



Società Chimica Italiana

## La Chimica nella Scuola





- 5 Medaglia Gabriello Illuminati  
Far comprendere la chimica per farla amare.  
Elogio della didattica.  
*Fabio Olmi*
- 15 Chimica, Musica, Neuroscienze  
*Pasquale Fetto*
- 21 Il lavoro di Cannizzaro ad Alessandria (1851-1855):  
la chimica prima della legge degli atomi.  
*La scoperta della reazione di dismutazione da aldeide  
benzoica ad alcol benzilico e benzoato di potassio*  
*Giuliano Moretti*
- 35 Il sogno di Giovanni. Un progetto di inquiry al Liceo  
*Francesca Vergine, Liberato Cardellini*
- 59 GRUPPO NAZIONALE di STORIA e FONDAMENTI  
della CHIMICA  
Giulio Natta, all'epoca dei fatti. *Un inserto storico nei  
programmi di chimica*  
*Emanuele Penocchio*
- 67 FEDERCHIMICA PER LA SCUOLA  
Utilizzo di carburanti alternativi  
"Chimica è sempre più rosa"  
*Luigi Campanella*
- 71 SEGNALAZIONI  
Saggio di *Fabio Olmi* "LA CHIMICA NELLE COSE"  
(PM EDIZIONI 2017)
- 73 I° CONVEGNO NAZIONALE PLS-SCIENZA DEI MATERIALI  
Recco (GE) 23 febbraio 2018 (Prima Circolare)
- 77 CONCORSO: "Scienza dei Materiali – dalla scuola alla società"  
Rivolto ai docenti delle scuole secondarie di secondo grado



## **Medaglia Gabriello Illuminati per la Didattica**

La medaglia Illuminati conferita a Fabio Olmi in occasione del Congresso Interdivisionale di Paestum della SCI è motivo di soddisfazione ed orgoglio anche per la comunità di CNS di cui Fabio è parte essenziale. Il premio è un giusto riconoscimento ad una qualificata e competente attività in favore della Scuola e del suo rapporto con la nostra disciplina, in favore dello sviluppo di una cultura e di un'educazione chimica

**Luigi Campanella**  
Direttore di CNS

### **Far comprendere la chimica per farla amare. Elogio della didattica.**

Fabio Olmi  
fabio.olmi@gmail.com

Relazione presentata in occasione del conferimento della Medaglia  
“Illuminati” per la didattica-XXVI Congresso Nazionale della SCI,  
Paestum- 10 Settembre 2017

#### ***Riassunto***

*Il presente contributo, redatto in occasione del conferimento della Medaglia Illuminati per la didattica 2017, parte da un quadro della situazione in cui l'autore si è venuto a trovare nel momento della scelta degli studi universitari ed espone le difficoltà incontrate che sono state però di stimolo per il successivo percorso professionale. Fin dall'inizio dell'insegnamento l'autore si è dedicato, insieme a una sua necessaria autoformazione, alla messa a punto di percorsi didattici innovativi per le scienze sperimentali, in particolare della chimica.*

*L'elemento centrale di questo progetto è stato la definizione delle caratteristiche essenziali di un nuovo paradigma didattico fondato sulla progettazione di situazioni in cui l'apprendimento diventava di tipo attivo e lo studente affrontava per via problematico-sperimentale una serie di problemi giungendo, dopo adeguata progettazione guidata e realizzazione di un percorso sperimentale, ad un'autonoma concettualizzazione discussa in classe, condivisa e verbalizzata. Nel primo biennio si partiva da un'esplorazione della materia di tipo macroscopico e fenomenologico con una logica di indagine di tipo induttivo, passando progressivamente a quella di tipo deduttivo fondata sull'apporto del modello submicroscopico della materia.*

*Il lavoro compiuto dall'autore in quarant'anni di riflessione e di ricerca-azione ha affrontato nel tempo i seguenti temi: apprendimento di alcuni concetti fondanti della chimica, aspetti epistemologici e metodologico-didattici della chimica, il problem solving in chimica, la didattica del laboratorio, la verifica e la valutazione in chimica e infine la formazione iniziale e in servizio degli insegnanti. Il contributo si conclude con una riflessione sul rapporto tra formazione iniziale degli insegnanti e il ruolo della ricerca didattica.*

### **Let's understand chemistry so that we can love it. Eulogy of chemical education**

*This contribution by me presented in occasion of my assignment of Illuminati Medal for the Didactics of Chemistry 2017, starts from an experience of the author at the moment of his choice about the university courses to follow with marked difficulties to face, but able successively to represent meaning stimulations toward the run professional career: as guide to innovation in didactic percourses. The main new element is represented by the active learning process: the student faces some problems reaching a solution proposal to be shared with the whole class. The investigation is firstly of inductive nature, passing in a second step to the deductive one based on the matter submicroscopic model. The work performed by the author during 40 years of reflections and analytical considerations faced these topics: learning of some fundamental concepts of chemistry, epistemological and didactic methodological aspects, problem solving in chemistry, didactic role of lab activities, validation and evaluation of the system, education of teachers, both when at the beginning of their career and already in service. The final part of the contribution is dedicated to the correlation between primary education of teachers and role of didactic research.*

### **- Il perché di una scelta**

Il mio approccio agli studi chimici ha avuto un carattere piuttosto complicato, ma questo è stato poi la molla che mi ha fatto percorrere una strada professionale particolarmente significativa, importante e vissuta con piacere e soddisfazione.

Avevo frequentato il liceo scientifico e, al termine, non avevo raggiunto sufficiente chiarezza per una scelta responsabile e meditata del proseguimento degli studi all'Università. La spinta che mi muoveva era essenzialmente di tipo emozionale, suggerita dalle letture che periodicamente facevo del "Gatto selvatico", la rivista del Gruppo ENI che riceveva a casa mio padre, impiegato nella società "Nuovo Pignone" di Firenze, oggi GE. Sulle pagine della rivista si presentavano i continui suc-

cessi del Gruppo ENI nella individuazione e nello sfruttamento di giacimenti di petrolio e di gas naturale: il caso della scoperta del giacimento di petrolio a Gela, in Sicilia, mi fece l'impressione di aver davanti una sorta di epopea all'americana fatta di pozzi da cui si sarebbe ricavata una grande ricchezza per i bisogni energetici del nostro Paese. Perché non iscriversi a Geologia per prepararsi a prender parte all'avventura della scoperta del petrolio nel nostro Paese ... o magari anche in paesi lontani?

Fu così che iniziai il corso di laurea in Scienze geologiche. Due eventi mi fecero però riflettere seriamente sulla strada che avevo iniziato a percorrere: il primo era la noia che mi prendeva quando dovevo compiere misure di angoli e distanze col teodolite e il secondo fu la scoperta, per me rivoluzionaria, di una disciplina che al liceo mi avevano fatto odiare, la chimica: la ricordavo come una disciplina arida, fatta solo di formule e reazioni "gesso e lavagna", senza mai un esperimento di laboratorio, tanti nomi per me privi di significato...tanto che non l'avrei mai scelta come studio universitario. Invece, nel corso di Geologia che avevo iniziato a frequentare, via via che seguivo le lezioni di Chimica e studiavo sui testi consigliati, scoprivo uno spaccato della conoscenza che mi appariva non solo completamente diverso da quello che mi era stato presentato, ma sempre più coinvolgente. Mi ricordo di com'era per me affascinante guardare alle cose in cui siamo immersi quotidianamente con "l'occhio del chimico": a quante domande e curiosità si poteva dar risposta e capire come erano certe cose e perché si osservavano certi comportamenti. Mi rendevo conto che la chimica aveva per me, di natura molto curioso, la caratteristica che cercavo nello studio.

A fine anno detti per primo l'esame di chimica, quello ritenuto più difficile del primo anno di Geologia: il trenta che mi fu dato mi convinse definitivamente a lasciare il corso che avevo intrapreso e iscrivermi a quello di Chimica pur col rammarico di aver buttato al vento un anno di vita.

Oggi mi sembra senz'altro condivisibile la frase del cantante londinese David Bowie che suona: **"Non si conosce mai il valore di un momento finché non diventa memoria"**.

### **- L'autoformazione e la ricerca di un nuovo tipo di curricoli di scienze sperimentali**

Fu dopo una breve parentesi nel mondo dell'industria, che entrai nella scuola e, dopo i primi anni lontano da Firenze, accettai di proseguire un corso sperimentale di Fisica e Chimica che una collega stava lasciando per trasferimento e incominciai il mio insegnamento al Liceo "L. da Vinci" di Firenze. Qui cercai di affrontare i problemi che avevo incontrato da studente, tentare, cioè, di "ribaltare" l'insegnamento della Chimica *per riuscire a farla amare a partire da una sua effettiva comprensione.*

I primi anni di insegnamento furono per me turbinosi e ricchi di impegno e interesse tra letture, studi, corsi frequentati e progettazione di nuovi corsi per i bienni e i trienni per una scuola secondaria superiore capace di fornire una vera, solida cultura di base *anche in Chimica* ... Furono anche gli anni della mia autoformazione come docente scientificamente e didatticamente preparato. Al tempo non esisteva alcuno strumento istituzionale che prevedesse la formazione dei docenti: tutto era rimandato all'interesse, all'impegno e alla autorganizzazione dei singoli. Mi dedicai allora ad una accurata documentazione generale su quanto si faceva in questo campo nei paesi stranieri ed esaminai i nuovi curricula sperimentali di chimica-fisica messi a punto negli USA e gli analoghi curricula messi a punto in Gran Bretagna. Per affrontare poi la mia impreparazione sul versante psicopedagogico e relazionale mi dedicai allo studio delle opere più importanti dei principali ricercatori nel campo della pedagogia e della didattica e frequentai all'Università di Firenze un corso biennale di psicologia centrato sull'età evolutiva. Fu però la frequenza di un corso attivato a Modena sulla didattica proposta dal curriculum "IPS - Introduzione alla scienza fisica" che mi fornì in concreto gli elementi per attivare una sperimentazione al mio liceo.

**I punti salienti del rinnovamento dell'insegnamento che intendevo portare nel liceo scientifico erano essenzialmente tre e da perseguire insieme:**

**- creare uno spazio adeguato all'insegnamento scientifico sperimentale imperniato sulla chimica,**

**- riprogettare lo sviluppo dell'intero curriculum**

**- mettere a punto una efficace didattica per l'apprendimento**

Per quanto riguarda il primo punto, la riorganizzazione degli spazi di insegnamento realizzata nell'ambito della sperimentazione fu la seguente: da un quadro orario che prevedeva nel Liceo Scientifico al biennio il 21% di discipline matematico-scientifiche e nel triennio del 29% si passava ad un 30% di esse sia a biennio che al triennio; l'orario settimanale delle scienze sperimentali diventava di 4 ore settimanali al I, II, III e IV anno mentre in V si dovevano conservare le due ore settimanali previste, data la condizione di minisperimentazione in cui operavo. Ero ben consapevole che **un insegnamento di una scienza sperimentale non può risultare significativo se si propone agli studenti per meno di tre ore settimanali, anche per consentire un adeguato sviluppo delle attività sperimentali.**

La messa a punto di un nuovo curriculum di scienze sperimentali e in particolare di chimica adeguato al nostro contesto fu realizzato in due tappe in collaborazione tra colleghi universitari e insegnanti di scuola secondaria superiore nell'ambito del "Gruppo Università/Scuola di ricerca in didattica Chimica e Scienze Integrate" dell'Università di Firenze di cui il sottoscritto

faceva parte. Nell'anno 1976/77 fu messo a punto un nuovo curriculum per i bienni iniziali ("Corso di Scienze sperimentali coordinate") e successivamente (1977/78) un nuovo curriculum per i trienni ("Chimica coordinata alle altre scienze sperimentali. Scienza e società"). A questo seguì nel liceo il potenziamento del laboratorio di chimica con nuove dotazioni di strumenti e apparecchiature. La *richiesta e la concessione dell'autorizzazione ministeriale* per l'effettuazione dei corsi sperimentali dette il sigillo alla sperimentazione e i nuovi corsi furono realizzati a partire dai primi bienni del 1977/78 e furono operativi fino ai primi anni 2000 coinvolgendo, solo con il sottoscritto, oltre 1000 studentesse e studenti.

### **- Ma quale didattica? Esigenza di un nuovo paradigma didattico**

Il neo-insegnante non aveva alcuna formazione didattica e tendeva sostanzialmente a riproporre un **insegnamento di tipo trasmissivo** come quello avuto al liceo e all'università fondato sulla **spiegazione** e sulla **comunicazione via orale** lasciando lo studente ascoltatore sostanzialmente passivo. Non solo, ma le modalità con cui si tentava di far acquisire i contenuti erano di **tipo astratto** e per spiegare il modo di essere e il comportamento del mondo macroscopico **partivano dal modello submicroscopico della materia**. Era dunque necessario passare ad un **nuovo paradigma didattico** perché l'insegnamento scientifico nella scuola secondaria risultasse significativo e duraturo.

**Il "nuovo" paradigma si fondava sulla progettazione da parte dell'insegnante di una situazione in cui l'apprendimento diventava di tipo attivo e in cui lo studente affrontava per via problematico-sperimentale una serie di problemi che venivano proposti giungendo, dopo adeguata progettazione guidata e realizzazione pratica di un percorso sperimentale, ad una autonoma concettualizzazione finale che veniva discussa in classe, condivisa e verbalizzata.**

**Nel biennio iniziale si partiva da una esplorazione del mondo della materia di tipo macroscopico e fenomenologico seguendo dapprima una logica d'indagine di tipo induttivo, per poi passare progressivamente a quello di tipo deduttivo fondato sull'apporto del modello submicroscopico della materia.**

### **-Il mio quarantennale lavoro nella didattica della chimica.**

Parte del tipo di lavoro da me sviluppato nel corso di molti anni è quello che va sotto il nome di ricerca-azione, cioè quel particolare tipo di ricerca educativa in cui, superata la frattura tra il momento della raccolta dei risultati e quello della loro applicazione o trasposizione, si vuole innescare nell'ambiente educativo dove si svolge la ricerca, e nel momento stesso in cui si svolge, un cambiamento del modo di educare che continui oltre la durata della ricerca stessa e tenga conto sia degli aspetti cognitivi che di

quelli non cognitivi del processo educativo<sup>1</sup>.

Nello svolgere l'insegnamento e la mia ricerca-azione mi sono dedicato contemporaneamente allo sviluppo della riflessione in vari ambiti importanti sia sul versante epistemologico e pedagogico-didattico che disciplinare e tecnico. Più precisamente, la mia attività di vari anni si è sviluppata su:

### **Apprendimento di alcuni concetti fondanti della chimica.**

Ho eseguito varie ricerche aventi l'obiettivo di accertare fino a che livello di età è possibile avere una comprensione sicura di alcuni concetti essenziali della trama del sapere chimico e con quali modalità proporli agli studenti con buona probabilità di successo. Alcune documentazioni di queste attività sono:

◆ un lavoro sul concetto di trasformazione della materia, in particolare di reazione chimica, a vari livelli scolari (Olmì F. – Le trasformazioni della materia, *CnS-La Chimica nella Scuola*, n.4-5/1985, pp.51-60.)

◆ l'analisi del concetto di periodicità (Olmì F. La periodicità-Le parole chiave della chimica, *CnS-La Chimica nella Scuola*, 5/1999, pp.89-93) e la progettazione e sperimentazione realizzata sullo stesso concetto documentata in Olmì F- “Un solitario con le tessere di Mendeleev- Una sperimentazione didattica sulla (ri)costruzione della Tavola Periodica mendeleeviana”, *Naturalmente*, n.3/1997, pp.58-62.

