzi 13, 56124 PISA

E-mail: valentina.domenici@unipi.it

Anche quest'anno in corso, grazie al contributo del Club Rotary Rosignano Solvay, è stata attivata una borsa di studio per giovani neolaureati su un progetto di Didattica della Chimica da realizzare con le scuole del Comune di Rosignano Marittimo (LI). Lo scorso anno, la prima edizione era stata vinta dalla giovane chimica **Chiara Gerardi** con un progetto intitolato "**Gnam... che buona la scienza**". Questo progetto, che riguardava la chimica degli alimenti ed era rivolto alle scuole primarie, ha riscosso un notevole successo con la partecipazione di una decina di classi quarte e quinte di due circoli didattici che hanno seguito un percorso didattico con un numero di incontri variabile da classe a classe, da un minimo di cinque ad un massimo di dodici incontri. Alcune classi infatti hanno scelto questo progetto in tutte le sue parti (dall'educazione alimentare, alla chimica degli alimenti, dall'apparato digerente fino alla chimica in cucina) ed hanno quindi svolto un lavoro annuale.

Quest'anno, alla scadenza del bando, ben tre progetti didattici completi sono stati accettati per la selezione finale. Alla fine, dopo una valutazione attenta sia sul progetto che sul candidato, è risultato vincitore della borsa il giovane agronomo **Mattia Scalabrelli**, con un progetto dal titolo "**Il colore sostenibile**". Questo progetto riguarda il mondo dei coloranti naturali, la loro estrazione, lavorazione e i processi associati alla colorazione dei tessuti. Il progetto è molto ben strutturato e si adatta ad una proposta di *curriculum verticale*. Il progetto è stato presentato recentemente, ed hanno già aderito

diverse classi secondo e terze delle scuole primarie e l'intero biennio del liceo di scienze applicate di Rosignano Solvay. Il progetto è attualmente in corso e i risultati verranno presentati il prossimo giugno con una mostra che sarà allestita presso il Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay.



Figura 1. Presentazione del progetto di Mattia Scalabrelli, vincitore della seconda edizione della Borsa di studio “Didattica della Chimica per Rosignano”.

ISTRUZIONI PER GLI AUTORI

Informazioni generali

La rivista CnS – La Chimica nella Scuola si propone anzitutto di costituire un ausilio di ordine scientifico, professionale e tecnico per i docenti delle scuole di ogni ordine e grado e dell'Università; si offre però anche come luogo di confronto delle idee e delle esperienze didattiche.

Sono pertanto ben accetti quei contributi che:

- trattino e/o rivisitino temi scientifici importanti alla luce dei progressi sperimentali e teorici recenti;
- trattino con intento divulgativo argomenti relativi alla didattica generale ed alla didattica disciplinare;
- affrontino problemi relativi alla storia ed alla epistemologia della Chimica.
- illustrino varie esperienze didattiche e di lavoro, anche con il contributo attivo dei discenti;
- presentino proposte corrette ed efficaci su argomenti di difficile trattamento didattico;
- trattino innovazioni metodologiche, con attenzione particolare sia alle attività sperimentali, sia ai problemi di verifica e valutazione;
- che illustrino esperienze di attività scolastiche finalizzate all'insegnamento delle scienze, in particolare della chimica;
- che discutano collaborazioni ed interazioni fra università e scuola secondaria ai fini dell'insegnamento della chimica.

Sono anche benvenute comunicazioni brevi e lettere alla redazione che possano arricchire il dibattito e la riflessione sui temi proposti dalla rivista.

Invio dei materiali per la pubblicazione

I testi devono essere inviati come attachment di e-mail al direttore della rivista **(1)** e al redattore **(2)**. Devono essere indicati con chiarezza gli indirizzi (e-mail e *postale*) dell'autore al quale inviare la corrispondenza. Il testo deve essere **completo e nella forma definitiva**; si raccomanda la massima cura nell'evitare errori di battitura. La redazione darà conferma dell'avvenuto ricevimento.