Per maggiori dettagli si rimanda, come per i successivi ambiti, al sito personale [www.Lachimicadelpofolmi.it](http://www.Lachimicadelpofolmi.it)

### **Aspetti epistemologici e metodologico-didattici della Chimica**

Un ambito di lavoro che è venuto sviluppandosi contemporaneamente al precedente è stato quello rivolto alla riflessione sugli aspetti epistemologici e metodologico-didattici dell'insegnamento delle scienze sperimentali, in particolare della chimica. Si possono ricordare due lavori particolarmente significativi sviluppati in questo ambito:

◆ Olmì F.- Una scienza allo specchio- Dalla rifondazione epistemologica delle scienze sperimentali a quella pedagogico-didattica del loro insegnamento- *Naturalmente*, n.2/1995, pp.8-11.

◆ Olmì F.- Contro la disattenzione al metodo. La centralità della didattica nell'insegnamento delle scienze sperimentali- *La voce delle SSIS*, n.1-2/2005, pp. 145-154.

---

1. A cura di Cesare Scurati e Giuseppe Zanniello –La ricerca azione, Tecnodid Ed. 1993, pp.8-20

### **Formazione docenti**

Un'attività centrale a cui mi sono dedicato per vari anni e ancora mi dedico è quella della formazione iniziale e in servizio degli insegnanti. Nell'ambito della formazione iniziale ho svolto un'attività di oltre nove anni nella Scuola di Specializzazione all'Insegnamento nella Scuola Secondaria istituita presso l'Università di Firenze dall'inizio della sua attivazione alla sua conclusione. In essa ho ricoperto sia il ruolo di Supervisore del tirocinio previsto dal concorso iniziale che quello di docente del corso affidatomi di "Laboratorio di Didattica e didattica del laboratorio" per le classi di abilitazione ex A013, A059 e A060.

A partire dai primi anni 2000 ho svolto e svolgo attività di formazione di insegnanti in servizio di scienze sperimentali nella scuola secondaria nell'ambito dell'azione di sistema della Regione Toscana denominato "Laboratori del sapere scientifico" (LSS).

Le esperienze didattiche sia nel campo della formazione primaria che di quella in servizio sono state documentate ad esempio in:

- ◆ Olmi F.- La SSIS, il suo... "centro di gravità" e la formazione degli insegnanti di Scienze - Naturalmente, 3/2001, pp. 128-134.

- ◆ Duranti C., Olmi F. - L'esperienza del tirocinio didattico e del laboratorio di didattica nella formazione primaria dei docenti: un bilancio, le prospettive- CnS-La Chimica nella Scuola- n.2/2005, pp. 74-81.

- ◆ Olmi F. - La formazione dei docenti in servizio nell'ambito delle Scienze sperimentali. Perché e come i "Laboratori del sapere scientifico" promossi dalla Regione Toscana CnS- La Chimica nella Scuola, n. 4/2014, pp. 13- 26.

### **"Problem solving" in Chimica**

Ho dedicato una puntuale attenzione alle difficoltà che gli studenti incontrano nell'affrontare problemi stechiometrici, di grande importanza per l'apprendimento dei concetti essenziali della chimica e, insieme al collega Pera, ho messo a punto una possibile strategia da adottare per risolvere problemi anche complessi. La documentazione di questo è contenuta in:

- ◆ Olmi F., Pera T. - La chimica- matematica: significati e ambiti. Strategie da adottare per costruire un algoritmo risolutivo di problemi... anche complessi - *Chimicamente* Etas Libri, Mi, pp.189-202.

### **Didattica del laboratorio**

Elemento cruciale nella didattica dell'apprendimento della Chimica è un corretto, adeguato ed efficace rapporto tra i suoi aspetti teorici e quelli sperimentali. A testimonianza dell'attenzione dedicata a questo importante aspetto della didattica chimica posso citare due contributi:

◆ Olmi F. – Il laboratorio nella didattica della Chimica. Analisi del rapporto teoria/esperienza ai diversi livelli scolari- *CnS-La Chimica nella Scuola*, numero speciale 4/2006, pp. 2-13

◆ Olmi F. , Gavazzi S.– Il Laboratorio di didattica e la Didattica del laboratorio. L’esperienza dell’Indirizzo Scienze Naturali della sede di Firenze della SSIS Toscana - *CnS-La Chimica nella Scuola*, n.5/2001, pp.128-134.

### **Verifica e valutazione in chimica**

Quando si compiono sperimentazioni per mettere alla prova delle ipotesi di ricerca didattica è essenziale adottare adeguati criteri di verifica e di valutazione degli esiti.

Questo è stato un ambito di ricerca e sperimentazione che ho particolarmente curato e ne sono testimonianza la pubblicazione di un testo in collaborazione con il prof. R.Cervellati, una memoria per l’Università di Pisa e vari articoli, ad esempio:

◆ Cervellati R., Olmi F.- Tecniche di verifica dell’apprendimento della Chimica - Zanichelli Ed., Bo, 1985.

◆ Olmi F. – Verifica e valutazione nella scuola dell’autonomia – *SEC, Scuola Estiva di Chimica*- Università di Pisa, 2000, pp. 191-232.

◆ Olmi F.- La valutazione delle competenze nell’apprendimento della Chimica- *CnS-La Chimica nella Scuola*, n. 2/2015, pp. 9-24.

Da segnalare che varie pubblicazioni citate sono entrate in quelle segnalate dalla ex Biblioteca Pedagogica Nazionale, oggi INDIRE (Firenze).

### **- La formazione iniziale degli insegnanti e il ruolo della ricerca didattica.**

*Il problema di un significativo miglioramento dell’insegnamento della chimica nella scuola passa attraverso una valida formazione iniziale dei docenti.* Questa però presuppone di disporre di validi formatori e poiché attualmente la formazione dei docenti è interamente affidata all’Università siamo di fronte ad una situazione paradossale. Il prof. Aldo Borsese in un suo recente articolo<sup>2</sup> afferma: “la formazione alla didattica degli insegnanti è affidata a docenti che non l’hanno avuta”. Questa situazione si fa ovviamente risentire sulla qualità della formazione dei docenti della scuola preuniversitaria poiché gli insegnamenti di didattica insistono spesso in una riproposizione degli insegnamenti del primo anno di università ed hanno assai poco di didattica. Continua Borsese nel contributo citato: “mentre nella

---

2. Borsese A. - Brevi riflessioni sulle criticità della formazione iniziale degli insegnanti in Italia- *La Chimica e l’industria*, a. XCVIII, n.4- Luglio-Agosto 2016, p.28.

ricerca il docente universitario lavora in team e sviluppa il proprio lavoro con altri ... e anche se lavora da solo si confronta con altri ricercatori attraverso la bibliografia del suo settore, l'insegnamento è un atto privato ed è svolto in solitudine" invece "sarebbe necessario che gli interventi verso coloro che insegnano o andranno ad insegnare fossero preparati attraverso un lavoro collegiale che coinvolga esperti della didattica disciplinare ed esperti in materie socio-psico-pedagogiche".

Il tentativo di affrontare questo problema a livello istituzionale fu fatto nel nostro Paese con l'istituzione delle Scuole di Specializzazione all'Insegnamento Secondario (SSIS) che, previste già con una legge del '90, hanno avuto attuazione solo nove anni più tardi, nel '99 del secolo scorso. Nelle SSIS si tentò di realizzare un'importante collaborazione nel mondo universitario, tra quello disciplinarista e quello di formazione socio-psico-pedagogica, e tra il mondo universitario e quello della scuola con l'introduzione per concorso nel team di formazione di un docente di scuola come Supervisore al tirocinio (spalmato su tutti gli anni della Scuola).

Con la mia testimonianza di 9 anni di lavoro presso l'Università di Firenze posso dire che nel team la componente disciplinarista non riuscì ad interagire efficacemente con quella psico-pedagogica e solo la presenza dell'insegnante esperto di didattica in collaborazione con i docenti disciplinaristi riuscì a portare un soddisfacente contributo sul versante didattico. A Firenze, poi, fu assegnato al sottoscritto anche il corso di "Laboratorio di didattica e didattica del laboratorio" che, a riscontro degli insegnanti in formazione, fu ritenuto il più utile della Scuola. L'esperienza delle SSIS ha dato risultati assai diversi nelle varie sedi regionali e, invece di porre mano a tentare di correggere i difetti che aveva mostrato, fu fatta andare "in dissolvenza" senza alcuna comunicazione ufficiale.

La modalità di formazione primaria dei docenti che è seguita, i TFA (tirocini formativi attivi), è stata d'altra parte del tutto inadeguata per una seria ed efficace formazione iniziale e non resta che augurarsi che la nuova formazione iniziale prevista a partire dal prossimo anno (2018) possa migliorarne la qualità.

Il Decreto Legislativo per il "Riordino del sistema di formazione iniziale e di Accesso nei ruoli di docente nella scuola secondaria" (Gen. 2017) che, se verranno approvati i Decreti attuativi, entrerà in vigore il prossimo anno, costituisce un tipo di formazione iniziale che ricalca in gran parte quanto previsto dalla SSIS e ha una serie di caratteristiche teoricamente positive e condivisibili. Speriamo che la sua attuazione non dia luogo a quegli aspetti negativi che furono riscontrati in molte sedi durante lo sviluppo della SSIS.

In particolare, l'Art.1, comma 2 recita: "Al fine di realizzare la valorizzazione sociale e culturale della professione è introdotto il sistema unitario e coordinato di formazione iniziale e accesso nei ruoli di docente

nella scuola secondaria di primo e secondo grado ... per selezionare i docenti sulla base di un concorso pubblico nazionale e di un successivo percorso formativo triennale ...”

Lo stesso Articolo al comma 3 prosegue:

**“Il percorso formativo ha l’obiettivo di rafforzare le metodologie didattiche dei saperi disciplinari e le specifiche competenze della professione docente, in particolare pedagogiche, relazionali, valutative e tecnologiche, integrate in modo equilibrato con i saperi disciplinari”.**

Elementi assolutamente condivisibili ma resta comunque il fatto che, senza l’attivazione nell’Università di un efficace lavoro di ricerca didattica, come abbiamo tentato di caratterizzare brevemente sopra, non sarà possibile disporre ancora nel nostro Paese di un efficace strumento di formazione dei docenti della scuola.

**Lavorare in questa direzione, vincendo varie resistenze che tuttora permangono nell’Università, è una delle sfide che sta dinanzi alla comunità dei chimici del nostro Paese.**

#### **- Esigenza di sostenere una abilitazione bi-disciplinare.**

Ci aspetta anche una seconda importante sfida, quella di cercare di *superare la dissimmetria che c’è tra l’insegnamento della chimica in un Istituto Tecnico e quello presente in un Liceo*, il primo a livello monodisciplinare, il secondo immerso in un ambito multidisciplinare troppo ampio, per **rendere omogeneo ed efficace un insegnamento della nostra disciplina in tutta la scuola secondaria**. Sembra ci sia spazio nel Decreto sopra riportato, intervenendo nel momento in cui si mettono a punto i Decreti attuativi, per cercare di attuare una preziosa proposta avanzata da una commissione creata dal precedente Direttivo della Divisione Didattica: **quella delle cosiddette abilitazioni bi-disciplinari**. Senza entrare qui nei dettagli, ma **invitando ad una puntuale documentazione su tale proposta**, si tratta dell’istituzione di abilitazioni bidisciplinari per quattro discipline scientifico-sperimentali, chimica, fisica, biologia e scienze della Terra. In sintesi si propone che con la laurea magistrale per l’insegnamento si consegua una abilitazione primaria (maior) nella disciplina coerente con la laurea triennale di provenienza e si consegua inoltre una abilitazione secondaria in una delle altre discipline (minor) dopo verifica dei necessari requisiti e/o riqualificazione: si potrà insegnare Chimica e Fisica, chimica e biologia, ecc. Senza entrare qui in dettagli per i quali si rimanda al sito della DD/SCI (Bidisciplinarietà) la proposta affronta anche le modalità concrete con cui attraversare la fase di transizione al nuovo ordinamento.

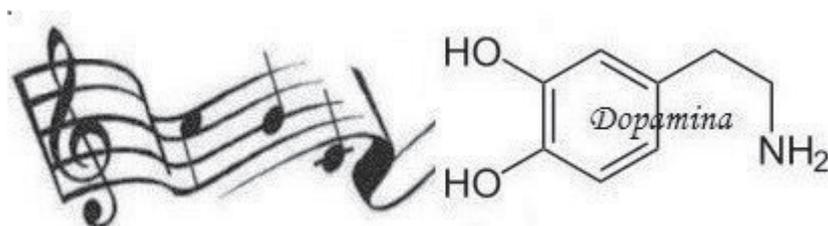
E’ chiaro però che una tale proposta strategica può trovare attuazione solo

ricercando il consenso degli altri ambiti disciplinari e che per farla avanzare non è sufficiente il lavoro della DD/SCI ma **è necessario il coinvolgimento dell'intera SCI e che essa agisca nelle opportune sedi del Ministero:** solo così sarà possibile contribuire a *realizzare un effettivo, significativo miglioramento dell'apprendimento della nostra disciplina a livello preuniversitario.*



### Chimica, musica e neuroscienze

Pasquale Fetto  
pasquale.fetto@didichim.org



*"La musica produce dopamina e dà piacere come quando si assumono sostanze stupefacenti.*

*Gli effetti positivi sono gli stessi della droga, con la differenza che ascoltare un brano piacevole è un'esperienza positiva e non dannosa". (Robert J. Zatorre)*

La **musica** rappresenta l'essenza dei concetti sia dell'arte che della scienza.

Generalmente la musica è strettamente collegata alla **fisica**, in quanto è un insieme di onde sonore. Lo studio delle onde sonore avviene in quella parte della fisica denominata *acustica*.

L'acustica è la scienza che studia il suono, inteso come agente fisico, cioè come onda prodotta da una sorgente ed in grado di stimolare l'orecchio umano. Oltre a coinvolgere la fisica, il suono coinvolge altre branche della scienza quali la biologia (con l'apparato uditivo), la psicologia (l'effetto che essa può avere sulla mente umana) e la chimica (con lo stimolo alla produzione da parte del corpo di varie sostanze chimiche).

La **chimica** è la disciplina che si occupa in generale delle proprietà e delle trasformazioni della materia, tuttavia, esiste una relazione tra la musica e la chimica.

Se consideriamo la **chimica** come la scienza "**intermedia**" tra la biologia e la fisica possiamo capire quanto **essa** sia straordinariamente profonda. Il termine **intermedio** viene inteso come ciò che è **a completamento**. La **biochimica** è il **ponte** più naturale tra la biologia e la chimica.

**Aleksandr Porfirevic Borodin** (1833-1887), fu uno dei più grandi compositori di musica dell'ottocento e un versatile chimico organico noto per le sue reazioni di condensazione delle aldeidi. Fu stretto collaboratore di Dimitrij Ivanovic **Mendeleev**.

A casa di Dimitrij Ivanovic si riuniva, solitamente, il cosiddetto *Gruppo dei Cinque* o *Potente mucchietto* di cui facevano parte Borodin, Rimsky-Korsakov, Mussorgski, Balakirev e Kjuj. Questi compositori diedero vita ad una tradizione musicale russa moderna indipendente dalla tradizione classica occidentale.

Senza dubbio esiste una relazione tra chimica e musica considerando il forte legame tra la musica e l'ambiente chimico russo.

Durante il primo congresso internazionale di chimica di Karlsruhe (Germania - 1860) i chimici si resero conto che era indispensabile classificare e organizzare gli elementi.

Il chimico britannico **John Newlands**, pur non avendo partecipato al congresso (era impegnato al fianco dei Mille, sotto la guida di Giuseppe Garibaldi, nelle battaglie per l'Unità d'Italia), tornato a Londra si mise subito a lavoro e cominciò a ordinare gli elementi per peso atomico, calcolato secondo il sistema di Stanislao Cannizzaro. Nel far questo Newlands si accorse che le proprietà degli elementi si ripetevano la periodicità ogni otto elementi ricordandogli le **ottave delle scale musicali**. Fu Newlands che propose, per la prima volta, di organizzare gli elementi in una *tavola periodica* e nello stesso tempo enunciò la *legge delle ottave*.

La società scientifica accolse con scherno e mise in ridicolo Newlands. Nel 1870 Mendeleev e Lothar Meyer pubblicarono una nuova tavola periodica indipendente da quella di Newlands, ma basata sui medesimi principi. Dimitri Mendeleev e Lothar Meyer ricevettero la **medaglia Davy** dalla Royal Society per la loro scoperta. Newlands dovette lottare non poco per ricevere i propri meriti e nel 1887 ottenne la medaglia Davy.

Circa la tavola periodica, la prima formulazione dell'ottetto fu in analogia con le scale musicali.

Inoltre anche le variazioni di carattere degli elementi nei gruppi possono essere interpretati come varie armoniche. *Un esempio ci è dato dal Li e dal Na; si può vedere Na come armonica maggiore della stessa "nota" di Li.*

Nel 1962 il neurofisiologo americano **Francis O. Schmitt** convinto che si dovevano abbattere le barriere tra le diverse discipline scientifiche, unendone le risorse e gli sforzi, se ci si voleva avvicinare ad una piena comprensione della complessità del funzionamento cerebrale introdusse il neologismo "*neurosciences*".

Egli e aveva utilizzato la parola "neuroscienze" (Neurosciences Research Program) per indicare il suo gruppo di ricerca, costituito da scienziati di diversa formazione.

Il complesso di discipline note come neuroscienze rappresenta una scienza sempre più interdisciplinare, che attinge dalla matematica, fisica, chimica, nanotecnologie, ingegneria, informatica, psicologia, medicina, biologia, filosofia, e va in senso opposto rispetto al confinamento specialistico dello studio del cervello e alla delimitazione del mero sapere tecnico.

Il premio Nobel **Eric Kandel** dichiara:

*"Il compito delle neuroscienze è di spiegare il comportamento in termini di attività del cervello. Come può il cervello dirigere i suoi milioni di singole cellule nervose per produrre un comportamento, e come possono essere queste cellule influenzate dall'ambiente? L'ultima frontiera della scienza della mente, la sua ultima sfida, è capire le basi biologiche della coscienza, ed i processi mentali attraverso cui noi percepiamo, agiamo, impariamo e ricordiamo."*<sup>1</sup>

**Robert J. Zatorre**, neuroscienziato cognitivista che lavora al Neurological Institute della McGill University di Montreal, sostiene che i brividi (i "*chills*", che generalmente chiamiamo "*pelle d'oca*"), causati dall'ascolto di un brano musicale particolarmente emozionante, dipendono da una particolare sostanza chimica: la **dopamina** o dopamina. Il neurofisiologo canadese ha prodotto importanti e ampi studi sulla **percezione della musica** e sugli effetti fisico-chimici che questa percezione produce.

Zatorre è stato uno dei fondatori del laboratorio di ricerca Brain, Music and Sound; ha studiato i meccanismi neuronali di percezione musicale. Dal momento della loro percezione da parte dell'udito, i suoni vengono trasmessi al tronco cerebrale prima e alla corteccia uditiva primaria poi; gli impulsi viaggiano in reti cerebrali importanti per la percezione della musica e per l'immagazzinamento di quella già ascoltata. La risposta cerebrale ai suoni è infatti condizionata dai suoni uditi in passato, in quanto nel cervello sono contenuti i dati relativi a tutte le melodie.

Robert Zatorre ritiene che vi siano 2 fasi in cui vengono rilasciate le molecole di dopamina nel cervello:

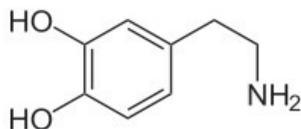
- 1) la prima fase si ha con il massimo picco di piacere generato dall'ascolto del brano;
- 2) la seconda durante l'esecuzione.

---

1. Kandel, E., Schwartz, J., & Jessel, T. (2003). *Principi di Neuroscienze*. CEA-Casa Editrice Ambrosiana.

Lo studio in questione sulle relazioni tra la musica e il rilascio di questa particolare sostanza è stato pubblicato su *Nature Neuroscience*.

## La Dopamina

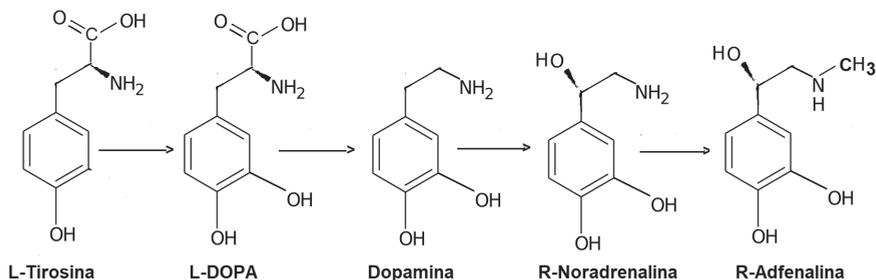


La dopamina la cui formula è  $C_6H_3(OH)_2-CH_2-CH_2-NH_2$  è un **neurotrasmettore**<sup>2</sup> endogeno della famiglia delle catecolammine, composti chimici che derivano dall'amminoacido tirosina; esse sono idrosolubili e sono legate per il 50% alle proteine del plasma, cosicché possono circolare nel sangue. Alcune delle più importanti, oltre alla dopamina, sono: l'adrenalina (epinefrina) e la noradrenalina (norepinefrina).

La dopamina è costituita da un gruppo amminico legato ad un anello fenolico del tipo catecolo (diidrossibenzene). Il nome IUPAC è 4-(2-amminoetil)benzene-1,2-diolo, il nome alternativo è la sua sigla "DA".

La dopamina fu sintetizzata artificialmente per la prima volta nel 1910 da George Barger e James Ewens nei laboratori Wellcome a Londra.

Fu chiamata Dopamina perché è una monoammina e il suo precursore sintetico è la **3,4-dihydroxifenilalanina (L-Dopa)**.



**Figura 1.** Biosintesi delle catecolammine

Nel 1958 grazie alle ricerche di due scienziati svedesi **Arvid Carisson** e **Nils-Åke Hillar** si scoprì il ruolo della dopamina come neurotrasmettitore e trasduttore di segnale.

Le onde sonore vengono percepite attraverso l'orecchio (organo dell'udito); l'orecchio degli esseri umani e dei vertebrati in generale com-

2. Il neurotrasmettitore è una sostanza che veicola le informazioni fra i *neuroni* attraverso la trasmissione sinaptica.

prende in realtà due organi separati, uno per l'udito e l'altro per il mantenimento dell'equilibrio. La funzione di entrambi gli organi si fonda sul principio di stimolare i lunghi microvilli presenti sulle cellule ciliate (meccano-recettori) all'interno di canali riempiti di liquido. La complessità dell'orecchio non viene trattata in questo contributo per ovvie ragioni. L'interesse è limitato sinteticamente al percorso dello stimolo sonoro. L'impulso attraverso il nervo ottico giunge in diverse zone del cervello producendo la dopamina che è un neurotrasmettitore o neuro mediatore endogeno che lo propagherà a tutto il corpo.

Questo neurotrasmettitore ha molte funzioni di notevole importanza. Le principali sono relative alla regolazione del movimento, del piacere, dell'attenzione e dell'umore.

Quando si fa o si ascolta musica si attivano le regioni del cervello coinvolte nelle emozioni, nella conoscenza e nel movimento.

In uno studio pubblicato su *Neuron*, un gruppo di scienziati dell'università americana di Stanford, utilizzando immagini ottenute con la risonanza magnetica funzionale<sup>3</sup>, ha analizzato l'attività cerebrale di un gruppo di volontari mentre ascoltavano musica barocca. I ricercatori hanno osservato un picco di attività nella parte destra del cervello durante i momenti di pausa fra un movimento e l'altro; paradossalmente ciò si è verificato proprio tra i pazienti con meno stimoli fisici. Questi momenti di transizione sembrano funzionare come catalizzatore dell'attenzione. **Vinod Menon**, professore associato di psichiatria e scienze del comportamento e neuroscienze, spiega che durante un concerto: "*L'attenzione della gente si disperde in diversi momenti, ma si arresta nei momenti di transizione*". In questi precisi attimi, che seguono la conclusione di un brano e anticipano il successivo, il cervello risponde in modo altamente sincronizzato.

**Jonathan Berger**, musicista e professore di musica e co-autore dello studio, sostiene inoltre che la *musica potrebbe perfino avere una specifica funzione di adattamento evolutivo. La musica occupa il cervello per un certo periodo di tempo e il processo di ascolto potrebbe essere un modo in cui la mente affina la sua abilità di anticipare eventi.*

---

3. La Risonanza Magnetica Funzionale (RMF) o Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) è un tipo particolare di risonanza magnetica che viene utilizzata, in ambito neuroradiologico, per rilevare quali aree cerebrali si attivano durante l'esecuzione di un determinato compito (come parlare, leggere, pensare o ascoltare).

### **Bibliografia e notizie**

- Alessandro Giuliani. 2011, <http://disf.org/tavola-periodica-elementi>
- Alessia Manfredi. La magia della musica "*Così attiva il cervello*". [http://www.repubblica.it/2007/02/sezioni/scienza\\_e\\_tecnologia/cervello2/musica-mente/musica-mente.html](http://www.repubblica.it/2007/02/sezioni/scienza_e_tecnologia/cervello2/musica-mente/musica-mente.html)

● Valorie N. Salimpoor, Mitchel Benovoy, Kevin Larcher, Alain Dagher & Robert J. Zatorre. *Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music*. February 2011, Nature Neuroscience, Volume **14**, N. 2, pp 257 – 262.

<https://www.journals.elsevier.com/neuron>

● *Gli effetti della musica sul nostro cervello, dal rilascio di dopamina al legame con il linguaggio fino ai benefici sulla salute.*

[www.huffingtonpost.it/2015/09/14/musica-cervello-effetti\\_n\\_8133980.html](http://www.huffingtonpost.it/2015/09/14/musica-cervello-effetti_n_8133980.html)

● Francesca Moscaritolo. *La musica: un ponte tra arte e scienza*. I.S.I.S. “Giulio Natta” di Bergamo, A.S. 2013/2014 Classe 5<sup>a</sup> B LST

[http://www.nattabg.gov.it/wp-content/uploads/ArchivioDiplomati/LST\\_as\\_13-14/5BLST/5BLST\\_MOSCARITOLO\\_FRANCESCA.pdf](http://www.nattabg.gov.it/wp-content/uploads/ArchivioDiplomati/LST_as_13-14/5BLST/5BLST_MOSCARITOLO_FRANCESCA.pdf)

● [http://arp-gserv.ing2.uniroma1.it/arpgsite/images/ARPG\\_MEDIA/Tesi/tesi\\_finale\\_Andellini.pdf](http://arp-gserv.ing2.uniroma1.it/arpgsite/images/ARPG_MEDIA/Tesi/tesi_finale_Andellini.pdf)

● Oliver Sacks, Zio Tungsteno. 2002, Adelphi Edizioni spa (Milano) – Titolo originale: *Uncle Tungsten- Memories of a Chemical Boyhood*

# **Il lavoro di Cannizzaro ad Alessandria (1851-1855): la chimica prima della legge degli atomi**

*La scoperta della reazione di dismutazione da aldeide benzoica  
ad alcol benzilico e benzoato di potassio*

Giuliano Moretti

Dipartimento di Chimica, Sapienza Università di Roma  
Piazzale A. Moro, 5 00185 Roma  
(giuliano.moretti@uniroma1.it)

## **Riassunto**

Le tre lettere di Cannizzaro pubblicate negli *Annalen der Chemie und Pharmacie*, nel biennio 1853-1854, tutte con lo stesso titolo, *Ueber den der Benzoësäure entsprechenden Alkohol*, annunciano alla comunità dei chimici la scoperta e le proprietà chimiche *dell'alcole corrispondente all'acido benzoico* (l'alcol benzilico). Le formule delle sostanze sono determinate applicando la *legge degli equivalenti* sia ai risultati dell'analisi elementare (C, H), sia alle misure di densità di vapore secondo il metodo di Dumas. Nell'arco di pochi anni da queste prime pubblicazioni Cannizzaro rivoluzionerà la chimica con la pubblicazione del *Sunto di un corso di filosofia chimica, fatto nella R. Università di Genova* (Nuovo Cimento Vol.7, pp.321-366, 1858), definendo chiaramente i concetti di molecola e di atomo e applicando magistralmente agli stessi risultati sperimentali l'ipotesi di Avogadro e la *legge degli atomi*.

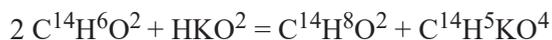
## **Abstract**

In the 1853-1854 years, Cannizzaro published three letters in the *Annalen der Chemie und Pharmacie*. These letters had all the same title, i.e. *Ueber den der Benzoësäure entsprechenden Alkohol*, and were written to describe the synthesis and the chemical properties of the benzil alcohol. The formulas of the substances were obtained according to the *law of equivalents*, starting from the elementary analyses of C and H and the density measurements of the vapors, as resulting from the Dumas' method. Just a few years later these first publications, Cannizzaro published the work *Sunto di un corso di filosofia chimica, fatto nella R. Università di Genova* (Nuovo Cimento Vol.7, pp.321-366, 1858), through which he establish a kind of chemical revolution since for the first time a clear distinction between the concepts of molecule and atom is reported, and a very fine application of the Avogadro's hypothesis and the *law of atoms* is made.

## Introduzione

Le tre lettere di Cannizzaro pubblicate negli *Annalen der Chemie und Pharmacie*, nel biennio 1853-1854, tutte con lo stesso titolo, *Ueber den der Benzoësäure entsprechenden Alkohol*, annunciano alla comunità dei chimici la scoperta e le proprietà chimiche *dell'alcole corrispondente all'acido benzoico*.

*L'alcol corrispondente all'acido benzoico*, è il nome usato da Cannizzaro nella prima lettera per indicare l'alcol benzilico, mentre nella seconda e nella terza lettera lo chiama *acido benzoico-alcol*. Tali nomi verranno definitivamente sostituiti da *alcole benzoico* a partire dal 1855 con la pubblicazione intitolata *Sull'Alcole Benzoico* (Nuovo Cimento, Vol.1, pp.84-99, 1855). In questa pubblicazione, l'ultima di Cannizzaro relativa al periodo trascorso al Collegio-Convitto Nazionale di Alessandria [1], subito prima del suo trasferimento all'Università di Genova, viene riportata in forma esplicita la reazione oggi nota come *reazione di Cannizzaro*:



(I numeri qui riportati in apice rispetto al simbolo dell'elemento, vengono riportati al pedice nelle tre lettere pubblicate negli *Annalen der Chemie und Pharmacie*.)

La legge degli equivalenti era stata assunta dalla maggioranza dei chimici attivi ai tempi della pubblicazione del *Sunto* (1858) a fondamento della determinazione delle costanti fondamentali della chimica, che loro chiamavano pesi equivalenti. Cannizzaro stesso riporta la seguente definizione della legge degli equivalenti: "I numeri che rappresentano i rapporti in cui diversi corpi si combinano colla stessa quantità di uno solo di essi esprimono altresì il rapporto con cui si combinano tra di loro. E' questa l'espressione più generale della legge degli equivalenti" (in S. Cannizzaro, Prefazione ed aggiunte al primo capitolo del trattato di Faustino Malaguti *Leçons élémentaires de chimie*, Vol.1, Dezobry et E. Magdeleine, Paris 1853, *Scritti vari e lettere inedite nel centenario della nascita*, Associazione Italiana di Chimica Generale ed Applicata, Tip. "Leonardo Da Vinci" 1926, Roma, pp. 431-477).