Dettagli tecnici – Importante!

a) Testo in generale: formato Word, carattere Times New Roman, corpo 12. ***La precisazione riguardo al carattere si rende necessaria in quanto l'eventuale modifica generalizzata produce automaticamente la scomparsa di tutti i caratteri particolari***

b) Riassunto. Gli articoli dovrebbero essere preceduti da un riassunto esplicativo del contenuto (max. 600 caratteri), in lingua italiana e in lingua inglese. Chi avesse difficoltà insormontabili per la traduzione in lingua inglese può limitarsi al riassunto in italiano. Non si richiede riassunto per le lettere alla redazione e per le comunicazioni brevi.

c) Strutturazione. Si suggerisce di strutturare gli articoli relativi a un lavoro di ricerca secondo le consuetudini delle riviste scientifiche: introduzione, corpo dell'articolo (contenente l'eventuale parte sperimentale), esposizione e discussione dei risultati ottenuti, conclusioni.

d) Intestazione. La prima pagina del testo di un articolo deve contenere:

- Titolo, chiaramente esplicativo del contenuto del lavoro (max. 50 battute);
- Nome (per esteso), cognome e istituzione di appartenenza di ciascun autore;
- Indirizzo e-mail degli autori o dell'autore referente.

e) Bibliografia. Si consiglia vivamente di riportarla secondo le norme che illustriamo con esempi:

- Lavori pubblicati su riviste: Autori (preceduti dalle iniziali dei nomi), rivista (abbreviazioni internazionali in uso), anno, volume (in grassetto), pagina. Es.: W. M. Jones, C. L. Ennis, *J. Am. Chem. Soc.*, 1969, **91**, 6391.

- *Libri e trattati*: Autori (preceduti dalle iniziali dei nomi), titolo dell'opera con la sola prima iniziale maiuscola, editore, sede principale, anno di pubblicazione. Se si fa riferimento a poche pagine dell'opera, è opportuno indicarle in fondo alla citazione. Es.: A. J. Bard, L. R. Faulkner, *Electrochemical methods*, Wiley, New York 1980.

- Comunicazioni a congressi: Autori (preceduti dalle iniziali dei nomi), indicazione del congresso nella lingua originale, luogo e data, pagina iniziale se pubblicata in atti. Es.: M. Arai, K. Tomooka, 49th National Meeting of Chemical Society of Japan, Tokio, Apr. 1984, p.351.

f) *Unità di misura, simboli, abbreviazioni*. Le unità di misura devono di norma essere quelle del S.I., o ad esse correlate. I simboli devono essere quelli della IUPAC. E' ammesso il ricorso a abbreviazioni note (IR, UV, GC, NMR ecc.). Se l'abbreviazione non è consueta, deve essere esplicitata alla prima citazione. La nomenclatura deve essere quella della IUPAC, nella sequenza latina (es. carbonato di bario e non bario carbonato). Può essere usato il nome tradizionale per i composti più comuni: acido acetico, etilene, anidride solforosa ecc.

g) Formule chimiche e formule matematiche. Devono essere fornite in forma informatica.

h) Figure. Devono essere fornite in forma informatica avendo presente che la massima dimensione della base (in stampa) è pari a 12 cm. Deve essere assicurata la leggibilità delle scritte, anche dopo l'eventuale riduzione. Il formato (WORD, TIFF, JPEG o altro). Devono essere numerate e munite di eventuale didascalia. Indicare le posizioni approssimative delle figure.

i) Grafici e tabelle. Come per le figure.

1) luigi.campanella@uniroma1.it - Indirizzo postale: Luigi Campanella - Dipartimento di Chimica - Piazzale Aldo Moro, 5 - 00185 ROMA

2) pasquale.fetto@didichim.org - Indirizzo postale: Pasquale Fetto – Via Carlo Jussi, 9 – 40068 SAN LAZZARO DI SAVENA(BO).

Correzione delle bozze

In caso di accettazione per la pubblicazione, il testo viene inviato all'autore di riferimento in formato PdF. Le correzioni devono essere segnalate entro brevissimo tempo; se sono in numero limitato, può bastare l'indicazione via e-mail; altrimenti deve essere inviata copia cartacea con l'indicazione chiara delle correzioni da apportare. Non sono ammesse variazioni importanti rispetto al testo originale.

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

Compilato il 15 aprile 2016, ore 17:18
con il sistema tipografico \LaTeX 2 ϵ

Finito di stampare nel mese di aprile del 2016
dalla tipografia «System Graphic S.r.l.»
00134 Roma – via di Torre Sant'Anastasia, 61
per conto della «Aracne editrice int.le S.r.l.» di Ariccia (RM)