Le analisi elementari e le misure di densità di vapore di sostanze contenenti C, H e O erano interpretate sulla base dei seguenti pesi equivalenti H = 1, C = 6 e O = 8, e sulle formule OH e CO<sub>2</sub> per rappresentare l'acqua e l'acido carbonico. Di conseguenza tutte le formule riportate da Cannizzaro fino al 1857, presentano un numero atomi di carbonio e di ossigeno doppio rispetto alle formule corrette.

Si noti che allora non si aveva nessuna concezione teorica riferibile alla

nostra idea di struttura molecolare. Solo nel 1858 con la pubblicazione del *Sunto di un corso di filosofia chimica, fatto nella R. Università di Genova* (Nuovo Cimento Vol.7, pp.321-366, 1858) Cannizzaro chiarirà definitivamente i concetti di molecola e di atomo. L'ipotesi di Avogadro e la legge degli atomi sono i principi fondamentali utilizzati da Cannizzaro per la definizione operativa di peso molecolare di una sostanza e di peso atomico di un elemento (relativi all'atomo di idrogeno H=1). Cannizzaro aprirà così la strada per la corretta rappresentazione sia delle formule molecolari, sia delle formule di struttura delle molecole, con il contributo di Kekulé, Couper, Butlerov e altri [2], e permetterà a Mendeleev di presentare nel 1869 la Tavola periodica degli elementi, rimasta essenzialmente immutata per circa 70 anni [3].

Riportiamo di seguito le tre lettere tradotte dal tedesco e un commento sull'applicazione della *legge degli equivalenti* per determinare la formula dell'alcol benzoico, come riportato da Cannizzaro nel lavoro pubblicato sul Nuovo Cimento nel 1855.

Con il *Sunto* del 1858 Cannizzaro abbandona la *legge degli equivalenti* in favore della *legge degli atomi*. Per mezzo di questa nuova legge, Cannizzaro delinea un percorso interpretativo della realtà chimica lineare ed elegante a partire dalla corretta interpretazione dell'ipotesi di Avogadro [4-7].

Ove ritenuto necessario, per la chiarezza del testo, sono riportate tra parentesi alcune annotazioni in carattere corsivo.

### **Sull'alcole corrispondente all'acido benzoico** (*Annalen der Chemie und Pharmacie* vol. 88, pp. 129-130, 1853)

di S. Cannizzaro

L'olio che si ottiene attraverso l'effetto di una soluzione di potassa alcolica sull'olio di mandorle amare, ha questa formula  $C_{14}H_8O_2$  (*alcole benzilico*). È incolore, ha un peso specifico maggiore rispetto all'acqua, rifrange fortemente la luce e bolle a  $204^\circ$ . Sebbene la composizione di questa sostanza non corrisponda alla formula di un alcole in senso proprio  $C_nH_{n+2}O_2$  questa si comporta con i reagenti come un alcole, come se la corrispondente aldeide potesse essere considerata il puro olio di mandorle amare  $C_{14}H_6O_2$  (*benzaldeide*).

Sotto l'effetto di acido nitrico diluito e con riscaldamento moderato, questo nuovo alcole dà idruro di benzoile, sotto l'effetto dell'acido cromico dà l'acido benzoico.

I vapori di quest'alcole sopra una spugna di platino arroventata, danno un olio che ha un peso specifico minore dell'acqua, presumibilmente con formula  $C_{14}H_6$ .

Aggiungendo una soluzione di acido cloridrico concentrato nella soluzio-

ne contenente l'alcole corrispondente dell'acido benzoico si sviluppa calore e si ottiene un liquido, che si separa in due strati; quello inferiore è la soluzione acquosa concentrata di acido cloridrico, quello superiore è il composto etereo del cloro  $C_{14}H_7Cl$  che si differenzia dall'alcole corrispondente dell'acido benzoico. E' un liquido che ha un forte odore, che rifrange molto la luce, ha un peso specifico maggiore dell'acqua e bolle tra  $180^\circ$  e  $185^\circ$ .

Per reazione con idrossido di potassio questo composto forma cloruro di potassio e l'alcole corrispondente dell'acido benzoico. Se si riscalda con una soluzione alcolica di ammoniaca a bagnomaria, si forma cloruro d'ammonio e una base cristallizzabile che fonde ad alta temperatura, dato che il punto di fusione è quello della toluidina.

Se si mescola una soluzione dell'alcole corrispondente dell'acido benzoico in acido acetico con una miscela di acido solforico e acido acetico, galleggerà sulla superficie un olio, l'etere acetico dell'alcole corrispondente all'acido benzoico  $C_{18}H_{10}O_4$ . Questo composto è incolore, con un peso specifico maggiore dell'acqua, bolle a  $210^\circ$ , ha un piacevole odore aromatico, che ricorda quello di un certo tipo di pere; in soluzione di potassa a caldo si decompone in acido acetico e nell'alcole corrispondente all'acido benzoico. Questo alcole sembra essere un tipo di una famiglia di alcoli del tutto nuova, della cui ricerca, mi sto occupando in questo momento.

**Sull'alcole corrispondente all'acido benzoico**  
(*Annalen der Chemie und Pharmacie* vol. 90, pp. 252-254, 1853)

di S. Cannizzaro

Avevo comunicato\* che mandando il vapore dell'alcol corrispondente all'acido benzoico sopra una spugna di platino arroventata si otteneva un olio, con un peso specifico maggiore di quello dell'acqua, la cui formula probabilmente era  $C_{14}H_6$ .

Ma non è così; l'olio in questione è una miscela di diversi prodotti, tra i quali io sono riuscito a riconoscere e separare il benzene. In questa miscela è compreso anche un corpo solido, che al momento non posso indagare in modo approfondito, perché la quantità è troppo piccola.

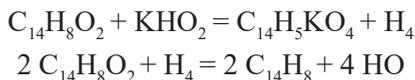
L'alcol corrispondente all'acido benzoico, in contatto con acido solforico a caldo, in presenza di cloruro di zinco o acido fosforico anidro, diventa una sostanza resinosa non solubile in acqua, alcol o etere, molto poco solubile in acido solforico fumante, che si ammorbidisce nell'acqua bollente. Non sono ancora riuscito ad individuarne la composizione.

---

\* Questi Annali LXXXVIII, 129.

Sotto l'effetto della potassa alcolica concentrata, l'alcol corrispondente all'acido benzoico dà il benzoato di potassio e un idrocarburo  $C_{14}H_8$  (toluene; benzoene di Deville).

In condizioni riducenti, l'alcol diventa un idrocarburo, ed ha con questo lo stesso rapporto che c'è tra metanolo e metano.



(nel lavoro pubblicato sul Nuovo Cimento del 1855 Cannizzaro riporta la somma delle due reazioni:



Si distilla una miscela di acido benzoico-alcol e di potassa alcolica concentrata. Nel residuo solido l'idrocarburo comincia a trasformarsi, miscelato all'acido benzoico-alcol non decomposto. Al fine di mantenere puro l'idrocarburo lo si distilli ancora una volta, raccogliendo la frazione che bolle sotto  $116^\circ$ ; si misceli con acido solforico concentrato, che rende l'acido benzoico-alcol una resina.

Il liquido decantato verrà lavato con una soluzione di carbonato alcalino e distillato su acido fosforico anidro. Il preparato così ottenuto in un bagno freddo non solidifica; bolle a  $114^\circ$ ; ha l'odore della benzina.

Dalla sua analisi si sono ottenuti questi valori:

- I) 0,188 di sostanza 0,629 di acido carbonico e 0,150 di acqua
- II) 0,414 di sostanza hanno dato 1,385 di acido carbonico e 0,325 di acqua
- III) 0,398 di sostanza hanno dato 1,331 di acido carbonico e 0,309 di acqua

valori trovati

	I	II	III		calcolato
carbonio	91,247	91,214	91,208	C14	91,305
idrogeno	8,864	8,722	8,628	H8	8,695

Il punto di ebollizione a  $114^\circ$  corrisponde a quello trovato da Gerhardt per il benzoene, l'odore è proprio lo stesso.

Allo stesso modo in cui l'etere acetico (*acetato di etile* " $C_8H_8O_4$ ") che si differenzia dal distillato è polimero con l'aldeide (*aldeide acetica* " $C_4H_4O_2$ ") e probabilmente isomero della metaldeide (" $(C_4H_4O_2)_n$ "); anche l'etere benzoico dell'acido benzoico-alcol (*benzoato di benzile* " $C_{28}H_{12}O_4$ ") è polimero con l'aldeide di questo alcol (*benzaldeide* " $C_{14}H_6O_2$ "), e cioè con l'olio di mandorle amare, e isomero con il benzoino. (" $C_{28}H_{12}O_4$ "; in una soluzione contenente cianuro di potassio due molecole

*di aldeide benzoica condensano per dare il benzoïno, un  $\alpha$ -ossichetone)*

Si ottiene questo tipo di etere attraverso la distillazione dello stesso equivalente di cloruro di benzoile e di acido benzoico-alcol; nella porzione trasformata per prima è contenuto un po' di acido benzoico e del cloroetil corrispondente all'acido benzoico-alcol. Inoltre si ottiene questo tipo di etere attraverso la distillazione di acido benzoico-alcol con l'acido benzoico anidro di Gerhardt. Se il distillato viene raffreddato, l'etere benzoico dell'acido benzoico-alcol cristallizza, circondato da un olio giallo, che cambia soltanto di poco la composizione del primo. Cristallizza sotto forma di aghi di colore bianco, talvolta sotto forma di romboedri; sopra i 20° si scioglie in un olio incolore che rimane liquido per giorni e si rapprende solo in una miscela fredda. Il suo composto ha la formula  $C_{28}H_{12}O_4$ .

**Sull'alcol corrispondente all'acido benzoico**  
(*Annalen der Chemie und Pharmacie* vol. 92, pp. 113-117, 1854)

di S. Cannizzaro

Ad integrazione delle mie precedenti comunicazioni\*, riporto qui di seguito qualche altro risultato che ho ottenuto continuando le ricerche sull'acido benzoico-alcol; ciò deriva dalla totale analogia che esiste tra l'acido benzoico-alcol e gli altri alcoli, e non mi resta che descrivere l'etere (*estere*) ottenuto dall'accoppiamento acido-alcol.

Il fluoruro di silicio non ha nessun effetto sull'acido benzoico-alcol; quest'ultimo può essere distillato in un flusso di questo gas senza subire alcuna alterazione. Il fluoruro di boro invece ha un effetto molto forte sull'acido benzoico-alcol; si sviluppa calore, si crea acido borico, acido idrofluoborico e una sostanza resinosa.

Se quest'ultima viene trattata con una soluzione acquosa alcalina, poi con acqua pura, con alcol e con etere, seccata a 170°, sciolta nel solfuro di carbonio o nel cloroformio, e quindi separata per evaporazione della soluzione, si ottiene una sostanza amorfa, traslucida, del colore dell'ambra, che non si scioglie per nulla in acqua, quasi per nulla nell'alcol, molto poco nell'etere, tuttavia si scioglie molto facilmente nella trementina, nel solfuro di carbonio e nel cloroformio, al calore diventa morbida e poi fonde, e a temperature ancora più alte si decompone, dato che contiene prodotti solidi e liquidi volatili, e lascia un residuo carbonioso.

In seguito all'analisi ho ottenuto questi risultati: 92,860 % di carbonio e 6,817 % di idrogeno.

---

\* In questi stessi Annali LXXXVIII, 129; XC, 252.

Questa composizione corrisponde abbastanza da vicino alla formula  $C_{14}H_6$  ma le caratteristiche fisiche mostrano che la vera formula della sostanza è un multiplo di  $C_{14}H_6$ , probabilmente  $C_{28}H_{12}$ , dato che è isomera con lo stilbene.

Si ottiene una sostanza resinosa con le stesse caratteristiche e probabilmente anche della stessa composizione, agitando l'acido benzoico-alcol con ordinario acido solforico e scaldando lo stesso con cloruro di zinco, con acido fosforico anidro o con acido borico fuso.

L'acido borico fuso esercita sull'acido benzoico-alcol due effetti successivi: tra  $100^\circ$  e  $120^\circ$  lo trasforma nell'etere corrispondente  $C_{28}H_{14}O_2$ , a una temperatura maggiore quest'ultimo si trasforma in una sostanza resinosa  $C_{28}H_{12}$ .

Sembra che con l'acido fosforico anidro si abbia allo stesso modo questi due effetti; ma usando quest'ultimo sono stato in grado di descrivere soltanto l'idrocarburo resinoso.

L'etere che corrisponde all'acido benzoico-alcol si prepara in questa maniera. Si mescola l'acido benzoico-alcol con acido borico anidro in polvere fina fino ad ottenere un impasto, che deve essere riscaldato per un'ora in un palloncino di vetro in un bagno di olio tra  $120^\circ$  e  $125^\circ$ ; il composto si solidifica e si colora di marrone; lo si tratta con acqua in ebollizione e con una soluzione di carbonato alcalino, fino a che tutto l'acido borico non si sia disciolto. A questo punto sulla superficie del liquido galleggia un olio dal colore verde-marrone. Questo viene sottoposto a distillazione; il composto in trasformazione sotto i  $300^\circ$  contiene ancora acido borico-alcol inalterato; tra i  $300^\circ$  e il  $315^\circ$  contiene l'etere dell'acido benzoico-alcol.

Nella storta rimane ancora una certa quantità di idrocarburo resinoso, che è bagnato con l'etere dell'acido benzoico-alcol. Si cerchi di distillare l'ultima porzione di questo etere attraverso dei successivi aumenti di temperatura, così si ottengono dei prodotti di decomposizione. L'etere dell'acido benzoico-alcol è un liquido oleoso incolore, che da alcune angolazioni mostra una colorazione indaco; questo colore è presente anche ai margini dell'idrocarburo resinoso, quando questo è bagnato con l'etere dell'acido benzoico-alcol.

Questo etere bolle tra  $310^\circ$  e  $315^\circ$  e la sua analisi ha dato i seguenti risultati:

- I. 0,257 di sostanza ha dato 0,798  $CO_2$  e 0,170 HO
- II. 0,402 di sostanza ha dato 1,244  $CO_2$  e 0,264 HO
- III. 0,319 di sostanza ha dato 0,988  $CO_2$  e 0,207 HO

Questi risultati sono concordi con i numeri richiesti dalle formule  $C_{14}H_7O$  e  $C_{28}H_{14}O_2$ :

	calcolato	I	II	III
carbonio	84,848	84,683	84,371	84,468
idrogeno	7,070	7,329	7,290	7,213

L'etere dell'acido benzoico-alcol dà con l'acido solforico e con l'acido fosforico una sostanza resinosa, che probabilmente è identica a ciò che deriva dall'acido benzoico-alcol.

Se l'etere dell'acido benzoico-alcol viene riscaldato qualche grado al di sopra di 315° in un tubo chiuso, si colora del giallo dell'ambra; contiene molto poco della sostanza resinosa, olio di mandorle amare (che si può dividere per mezzo di una soluzione acquosa satura di bisolfito di sodio) e un olio leggero, che ha l'odore del toluene e come questo in una miscela fredda non si rapprende; non avevo il quantitativo sufficiente di sostanza per analizzare questa sostanza oleosa, che ritengo sia toluene  $C_{14}H_8$ .

In questa scomposizione non si libera nessun gas. Sembra quindi che la reazione si svolga come segue.

Una piccola parte dell'etere dell'acido benzoico-alcol si scompone in acqua e idrocarburo  $C_{28}H_{12}$  ( $C_{28}H_{14}O_2 = C_{28}H_{12} + 2HO$ ), la maggior parte in idruro di benzoile e toluene ( $C_{28}H_{14}O_2 = C_{14}H_6O_2 + C_{14}H_8$ ).

Questa scomposizione sarebbe analoga a quella che avviene all'etere 10 volte clorurato della serie etile attraverso il calore ( $C_8Cl_{10}O_2 = C_4Cl_4O_2 + C_4Cl_8$ ).

Probabilmente l'etere della serie etile, riscaldando maggiormente, si scompone in aldeide ed etile-idrogeno ( $C_8H_{10}O_2 = C_4H_4O_2 + C_4H_6$ ).

Nel suo trattato Liebig ha comunicato i risultati che egli ha raggiunto sui prodotti di ossidazione dell'alcol con la scomposizione dell'etere attraverso il calore; egli ottenne aldeide, acqua, un gas oleoso ( $C_4H_4$ ) e gas delle paludi ( $C_2H_4$ ). Il volume del gas oleoso era più considerevole di quello del gas delle paludi.

Quindi premettendo che una parte dell'etere si scompone in gas oleoso e acqua ( $C_8H_{10}O_2 = 2C_4H_4 + 2HO$ ), un'altra parte in aldeide ed etile-idrogeno e che l'etile-idrogeno si scompone in gas oleoso e gas delle paludi – si ha la spiegazione per l'origine dei prodotti, che Liebig ha ottenuto attraverso la scomposizione dell'etere con un forte riscaldamento; e la scomposizione dell'etere sarebbe comparabile con quella del prodotto 10 volte clorurato e con quella dell'etere dell'acido benzoico-alcol.

La scomponibilità dell'etere dell'acido benzoico-alcol mi ha impedito di calcolare la densità del suo vapore. Cercherò in seguito di analizzarla per la supposta formula  $C_{28}H_{14}O_2$  attraverso la sintesi, secondo il metodo di Williamson, e di analizzare il liquido che ho ritenuto essere toluene.

***Sull'Alcole Benzoico. Memoria del Prof. Stanislao Cannizzaro,  
Nuovo Cimento, Vol.1, pp.84-99, 1855. Estratto da p.88 a p.90***

“L'alcole benzoico è un olio scolorito, il quale refrange fortemente la luce, non esercita veruna azione sulla luce polarizzata, ed ha una densità di 1,059. Esso bolle a 204°, e distilla senza alterazione.

La sua analisi mi ha dato i seguenti risultati:

	I	II	II	IV
Materia impiegata	0,334	0,357	0,327	0,487
Acqua prodotta	0,230	0,241	0,226	0,338
Acido carbonico ottenuto	0,951	1,015	0,931	1,388

Da cui si ricava la formula  $C^{14}H^8O^2$  :

		Calcolo	Esperienza			
			I	II	III	IV
$C^{14}$	84	77,77	77,64	77,54	77,65	77,73
$H^8$	8	7,40	7,65	7,50	7,41	7,46
$O^2$	16	14,83	14,71	14,96	14,94	14,81
	108	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

La formula precedentemente ammessa per l'alcole benzoico è confermata dalla sua condensazione allo stato di vapore. Difatti ammettendo, come per altre sostanze organiche, che i suoi elementi siano condensati in 4 volumi, la densità calcolata sopra questo dato sarebbe 3,740: una prima esperienza diretta ha dato 3,852; ma siccome il liquido condensato nel pallone mostrava qualche indizio di alterazione, ho creduto conveniente di farne una seconda, la quale mi ha fornito gli appresso risultati:

Eccesso di peso del pallone pieno di vapore su quello pieno d'aria	0g,465
Volume interno del pallone misurato a + 8°	342 <sup>cc</sup>
Temperatura del vapore	245°C
Temperatura ambiente	+ 7°
Pressione	753 <sup>mm</sup>
Aria rimasta	0
Densità =3,844	

Quest'ultimo numero, come si vede, non si allontana gran fatto dal calcolo, e la piccola differenza è abbastanza spiegata dalla leggera alterazione che induce nella sostanza la elevata temperatura a cui sono stato costretto di riscaldarla, onde evitare la maggiore condensazione che ha luogo nel vapore quando, la sua temperatura si avvicina al limite della ebollizione.”

### **I calcoli di Cannizzaro per determinare la formula dell'alcole benzoico basati sulla legge degli equivalenti**

I calcoli riportati da Cannizzaro si ricostruiscono considerando le formule dell'acqua e dell'acido carbonico ed i loro pesi equivalenti, rispettivamente  $\text{HO} = 9$  e  $\text{CO}_2 = 22$  ( $\text{H} = 1$ ,  $\text{C} = 6$ ,  $\text{O} = 8$ ). La formula  $\text{C}^{14}\text{H}^8\text{O}^2 = 108$  viene proposta sulla base della determinazione della densità del vapore con il metodo di Dumas, applicando l'ipotesi di Avogadro nel contesto della legge degli equivalenti.

L'ipotesi di Avogadro nel contesto della legge degli equivalenti prevede che nelle stesse condizioni di pressione e temperatura: “se si prende per unità il volume d'un equivalente d'ossigeno, i volumi equivalenti dell'idrogeno, del cloro, del bromo, dell'iodo, dell'azoto saranno tutti rappresentati dal numero 2, quelli dell'ammoniaca, dell'acido idroclorico, idrobromico, idroiodico, e tutte le materie organiche volatili saranno rappresentati da 4.” (vedi Nota 1. Raffaele Piria, *Lezioni Elementari di Chimica Organica*, Paravia, Torino 1865, p.175).

Considerando i dati di Cannizzaro relativi alla determinazione dell'equivalente dell'alcole benzoico mediante il metodo di Dumas, e il valore della densità dell'aria riportata a condizioni normali (temperatura di  $0^\circ\text{C}$  e pressione di 760 mmHg) pari a 0,0012932 g/cc e la densità dell'idrogeno relativa all'aria pari a 0,06926 (valori riportati da Piria, in effetti  $0,08987 / 1,2929 = 0,06949$ ), possiamo scrivere

$$\begin{aligned} \text{Peso della sostanza nel pallone} &= \\ &= 0,465 + 0,0012932 \times 342 \times 753 / [760 (1 + 0,00367 \times 7)] = \\ &= 0,465 + 0,4272 = 0,892 \text{ g} \end{aligned}$$

*Il peso della sostanza nel pallone si ottiene con il seguente calcolo:*

Il peso (pallone + aria), alla temperatura di  $7^\circ\text{C}$  e alla pressione barometrica di 753 mmHg, viene sottratto al peso (pallone + sostanza), ottenuto nelle stesse condizioni di temperatura e pressione, per dare l'eccesso di peso del pallone pieno di vapore su quello pieno d'aria, ed è pari a 0,465 g. Tale valore rappresenta la differenza tra il peso della sostanza e il peso dell'aria nello stesso volume del pallone di vetro.

Il peso dell'aria (0,4272 g) è stato calcolato a partire dalla densità dell'aria a condizioni normali dopo che il volume occupato dall'aria a  $7^\circ\text{C}$  e a 753 mmHg viene anch'esso riportato a condizioni normali: si noti che

0,00367  $\approx$  1/273. Quest'ultima pesata (pallone + sostanza) viene fatta dopo che il pallone di vetro, precedentemente saldato mentre il vapore della sostanza al suo interno era mantenuto alla temperatura di 245°C, è tornato alla temperatura ambiente (7°C). Il volume geometrico del pallone pari a 342 cc è stato determinato riempiendo il pallone di mercurio metallico allo stato liquido, alla temperatura di 8°C, misurando direttamente il volume del mercurio o dal suo peso, conoscendone la densità.

Per calcolare la densità della sostanza (peso/volume) dobbiamo prima riportare il volume da essa occupato a 753 mmHg e alla temperatura di 245°C a condizioni normali

*Volume occupato della sostanza riportato a condizioni normali* =  
 $= 342 \times 753 / [760 \times (1 + 0,00367 \times 245)] = 178,4 \text{ cc}$

*Densità della sostanza relativa all'aria* =  $(0,892/178,4)/0,0012932 = 3,866$

*Densità della sostanza relativa all'idrogeno* =  $3,866/0,06926 = 55,8$

Equivalentente della sostanza =  $55,8 \times 2 = 111,6$  in ottimo accordo, come rimarcato da Cannizzaro, con il valore calcolato per la formula  $C^{14}H^8O^2$ .

### Dalla “legge degli equivalenti” alla “legge degli atomi”

Cannizzaro, nel *Sunto* pubblicato nel 1858, ed ancora nel suo intervento al primo congresso internazionale dei chimici di Karlsruhe (3-5 settembre 1860), introduce una chiara distinzione tra il concetto di molecola e quello di atomo. Cannizzaro considera valida l'ipotesi di Avogadro ed assume per l'idrogeno la formula diatomica  $H_2$ .

Appare quindi evidente come per tutte le sostanze di cui è misurabile la densità gassosa si possa facilmente calcolare il valore del peso molecolare relativo al peso dell'atomo d'idrogeno ( $H = 1$ ). Da questi valori, e dalla composizione delle sostanze ottenuta dall'analisi chimica, Cannizzaro arrivò a stabilire attraverso la “legge degli atomi” valori corretti dei pesi atomici degli atomi costituenti le molecole e le corrette formule molecolari delle sostanze.

Riportiamo il brano del *Sunto* dove viene enunciata “la legge degli atomi” ((Nuovo Cimento Vol.7, pp.321-366, 1858) alle pagine 328-331:

*... le varie quantità dello stesso elemento contenute in diverse molecole son tutte multiple intere di una medesima quantità, la quale, entrando sempre intera, deve a ragione chiamarsi atomo.*

*... La legge sopra enunciata, da me detta legge degli atomi, contiene in sé quella delle proporzioni multiple e quella dei rapporti semplici tra i volumi; il che dimostro ampiamente nella mia lezione.*

L'applicazione della legge degli atomi a scopo didattico è stata illustrata

in dettaglio in precedenti pubblicazioni [4, 5]. Mediante l'applicazione dell'ipotesi di Avogadro e della legge degli atomi Cannizzaro determinò il peso atomico di 17 elementi, il cui valore era già sicuro per 5 elementi (azoto ed alogeni). Per 5 elementi i pesi atomici erano oggetto di discussione (ossigeno, zolfo, carbonio, silicio e boro) e per altri 7 la proposta di Cannizzaro era totalmente innovativa (mercurio, stagno, titanio, zirconio, alluminio, ferro e cromo). Per mezzo dei calori specifici Cannizzaro selezionò 11 pesi atomici di cui 3 già sicuri (sodio, potassio e argento) e 8 riformati (magnesio, calcio, bario, rame, zinco, piombo, manganese e platino).

La determinazione dei pesi atomici corretti o riformati per un totale di 28 elementi da parte di Cannizzaro fu di fondamentale importanza per lo sviluppo della tavola periodica degli elementi di Mendeleev [3, 6, 7].

### **Conclusioni**

Commentando uno dei contributi più importanti di Cannizzaro alla chimica organica, la scoperta della reazione di dismutazione della benzaldeide con potassa alcolica per dare alcol benzilico e benzoato di potassio, descritto con una serie di pubblicazioni negli anni 1853-1855, abbiamo messo in luce il passaggio dalla legge degli equivalenti e dell'ipotesi di Avogadro applicata nel contesto di tale legge alla corretta applicazione dell'ipotesi di Avogadro e alla legge degli atomi, cioè la rivoluzione chimica realizzata da Cannizzaro con la pubblicazione del *Sunto* nel 1858. Tale rivoluzione ha portato ai seguenti risultati:

*definizione corretta dei concetti di molecola e atomo,*

*determinazione dei pesi molecolari e dei pesi atomici corretti per le sostanze e gli elementi,*

*determinazione delle formule molecolari corrette delle sostanze.*

Questi notevolissimi risultati forniranno le solide basi su cui saranno costruite la teoria della valenza e la determinazione delle formule di struttura delle molecole.

Non ci stancheremo mai di ricordare agli studenti di chimica che non conosciamo approfonditamente la nostra scienza se non ne conosciamo anche la storia. Dal punto di vista sia epistemologico sia didattico conoscere l'evoluzione dei concetti fondamentali della chimica ne rafforza l'immagine, la loro profonda comprensione e contribuisce allo sviluppo di una più diffusa cultura scientifica nella nostra società.

### **Ringraziamenti**

Si ringraziano: il Prof. Bruno Botta, Dipartimento di Chimica e Tecnolo-

gia del Farmaco (Sapienza Università di Roma) e il Prof. Giovanni Zappia, Dipartimento di Scienze Biomolecolari (Università degli Studi di Urbino) per l'interesse mostrato in questa ricerca e per la lettura del manoscritto; la Dott.ssa Marina Dalla Torre, responsabile della Biblioteca del Dipartimento di Chimica (Sapienza Università di Roma) per l'aiuto prestatomi nella ricerca bibliografica; la Dott.ssa Alberta Arena (XXX ciclo della Scuola di dottorato in Archeologia, Dipartimento di Scienze dell'Antichità., Sapienza Università di Roma) per la traduzione delle tre lettere di Cannizzaro pubblicate in tedesco negli *Annalen der Chemie und Pharmacie*.

### Note

(1) Possiamo comprendere il significato della frase ripresa dal manuale del Piria considerando che i volumi equivalenti riportati a condizioni normali e riferiti al volume equivalente dell'ossigeno ( $= 8/1,42895 \text{ Lequivalente}^{-1}$ ) per Dumas, Piria e Cannizzaro, sono uguali a 2 per  $\text{H}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$  e  $\text{N}_2$ , e uguali a 4 per  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$  e tutte le materie organiche volatili.

Ad esempio, per l'azoto (peso equivalente = 14) abbiamo

$$(14/1.2505) / (8/1.42895) \approx 2,$$

$$\text{per l'idrogeno } (1/0.08987) / (8/1.42895) \approx 2,$$

$$\text{per l'ammoniaca } (17/0.7714) / (8/1.42895) \approx 4.$$

Quindi per una sostanza organica

$$\begin{aligned} &(\text{peso equivalente/densità}) / (8/1.42895) = 4, \text{ da cui (peso equivalente)} = \\ &= (\text{peso molecolare}) = 4 \times (8/1.42895) \times (\text{densità sostanza}) \end{aligned}$$

Possiamo riferire la densità della sostanza all'aria e poi all'idrogeno, come fatto da Cannizzaro nel calcolo sopra riportato. Infatti possiamo scrivere

$$\begin{aligned} &(\text{peso equivalente}) = (\text{peso molecolare}) = \\ &= 2 \times (\text{densità sostanza / densità idrogeno}) = \\ &= 2 \times (1/0.08987) \times (\text{densità sostanza}) = \\ &= 2 \times (\text{densità aria}/0.08987) \times (\text{densità sostanza/densità aria}) = \\ &= 2 \times (1/0.06926) \times (\text{densità sostanza} / 1.2932) . \end{aligned}$$

### Riferimenti bibliografici

- [1] Cerruti L., *Un siciliano in Piemonte, Stanislao Cannizzaro ad Alessandria 1851-1855*, in Stanislao Cannizzaro Scienziato e Politico all'alba dell'unità d'Italia. Raccolta di memorie nel centenario della morte. A cura di A.M. Maggio e R. Zingales, pp.53-93, Aracne, 2011.
- [2] (a) Paoloni L., *I contesti della struttura molecolare*, CnS-La Chimica nella Scuola vol.3, pp.51-92, (2007). Numero Speciale dal titolo "La Storia della Chimica" a cura di Ciardi M.; (b) Dumon A., Luft R., *Naissance de la Chimie Structurale*, EDP Sciences, 2008.

[3] Scerri E.R., *The Periodic Table, Its Story and Its Significance*, Oxford University Press, 2007.

[4] Moretti G., *Avogadro, Cannizzaro e la "legge degli atomi"*. Rendiconti - Accademia Nazionale delle Scienze Detta Dei XL. Memorie di Scienze Fisiche e Naturali, vol. 127; p. 243-253, (2009).

[5] Moretti G., *Dalla "legge degli atomi" di Cannizzaro alle leggi della chimica classica*. CnS La Chimica nella Scuola, vol. 3; p. 155-169, (2010).

[6] Moretti G., Ciardi M., *Avogadro non ha mai scritto  $H_2O$  né altre formule chimiche !*. CnS La Chimica nella Scuola, vol. 3; pp.11-21, (2016).

[7] Moretti G., *The amount of substance and the mole: a historical approach to their teaching and learning*. CnS La Chimica nella Scuola, vol. 5; pp. 13-27 (2016).

# Il sogno di Giovanni. Un progetto di inquiry al Liceo

Francesca Vergine<sup>1</sup>, Liberato Cardellini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Liceo Scientifico Statale “G. Galilei”, Perugia;

<sup>2</sup>Università Politecnica delle Marche, Ancona  
effevergine@gmail.com; l.cardellini@univpm.it

## **Riassunto**

*Tutti gli insegnanti vorrebbero avere studenti che studiano sia perché ritengono importante l'apprendimento, sia perché la nuova conoscenza è utile per risolvere un problema a cui hanno piacere di partecipare. Studenti che amano le sfide, che accettano lo sforzo come mezzo per migliorare e che persistono anche quando ottengono dei risultati negativi. La buona notizia è che gli insegnanti possono avere un impatto nelle attitudini degli studenti.*

*Viene riportata un'esperienza che riguarda una classe quarta in cui il tema dell'inquinamento delle acque e più in generale della chimica ambientale, viene affrontato con un approccio investigativo. Dopo la presentazione del problema, con gli studenti sono stati formati quattro gruppi con ruoli, compiti e responsabilità precise. Le discussioni hanno contribuito a chiarire e ad arricchire la portata del progetto. Gli studenti si sono sentiti coinvolti personalmente ed hanno suggerito diversi miglioramenti. Il coinvolgimento degli studenti, già grande sin dall'inizio, è stato un continuo crescendo. Riunioni pomeridiane, uso dei social, interviste con esperti, presentazioni, prelievo e analisi delle acque del lago e soprattutto tanto interesse per la chimica.*

*Questo lavoro è stato la conferma di ciò che tutti noi insegnanti da tempo sappiamo: gli studenti si impegnano maggiormente nello studio se hanno la possibilità di approfondire problemi, anche complessi, ma stimolanti, vicini a situazioni reali e tali da permettere di confrontarsi con la vita fuori della classe. Oltre alla qualità degli studenti, l'analisi, la preparazione del progetto e la ricerca di tutte le possibili connessioni con il programma di chimica sono aspetti importanti che hanno contribuito al successo didattico di questo lavoro.*

## **Abstract**

*All teachers would like to have students that study either because they consider learning important, or because new knowledge is useful in solving a problem they like to participate in. Students who love challenges, who*

*accept the effort as a means to improve and persist even when they get negative results. The good news is that we can have an impact on students' attitudes.*

*This paper reports an experience of a fourth class where the theme of water pollution, and more generally environmental chemistry is dealt with by an investigative approach. After the presentation of the problem, four groups were formed, each group and students with roles, tasks and responsibilities. The discussions helped to clarify and enrich the scope of the project. The students felt personally involved and suggested several improvements. The involvement of the students, already great from the beginning, grew steadily in the course of the project. Afternoon meetings, use of social networks, interviews with experts, presentations, sampling and analysis of lake waters have also contributed to further develop a strong interest in chemistry.*

*This work has been a confirmation of what we already know: students are more engaged in the study if they have the opportunity to deepen their understanding of exciting – even though complex – problems. Problems close to real situations that allow them to deal with life outside the classroom. The students, the analysis, the time spent to design the project, and the search for all possible connections with the chemistry syllabus contributed to the didactic success of this work.*

## **Introduzione**

Molto spesso e in molti modi, dai media vengono riportate notizie che riguardano l'inquinamento e le sue conseguenze. Spesso gli studenti lo studiano sui libri e ne conoscono le cause, ma altrettanto spesso lo ritengono un problema lontano dal loro quotidiano, un problema delle grandi città o confinato in territori dove materiali e sostanza inquinanti e pericolose sono state interrate o smaltite in modo non adeguato. Chi come gli studenti la cui esperienza didattica è riportata in questo articolo vive in una cittadina della verde Umbria, è convinto di vivere in un contesto salubre e lontano dai problemi dell'inquinamento prodotto dalle auto, dal degrado ambientale e dall'eccesso di rumori.

Con l'idea di rendere significativo e importante l'apprendimento della chimica per gli studenti e per veicolare nell'insegnamento una consapevolezza più profonda dei problemi ambientali si è utilizzato un problema molto vicino ad un caso reale. Il progetto didattico è stato sviluppato per una quarta classe del Liceo Scientifico Statale "G. Galilei" di Perugia, composta da 24 studenti.

Il contenuto del modulo didattico utilizzato è stato deciso dall'insegnante insieme agli studenti ed è inserito nella tematica dell'inquinamento o, più in generale della chimica ambientale, ed è stato preceduto e seguito da altri

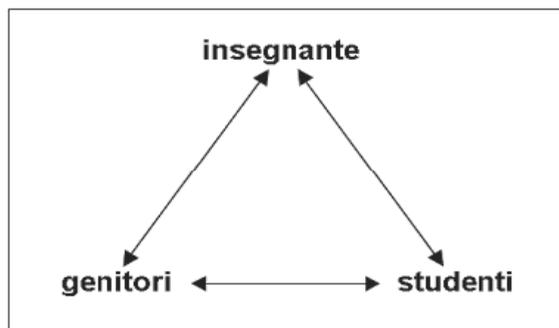
moduli, come il pH, le teorie acido-base e le titolazioni. L'insegnamento è stato condotto sia con tecniche di didattica laboratoriale che con lezioni tradizionali blended con un approccio di inquiry guidato. L'attenzione durante la lezione veniva tenuta viva con domande, richieste di spiegazioni e con brevi attività di discussione tra vicini di banco, secondo il metodo cooperative learning.

### **Una classe speciale**

Questi studenti, se confrontati con molti altri, possono essere considerati una classe sotto molti aspetti speciale. Ma non è stato sempre così. Al primo anno del Liceo sono risultati essere studenti problematici e all'inizio del secondo anno, la Dirigente in accordo con tutti gli insegnanti ha invitato i genitori a partecipare ad una assemblea con i loro figli. L'atteggiamento delle famiglie è stato molto positivo e collaborativo verso la scuola e praticamente tutti hanno mostrato interesse e di avere a cuore la preparazione dei propri figli.

Gli studenti qui considerati sono stati con la stessa insegnante (FV) per quattro anni, dal secondo al quinto Liceo. Dal secondo anno gli studenti hanno familiarizzato e spesso hanno lavorato in gruppi da due (compagni di banco) secondo il metodo cooperative learning. (Cardellini, Felder, 1999) Molti insegnanti conoscono questo metodo, ma il suo impiego nella classe ha minor successo. Questo perché per essere utilizzato in modo produttivo il cooperative learning richiede all'insegnante una conoscenza e un'esperienza tale da riuscire a far diventare interessante agli studenti il lavoro di gruppo. La ricerca ha dimostrato il valore didattico di questo metodo, che risulta essere molto utile per rendere possibile l'apprendimento attivo in classe e al contempo permette di sviluppare importanti abilità sociali. "Collaboration is important in work life, ..., and working with others provide extra motivation to students who enjoy a social dimension to learning. Collaboration also provides a valuable opportunity for students to learn from each other. Team-based learning pushes students to develop their team-work and conflict-resolution skills with teacher guidance." (Reigeluth, Karnopp, 2013, p. 30)

La collaborazione tra insegnanti, con chi dirige la scuola e contatti con i genitori sono aspetti rilevanti di un insegnato significativo. In uno studio sulla scuola Diana di Reggio Emilia, una scuola prestigiosa in cui si utilizza l'idea del ragionamento visibile, è stato affermato che "Strong, positive relationships between people lie at the heart of the Reggio Approach. The relationships between teachers and children, parents and teachers, children and parents are two-way relationships." (Thornton, Brunton, 2010, p. 14) Le interazioni vicendevoli che hanno luogo nella scuola Diana sono state schematizzate in Figura 1:



**Figura 1.** Influenze e relazioni tra studenti, insegnante e genitori.  
(Thornton, Brunton, 2010, p. 14).

Il coinvolgimento dei genitori nella motivazione e nel sostegno verso l'impegno scolastico dei propri figli è stato studiato in letteratura. Una review molto citata dagli studiosi “suggests strongly that those who wish to increase parental involvement and extend the benefits it offers must focus at least in part on the parent’s perspective in the process. Parents who believe they should be involved in their children’s education and schooling *and* who have a positive sense of efficacy about the usefulness of their involvement are likely to be involved. The most effective efforts to improve involvement must incorporate invitations that support and build these two socially constructed qualities, particularly among parents whose experiences have resulted in relatively weak role construction or efficacy.” (Hoover-Dempsey, Sandler, 1997, p. 36).

Un altro studio specifica gli aspetti positivi del coinvolgimento dei genitori nella formazione scientifica. “Parental behaviours may include (a) helping children structure their time and environment, to facilitate homework, (b) motivating their children to learn, (c) providing assistance with homework, (d) pointing out examples and applications of their children’s school learning, and (e) extending school based learning to the home or community (e.g. visits to museums). (Fleer, Rillero, 1999, p. 93) Certamente esistono delle specificità e vanno considerate, tra genitori, studenti, classi e scuole. Le conclusioni sono in generale positive: “there is evidence to support the proposition that parents involvement or family variables do have a positive impact on children’s science achievement and attitude.” (Fleer, Rillero, 1999, p. 111).

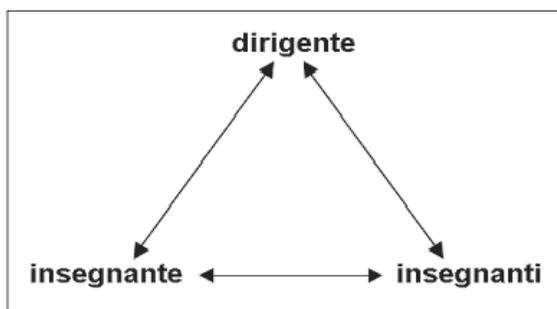
In uno studio longitudinale che si estende dalle elementari alle scuole secondarie viene dimostrato che pratiche di partnership tra scuola e famiglia possono aiutare gli insegnanti a migliorare l’abilità matematica e il livello di conoscenza degli studenti. “Schools that effectively implemented activities

that encouraged parents to participate with their children in home learning activities reported improved percentages of students who were proficient in mathematics from 1 year to the next.” (Sheldon, Epstein, 2005, p. 204) Le famiglie dovrebbero impegnare cognitivamente e affettivamente in attività di apprendimento i loro figli a casa: questo aumenterebbe la motivazione a imparare le scienze. Se la famiglia desidera “to have children willingly choose after school science-related activities science, for instance, family members should not only foster children’s science self-efficacy belief, as many existing studies have suggested, but also take action to inspire and maintain their interest.” (Sha, Schunn, Bathgate, Ben-Eliyahu, 2016, p. 468).

La famiglia influenza in modo positivo la percezione dell’auto efficacia (self-efficacy) negli studenti. “Parents who provide an environment that stimulates youngsters’ curiosity and allows for mastery experiences help to build children’s self-efficacy. In turn, children who display more curiosity and exploratory activities promote parental responsiveness.” (Schunk, Pajares, 2002, p. 18).

Anche l’ambiente scolastico e la composizione della classe influiscono sul rendimento degli studenti. Steinberg, Brown, e Dornbusch (1996) hanno monitorato studenti all’ingresso nella scuola superiore fino al loro ultimo anno e hanno scoperto che gli studenti che sono entrati nella scuola superiore con voti simili, ma con compagni di classe orientati all’impegno e alla riuscita scolastica durante le scuole superiori hanno realizzato migliori risultati rispetto agli studenti che invece hanno frequentato le scuole superiori con compagni di classe meno interessati al buon esito scolastico. Questo perché il tipo di socializzazione e l’esempio dei compagni crea un ambiente scolastico che può influenzare l’auto-efficacia del singolo e della classe.

Il progetto europeo PROFILES, (acronimo di: Professional Reflection Oriented Focus on Inquiry Learning and Education through Science) ha sempre incoraggiato la collaborazione tra gli insegnanti ed auspicato di mettere a conoscenza le famiglie rispetto a quanto si intende fare come programma, cercando di coinvolgerle nella formazione dei propri figli. Le famiglie dovrebbero incoraggiare gli studenti a studiare e a svolgere i compiti assegnati (problemi, relazioni, mappe concettuali, riassunti, temi). (Brianzoni, Cardellini, 2015) I compiti assegnati dovrebbero costituire il minimo essenziale che permette allo studente di acquisire la necessaria competenza nei nuovi argomenti. Risultati molto positivi si ottengono se le dinamiche nella scuola sono costituite da relazioni vicendevoli come illustrato in Figura 2.



**Figura 2.** Influenze e relazioni tra insegnanti e dirigente.

### **La motivazione aumenta con l'interesse**

Per avere il maggior impatto possibile nella classe è importante considerare come la motivazione e l'interesse agiscono nel coinvolgimento degli studenti nelle attività didattiche. Le conclusioni di studi fatti a questo proposito indicano in generale un declino del livello della motivazione nel tempo (Zusho, Pintrich, Coppola, 2003, p. 1093): "student engagement in school steadily declined from Kindergarten to Grade 10 where barely more than one-third of the students were actively involved." (Fullan, 2016, p. 10).

Gli studi sulla motivazione verso l'apprendimento possono essere sintetizzati in quattro principi fondamentali: "students will be more engaged in learning when they have opportunities to develop competence, autonomy, and belongingness, and when they find learning meaningful" (Turner, Fulmer, 2013, p. 147) Oltre al costrutto della motivazione, ci sono altre dimensioni da considerare per rendere importante il nostro insegnamento agli occhi degli studenti. "We believe that the goals of teaching and learning science include knowledge (cognition), emotion and motivation." (Shavelson, Ruiz-Primo, Wiley, 2005, p. 414).

La motivazione o più in generale l'atteggiamento delle persone verso gli eventi e le situazioni scolastiche è un fenomeno complesso. Però le conoscenze acquisite possono darci delle utili indicazioni in modo da mettere i nostri studenti nella situazione migliore per riuscire, tenendo sempre presente che in questo contesto i miracoli sono molto rari. Tutti gli insegnanti vorrebbero avere studenti che studiano perché ritengono importante l'apprendimento, che amano le sfide, che accettano lo sforzo come mezzo per migliorare e che persistono anche quando ottengono dei risultati negativi.

La teoria cognitiva ipotizza che la percezione della propria efficacia influenza il comportamento e viene a sua volta influenzata dall'ambiente e dal comportamento. "Students who feel more efficacious about learning should be more apt to engage in self-regulation (e.g., set goals, use effective

learning strategies, monitor their comprehension, evaluate their goal progress) and create effective environments for learning (e.g., eliminate or minimize distractions, find effective study partners).” (Schunk, Pajares, 2009, p. 36).

Albert Bandura, un’ autorità riconosciuta nello studio del comportamento umano, definisce la *Self-efficacy*, ovvero la capacità percepita per l’apprendimento o per azioni da svolgere a livelli designati come “people’s beliefs in their capabilities to mobilize the motivation, cognitive resources, and courses of action needed to exercise control over events in their lives.” (Wood, Bandura, 1989, p. 364). Corrisponde alla convinzione della possibilità di riuscire in una certa situazione e sarebbe un errore quello di evitare i compiti impegnativi, dove si rischia di fallire. Frank Pajares (2006, p. 345) afferma che “self-efficacy is not so much about learning how to succeed as it is about learning *how to persevere when one does not succeed.*” Corsivo nell’originale.

Questi aspetti della personale efficacia e fiducia nelle proprie capacità vanno considerati nel contesto del nostro lavoro nella classe. Sono necessari dei comportamenti e una disposizione dello stato d’animo che aiutino il processo di crescita dei nostri studenti. Ma per sapere cosa si dovrebbe fare in pratica può risultare utile conoscere i risultati del lavoro di Carol Dweck. Ad esempio, “The beliefs that students have about intelligence and ability can affect their sense of self-efficacy and self-esteem. ... Students who believe that a particular ability can be improved overtime come to have a higher belief in their own capabilities.” (Dweck, Master, 2009, p. 131). In un corso molto impegnativo, la sensazione di auto-efficacia degli studenti convinti che l’intelligenza sia una capacità fissa diminuiva anche se gli studenti stavano imparando, mentre cresceva per gli studenti convinti che l’intelligenza è una capacità che può essere coltivata attraverso l’apprendimento.

Le convinzioni degli insegnanti hanno anch’esse un peso nelle acquisizioni degli studenti. Dobbiamo avere fiducia nella possibilità dei nostri studenti di migliorare perché “If teachers believe that students’ ability level cannot change, there is less motivation to help students develop.” (Dweck, Master, 2009, p. 137). L’elogio non sempre aiuta gli studenti a diventare determinati verso la riuscita scolastica e l’acquisizione delle abilità. Uno studio considera due gruppi differenti di studenti: “fifth-grade students were either praised for their ability (“You must be really smart at these problems”) or for their effort (“You must have worked hard at these problems”).” (Dweck, Master, 2009, p. 134). Dovendosi confrontare con delle prove difficili, i due gruppi di studenti hanno reagito in modo diverso. “These children (recently praised for their high ability) now said that they were struggling because they lacked ability. So, rather than giving them

lasting confidence, praising ability made their confidence fragile. ... In contrast, the children who were given effort praise were overwhelming likely to choose opportunities to learn more. They wanted harder problems that they would learn from, even if it meant not looking smart.” (Dweck, Master, 2009, p. 134).

L’auto-efficacia è un modo positivo di sperimentare se stessi quando si è pienamente impegnati e si sta usando le proprie abilità al massimo, alla ricerca di qualcosa che la persona apprezza. “It is not something we give to people by telling them about their high intelligence. It is something we equip them to get for themselves – by teaching them to value learning over the appearance of smartness, to relish challenge and effort, and to use errors as routes to mastery.” (Dweck, 2000, p. 4).

Certamente l’interesse aiuta nel coinvolgimento e facilita l’impegno e l’apprendimento degli studenti. “*interest* refers to the psychological state that accompanies engagement, and it also refers to the likelihood that the learner will voluntarily return to engagement with a particular content of interest over time.” (Renninger, 2010, p. 108) “interest includes three components: knowledge, value, and affect; these exist and develop in relation to the learner’s other engagements.” (Renninger, 2010, p. 110) Esiste una relazione tra l’interesse e le altre variabili motivazionali: “Interest is always motivating and engaging; the presence of a developing interest ensures that motivation and engagement are meaningful. However, the presence of motivation and/or engagement does not necessarily indicate that a person has interest, or that engagement is meaningful.” (Renninger, Hidi, 2016, p. 71).

### **Il sogno di Giovanni**

Vediamo ora come queste variabili cognitive e motivazionali possono essere armonizzate in un coerente progetto didattico. L’insegnamento della Chimica può diventare un’avventura didattica capace di coinvolgere ed entusiasmare. Dobbiamo però spostare l’enfasi sull’apprendimento e progettare un ambiente che possa interessare gli studenti e affiancare la lezione tradizionale – in cui spesso si insegna molto e si apprende poco – con metodi che consentano di apprendere molto, magari insegnando meno.

Per offrire agli studenti maggiori opportunità per pensare in modo critico e indipendente, presentare le proprie idee originali e comunicare scienza ai compagni è stato sviluppato un progetto didattico con l’idea di raggiungere i seguenti obiettivi:

- Acquisizione di conoscenze sulle diverse forme di inquinamento chimico sul territorio e sulle loro cause.
- Potenziamento del lessico specifico.
- Progettazione di attività utili all’interpretazione di un problema complesso.

Qualche settimana prima della presentazione del progetto, l'insegnante ha stimolato la curiosità della classe alludendo e poi chiedendo l'aiuto degli studenti per risolvere un problema piuttosto delicato e complesso; quello che poi è diventato "il problema di Giovanni".

Giovanni lavora in una città metropolitana, ma coltiva il sogno di ristrutturare la grande casa del nonno materno sulla riva del lago e viverci con la sua famiglia. Fin da ragazzo, Giovanni, infatti, trascorreva le vacanze nella casa del nonno e sognava di avere un giorno una fattoria tutta sua, di godere la vita all'aperto allevando trote. Anche la moglie ne è entusiasta ed ora che entrambi sono vicini alla pensione e possono realizzare il loro sogno, hanno iniziato a progettare il loro futuro da allevatori di trote sfruttando così le opportunità offerte dalla natura.

Un giorno gli capita di leggere su una rivista, un articolo dal titolo inquietante "Laghi e fiumi sono in un mare di guai": il giornalista che aveva condotto l'indagine denunciava parecchi problemi legati all'ambiente per quanto riguarda l'inquinamento dell'acqua, sia organico che chimico. In particolare, affermava che l'accumulo di elementi come l'azoto e il fosforo era la causa del fenomeno dell'eutrofizzazione, cioè la proliferazione di alghe microscopiche che, non essendo smaltite dai consumatori primari, determinavano una maggiore attività batterica aumentando così il consumo di ossigeno, che viene a mancare ai pesci provocandone la morte.

Veniva citato uno studio in cui risultava che, tra i laghi più grandi, quelli in condizione di salute peggiore sono quello di Varese e il lago Trasimeno i quali, per quanto riguarda la superproduzione di alghe e di piante acquatiche, si trovano al terzo e al settimo posto nella graduatoria dei laghi italiani più malati.

Questa notizia ha preoccupato molto Giovanni che da tempo sperava di realizzare un'azienda che garantisse un tranquillo futuro non solo a lui e sua moglie, ma anche ai suoi figli. Giovanni e sua moglie hanno deciso di rivolgersi ad un'agenzia di ricerca ambientale per un parere tecnico: vogliono assicurarsi di investire bene i loro risparmi.

Il lago Trasimeno è conosciuto dagli studenti poiché ci passano parte delle vacanze e ci vanno a pesca; l'aspetto della familiarità è importante perché ne aumenta l'interesse. Infatti, "situational interest might provide an effective alternative for teachers who wish to optimize interest in their classrooms." (Hidi, Harackiewicz, 2000, p. 156).

### **From Sage on the Stage to Guide on the Side**

Questo è il caso che l'insegnante (FV) ha presentato agli studenti: a ciascun allievo è stata fornita una fotocopia del problema ed è stato chiesto di rifletterci e analizzarne i vari aspetti e di scegliere un aspetto che avrebbe potuto o voluto indagare. Successivamente, sulla base delle preferenze es-

presse la classe si è divisa in 4 gruppi. Ai gruppi costituitisi spontaneamente sulla base delle relazioni esistenti nella classe, è stato apportato qualche piccolo cambiamento, per rendere compatibili gli interessi nell'indagine, cercando di integrare soggetti con caratteristiche e peculiarità diverse per favorire la creazione di legami intensi e significativi all'insegna del collaborativo incoraggiamento, dell'avvalorabile sostegno e del fattivo ed indispensabile aiuto.



**Figura 3.** La rappresentazione del sig. Giovanni (Autore: Leonardo Sorbelli).

Le caratteristiche e le peculiarità dei componenti i gruppi cooperativi sono ingredienti importanti per la riuscita del lavoro di gruppo: infatti, come Teresa Amabile, una studiosa delle organizzazioni asserisce, “If you want to build teams that come up with creative ideas, you must pay careful attention to the design of such teams. That is, you must create mutually supportive groups with a diversity of perspectives and backgrounds.” (Amabile, 1998, p. 82).

Ruoli nei gruppi: ciascun gruppo ha nominato un leader, un portavoce e un segretario. Le responsabilità del leader sono quelle di pianificare le attività e garantire che tutti i membri del suo gruppo siano consapevoli dell'impegno e siano pronti a rispettarlo. Il segretario prepara brevi relazioni sugli incontri del gruppo, mantiene i contatti con tutti i membri del gruppo stesso, mentre il portavoce relaziona all'insegnante sullo stato di avanzamento dei lavori nel gruppo.

Coinvolgere gli studenti in un modo attivo è fondamentale perché “knowledge is a state of understanding and can only exist in the mind of the individual knower; as such, knowledge must be constructed – or reconstructed – by each individual knower through the process of trying to

make sense of new information in terms of what that individual already knows. ... When students are engaged in actively processing information by reconstructing that information in such new and personally meaningful ways, they are far more likely to remember it and apply it in new situations. This approach to learning is consistent with information processing theories” (King, 1993, p. 30).

Il lavoro ha richiesto circa due mesi di intenso impegno per essere completato; durante le varie fasi dei lavori il ruolo dell’insegnante è stato quello di una figura di supporto, di guida, di consigliere, e man mano che il coinvolgimento degli studenti cresceva, di una persona che sta vivendo essa stessa un percorso formativo. Nel ruolo di insegnante-coach è stato evitato di comunicare informazioni puntuali, ma si è aiutato sia a livello personale che a livello di gruppo ad organizzarsi e ad assumere progressivamente la responsabilità delle proprie attività, intervenendo nel lavoro solo quando si riteneva la qualità della discussione non era più produttiva per i membri del gruppo, cercando di fornire nuovi spunti per proseguire e continuare la ricerca. Questo lavoro, legato all’analisi di un problema ambientale tocca molto da vicino la realtà vissuta da molti degli attori coinvolti, sia perché alcuni possiedono una casa sul lago Trasimeno e molti lo frequentano, specialmente durante la stagione calda; questa componente affettiva ha stimolato gli studenti ad assumere un ruolo attivo, a formulare domande e cercare soluzioni andando oltre l’apprendimento mnemonico. Questa specifica situazione genera l’interesse: “Situational interest is used to describe interest that is generated primarily by certain conditions and/or concrete objects in the environment.” (Krapp, Hidi, Renninger, 1992, p. 8).

La natura complessa del progetto, l’eterogeneità dei gruppi, anche come dislocazione fisica nel territorio e la necessità di comunicare tra loro e con l’insegnante, ha portato inevitabilmente all’utilizzo degli strumenti tecnologici per raccogliere informazioni, agevolando la pianificazione del lavoro, la collaborazione con gli altri componenti del gruppo e la realizzazione del progetto stesso.

Nel primo incontro ciascun gruppo riconsidera l’aspetto del problema che ha preso in esame, ne condivide l’obiettivo e divide le aree di ricerca e il lavoro tra i membri. I gruppi presentano report provvisori settimanali all’insegnante in cui avanzano dubbi e formulano richieste per la prosecuzione dei lavori. Alla data prefissata ciascun gruppo dovrà presentare il report finale del proprio lavoro con le conclusioni trovate. Nel caso del sig. Giovanni i gruppi si sono organizzati nel modo che segue.

### **Organizzazione del lavoro**

I compiti sono stati definiti e suddivisi tra i gruppi facendo in modo che ciascun aspetto del problema fosse preso in considerazione nell’ambito delle

possibilità degli studenti e dei limiti temporali permessi dal programma scolastico.

**Tabella 1.** Compiti e responsabilità dei quattro gruppi cooperativi.

Gruppo	Definizione del problema	Obiettivi del gruppo di lavoro	Planning organizzativo
1	Esaminare l'acqua del Trasimeno facendo dei prelievi e analizzandoli in laboratorio. Confrontare i nostri dati con quelli pubblicati dall'ARPA-Agenzia Regionale Per la Protezione ambientale dell'Umbria.	Quali sono gli elementi chimici normalmente presenti nell'acqua? Su quali parametri chimico-fisici un'acqua è giudicata inquinata?	Ricerca bibliografica sulla valutazione della qualità delle acque di un lago. Ricerca bibliografica sulle tecniche e sugli strumenti utili a svolgere una valutazione di qualità delle acque del Trasimeno. Ricerca di informazioni sul territorio. Analisi delle informazioni e risposta al problema.
2	Valutare la qualità ambientale del territorio del lago Trasimeno.	Ricerca indicatori di qualità ambientale. Valutare la consistenza di questi parametri nei dintorni del lago Trasimeno.	Ricerca bibliografica sulla valutazione della qualità dell'ambiente e delle sue risorse. Ricerca bibliografica sulle tecniche e gli strumenti utili a svolgere una valutazione di qualità ambientale. Ricerca di informazioni sul territorio. Analisi delle informazioni e risposta al problema.
3	Quale difficoltà rappresenta l'eutrofizzazione del lago Trasimeno per un allevamento ittico? Esistono delle specie ittiche meno sensibili al fenomeno dell'eutrofizzazione?	Identificare la redditività di un allevamento per le carni e per la pesca sportiva. Identificare la specie più adeguata per l'allevamento a fini commerciali e/o produttivi presso il lago Trasimeno.	Ricerca bibliografica sulle specie di pesci lacustri. Ricerca bibliografica sui fenomeni eutrofici. Analisi e definizione di possibili soluzioni al problema dell'eutrofizzazione. Analisi della miglior soluzione su allevamento per le carni o per la pesca sportiva. Identificazione delle specie per l'allevamento.
4	Eutrofizzazione del lago Trasimeno: mezzi di depurazione con relativi costi.	Ricerca documentazione utile per valutare le dinamiche degli inquinanti. Analizzare la possibilità e i costi di un impianto di fitodepurazione delle acque del lago Trasimeno prospettando la proprietà del sig. Giovanni.	Ricerca bibliografica sui cicli biochimici degli inquinanti. Ricerca bibliografica sulle tecniche di fitodepurazione degli specchi di acque dolci. Ricerca di informazioni sul territorio. Analisi dei possibili scenari risolutivi. Risposta al problema.

I campioni di acqua del lago Trasimeno prelevati dal gruppo responsabile del campionamento (La scienziata) sono stati analizzati in laboratorio. I risultati della determinazione dell'ossigeno disciolto ottenuti in laboratorio sono simili ai dati ottenuti dall'A.R.P.A. della Regione Umbria (circa 12 mg/L) e indicano il buono stato ecologico del lago.



**Figura 4.** Determinazione dell'ossigeno disciolto col metodo di Winkler: riduzione dell' $O_2$  con  $Mn^{2+}$  e titolazione iodometrica.

### **Lavoro a scuola**

Nella fase iniziale dell'analisi del problema e durante lo svolgimento del progetto gli studenti spesso dovevano constatare di non possedere le necessarie conoscenze e informazioni. Questa consapevolezza li ha maggiormente coinvolti nel processo formativo sia umano che scolastico. Dal confronto e su suggerimento dell'insegnante hanno studiato, svolto ricerche bibliografiche e interviste con esperti.

**Tabella 2.** Attività specifiche dei gruppi

Gruppo	Attività	Compito
1	Uscita sul Lago Trasimeno e raccolta delle acque da zone differenti.	Valutazione della trasparenza Valutazione del pH. Valutazione dell'O <sub>2</sub> disciolto con il metodo di Winkler. Analisi colorimetriche per la valutazione del ferro, dei fosfati e dei nitrati. Determinazione della durezza.
2	Studio della qualità ambientale mediante indicatori biologici.	Ricerca bibliografica sugli indicatori biologici. Intervista alla prof.ssa R. Pascolini del Dip. di Biologia cellulare ed Ambientale, che si occupa dei bioindicatori.
3	Valutazione dell'esistenza di specie ittiche meno sensibili al fenomeno dell'eutrofizzazione.	Ricerca bibliografica sulle specie di pesci lacustri. Intervista al prof. M. Lorenzoni, coordinatore del Laboratorio Ittico del Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia.
4	Studio del problema dell'eutrofizzazione del lago Trasimeno: mezzi di depurazione e valutazione dei relativi costi.	Ricerca bibliografica sul fenomeno dell'eutrofizzazione. Ricerca bibliografica sui più comuni impianti di fitodepurazione.



**Figura 5.** La scienziata e l'ispettore: figure realizzate per “Il sogno di Giovanni” (Autore: Leonardo Sorbelli). Due dei quattro personaggi rappresentanti i quattro gruppi cooperativi.

### **Specie ittiche presenti nel lago Trasimeno**

Il lago Trasimeno, di origine tettonica-alluvionale, è situato ad una quota di 256 m s.l.m. e presenta una superficie di 118 km<sup>2</sup>, attualmente con una profondità massima di 4,5 m circa. Le acque del lago sembrano pulite, ma spesso le alterazioni della qualità dell'acqua sono temporanee e saltuarie: la sua ampia superficie e la scarsa profondità influenzano in modo determinante il trofismo e le condizioni ambientali. Una profondità così modesta, infatti, determina un continuo rimescolamento delle acque ad opera dei venti, non permettendo una vera stratificazione termica. Inoltre, il livello delle acque è molto variabile ed è strettamente connesso sia con l'alto tasso di evaporazione, favorito dall'ampia superficie, che con le precipitazioni

Ma evidenze sperimentali confermano che il Lago Trasimeno è solo apparentemente salubre: difatti negli ultimi decenni si è assistito ad un rapido declino, dal 70% al 30%, delle popolazioni di molte specie di anfibi, principalmente Anuri (Rane, Rospi, Raganelle, ecc.) con gravi ripercussioni sull'ecosistema lacustre. La progressiva scomparsa delle rane, che come sappiamo sono insettivori, ha causato nell'intera fascia rivierasca del Lago Trasimeno, negli ultimi anni, intensi sfarfallamenti di Ditteri-Chironomidi, che provocano forti disagi ai residenti e al comparto turistico.

Le rane, come descrittori biologici, o meglio la loro sensibile diminuzione, indica una situazione complessiva dell'ecosistema lacustre piuttosto preoccupante. La diminuzione delle precipitazioni ha causato un eccessivo riscaldamento delle acque del lago e, quando in estate le temperature raggiungono i 30°C, alcune specie come le trote muoiono. Ecco perché un allevamento di trote sarebbe per il sig. Giovanni un pessimo investimento. Oltretutto, questo aumento di temperatura favorisce lo sviluppo di flora nel fondale, flora che alimenta ancor di più il fenomeno rendendo le acque torbide, in questo modo la vita dei pesci predatori è più difficile, in quanto ostacolati nella caccia.

Il gruppo degli ispettori ha raccolto informazioni sulle specie ittiche presenti nel lago Trasimeno e sulla loro sensibilità all'inquinamento. Queste informazioni sono necessarie per poter rispondere alla domanda rilevante per il progetto: esistono delle specie in grado di sopportare meglio l'eutrofizzazione del lago? Il luccio è un pesce predatore: il suo habitat preferito è rappresentato dalle acque lente e ricche di vegetazione (come i grandi laghi, i canali e i fiumi). Attualmente sta diventando sempre più raro a causa dell'inquinamento e della pesca. L'anguilla presenta un corpo serpentiforme, la cui lunghezza può raggiungere i 140 cm. L'anguilla è attiva principalmente di notte e si nutre delle specie che popolano il fondo (crostacei, vermi ed altri invertebrati) e anche di pesci.

Il cavedano ha il corpo robusto, fusiforme e slanciato; sembra risentire poco dell'inquinamento. Tollera anche acque lievemente salmastre. La carpa

è onnivora: si ciba delle specie che vivono sul fondo (invertebrati in genere, larve di insetto, molluschi, e talvolta anche piccoli pesci) di vegetali (alghe, piante acquatiche). Inoltre è estremamente resistente e tollerante, tanto da riuscire a vivere in acque povere di ossigeno. Il carrasio e il pesce gatto sono specie esotiche introdotte dall'uomo.

Il persico reale è un pesce di taglia media: ha una grande flessibilità adattativa. Vive in ambienti diversificati, è presente in laghi e fiumi e s'incontra anche in acque a bassa salinità. L'alborella raggiunge una lunghezza di 10-12 cm. In ambienti lacustri di piccole dimensioni è ubiquitaria e ha un buon valore economico. La tinca ha un corpo tozzo, coperto da piccole squame, con grosse pinne carnose. Pesce onnivoro, si nutre di organismi bentonici e vegetali, soprattutto in orari notturni. È un pesce dalle carni apprezzate, preda di pescatori sportivi e non, nonché oggetto di allevamento in acquacoltura.

Il gruppo ha presentato queste informazioni al resto della classe e gli studenti sono stati coinvolti in una discussione per stabilire la specie da scegliere per il centro ittiogenico per la riproduzione e per l'allevamento. Sostenuti dalle notizie ricevute dall'intervista al prof. Massimo Lorenzoni, la scelta è caduta sulla tinca. Questo perché è una specie autoctona e vive bene anche in acque calde. La tinca ha anche bisogno di fondali melmosi in quanto in inverno vi si rifugia sia per combattere le basse temperature che per alimentarsi di benthos; comunque essendo onnivora, la tinca si adatta bene anche al mangime.

Alla fine del progetto, gli studenti più esperti sull'uso delle tecnologie informatiche hanno sviluppato un filmato di presentazione della loro proposta del centro ittiogenico per la riproduzione e per l'allevamento della tinca:



**Figura 6.** Il progetto del “centro ittiogenico per la riproduzione e per l'allevamento”. Online at: <https://youtu.be/7NVmv9XAWv8>.

Oltre a stabilire la specie ittica più conveniente da allevare, gli studenti hanno acquisito i dati necessari per fare una valutazione economica dei costi per la bonifica del lago e del costo per il progetto dell'allevamento delle tinche. Il gruppo responsabile della depurazione delle acque ha studiato la fattibilità e i costi dell'impianto di depurazione delle acque reflue.

Avvalendosi dei studi e della proposta innovativa contenuti nella tesi di laurea dell'ing. Giorgio Puppo, dell'Università di Genova "Rimozione dei nutrienti da acque di scarico civile mediante processi di fitodepurazione", il gruppo ha proposto e presentato alla classe l'utilizzo della fitodepurazione.

La fitodepurazione è un processo naturale per depurare le acque reflue che utilizza le piante come filtri biologici in grado di ridurre le sostanze inquinanti in esse presenti. La fitodepurazione è un'alternativa che rispetta l'ambiente e che si rivela vantaggiosa anche dal punto di vista economico (rispetto ad un depuratore tradizionale consente un notevole risparmio di energia elettrica).

Il gruppo ha anche presentato una stima dei costi del progetto, suddivisi in costi di impianto (Acquisto delle aree; Realizzazione dell'impianto; Avvio dell'impianto), costi di gestione ordinaria (Manutenzione dell'area verde; Analisi di laboratorio dei principali parametri di inquinamento; Manutenzione tecnica e programmata delle componenti elettromeccaniche; Smaltimento dei fanghi primari; Consumo di energia elettrica; Controllo delle erbe infestanti nel processo depurativo; Sfalci delle macrofite) e costi di gestione straordinaria (Rigenerazione del substrato di riempimento per la perdita della funzionalità; Sostituzione delle componenti elettromeccaniche; Pulizia periodica delle componenti soggette ad intasamento).

Nel dibattito nella classe emerge una soluzione sufficientemente contenuta nei costi e negli spazi e che risponde sia ad esigenze commerciali (alimentazione e attività sportiva) che ambientali (ripopolamento del lago). L'impianto proposto prevede una nursery per la schiusa delle uova; i giovani avannotti saranno trasferiti in vasche di allevamento sino al peso di circa 300 g e destinati al mercato alimentare.

Alcuni esemplari saranno fatti crescere e sfruttati per la riproduzione e per il ripopolamento della specie, in quanto nel lago Trasimeno (e nei laghi chiusi in generale) le specie devono continuamente essere reintrodotte altrimenti andrebbero a scomparire. La Regione Umbria stanZIA annualmente un rimborso per chi contribuisce al ripopolamento del Trasimeno con specie autoctone. Gli esemplari più vecchi saranno destinati alla pesca sportiva.

### **Valutazione formativa**

Per un siffatto progetto complesso e articolato è stato pensato un conseguente sistema di valutazione formativa che aiutasse e valorizzasse la

crescita umana e conoscitiva e le nuove abilità acquisite nel processo. Si è seguita l'idea di utilizzare delle griglie di valutazione che favorissero sia la crescita umana che quella scientifica. Gli studenti sono stati informati preventivamente sia delle modalità di valutazione della prova che della sua finalità e hanno potuto prendere visione delle schede di valutazione predisposte. L'intento era quello di attivare quei processi di autovalutazione che consentano agli studenti di individuare i propri punti di forza e di debolezza e quindi migliorare il proprio rendimento scolastico. Per la valutazione del profitto degli studenti sono state adottate delle tabelle per tutte le fasi del progetto.

**Tabella 3.** Valutazione del gruppo di lavoro

Gruppo n. ....					
Nome	Rispetto delle consegne nel lavoro individuale	Attenzione prestata al lavoro dei compagni	Rispetto delle consegne e dei tempi nel lavoro di gruppo	Autonomia nell'organizzazione del lavoro	Capacità di relazione nel gruppo

### **Valutazione dei report.**

I report dell'attività di gruppo (intermedi e finale), sono stati valutati in base a criteri qualitativi predeterminati con l'attribuzione di un peso uguale per tutti i suoi componenti, secondo i seguenti punteggi da 1 a 3:

1. il report rappresenta l'esame dei punti fondamentali della ricerca (punteggio = 1);
2. il verbale rappresenta l'esame dei punti fondamentali della ricerca, raccoglie i contributi del gruppo ed evidenzia le idee assunte (punteggio = 2);
3. la relazione illustra l'esame dei punti fondamentali della ricerca, raccoglie i contributi di ciascun componente il gruppo ed evidenzia le idee valutate e quelle fatte proprie (punteggio = 3).

Per la valutazione del report finale del gruppo si è ritenuto essenziale individuare degli indicatori di valutazione del prodotto che si riferiscono a categorie più generali riconducibili a diverse dimensioni dell'intelligenza: cognitiva, pratica, relazionale-comunicativa (Gardner, Hatch, 1989, Gardner, 2011).

Si ritiene che possano essere esempi di indicatori adatti a molte categorie di prodotti cognitivi i seguenti:

1. proprietà nell'uso del linguaggio tecnico specifico e correttezza della lingua (cognitiva);
2. pertinenza, funzionalità e applicabilità della proposta elaborata rispetto alla complessità della situazione descritta (pratico-organizzativa);
3. equilibrio efficienza/efficacia; costo/beneficio; prezzo/qualità (cognitiva-pratica);
4. chiarezza e completezza nella definizione della proposta (relazionale-comunicativa).
5. capacità di comunicare e presentare la propria parte del lavoro.

Ognuna delle cinque dimensioni è stata valutata su una scala da 1 (appena sufficiente) a 3 (ottimo).

### **Eccellenza.**

Il riconoscimento di eccellenza può essere attribuito secondo un apprezzamento di tipo qualitativo che tenga conto della presenza/assenza nella prova delle seguenti dimensioni, al massimo livello:

1. Pertinenza, accuratezza, originalità della soluzione proposta.
2. Capacità argomentativa, riflessiva e critica.

### **Post test**

La valutazione del progetto è stata fatta dagli studenti utilizzando un questionario e il risultato è stato oltremodo positivo al punto che non sarebbe eccessivo definire entusiastico.

Gruppo n.....Nome .....

Hai letto "Il problema di Giovanni?" SI NO

Ti ha incuriosito? SI NO UN PO'

QUALI CONOSCENZE POSSEDEVI SULL'ARGOMENTO?

.....  
.....  
.....

QUALE RUOLO HAI RICOPERTO NEL GRUPPO?

1. Leader
2. Verbalizzatore
3. Portavoce
4. Responsabile della raccolta delle informazioni in

1. INTERNET
2. BIBLIOTECA
3. ARTICOLI DA RIVISTE
4. INTERVISTE AD ESPERTI
5. ALTRO .....

La tematica affrontata nel progetto ti è sembrata:

1. poco rilevante;
2. molto rilevante.

Il metodo di insegnamento/apprendimento utilizzato ti è sembrato:

1. stimolante ma poco efficace;
2. stimolante e molto efficace;
3. poco stimolante e poco efficace;
4. poco stimolante e molto efficace.

Il metodo di insegnamento/apprendimento ha incontrato il tuo stile di apprendimento (possibile più di una risposta):

1. sì;
2. no;
3. è stata una esperienza nuova che ripeterai;
4. è stata una esperienza nuova ma che non ripeterai;
5. non è stata una esperienza nuova.

L'esperienza fatta in termini di apprendimento **ha/non ha** modificato le tue precedenti conoscenze in modo da incidere sul tuo metodo di studio;

Come ti sei sentito durante questa esperienza (possibile più di una risposta):

1. a mio agio;
2. a disagio;
3. in ansia;
4. in competizione;
5. con paura di sbagliare;
6. attivo;
7. passivo.

Riflessioni e proposte

.....  
.....  
.....

### **Benefici e sfide**

L'insegnante ha posto molta attenzione nel non mortificare i suggerimenti e le proposte che venivano dagli studenti, che a volte potevano sembrare fuori luogo. Chiedendo invece le ragioni ha cercato di portare alla luce i

ragionamenti che li originavano. Sono state lodate le osservazioni pertinenti e qualche suggerimento che andava oltre quanto l'insegnante aveva pianificato per il progetto. Tutto questo per cercare di valorizzare la creatività e le idee originali che provenivano dagli studenti, perché "When I consider all the organizations I have studied and worked with over the past 22 years, there can be no doubt: creativity gets killed much more often than it gets supported." (Amabile, 1998, p. 77)

Una parte del successo di questo progetto è da attribuire al metodo didattico utilizzato. È stato già detto del lavoro in gruppi cooperativi e dei ruoli e delle responsabilità individuali. Gli studenti hanno condotto un'indagine secondo dei criteri coerenti con il metodo IBSE (Inquire Based Science Education). Infatti, il processo a cui gli studenti hanno partecipato include i cinque aspetti essenziali dell'inquiry: (Minner, Jurist Levy, Century, 2010, p. 476)

- (1) Learners are engaged by scientifically oriented questions.
- (2) Learners give priority to evidence, which allows them to develop and evaluate explanations that address scientifically oriented questions.
- (3) Learners formulate explanations from evidence to address scientifically oriented questions.
- (4) Learners evaluate their explanations in light of alternative explanations, particularly those reflecting scientific understanding.
- (5) Learners communicate and justify their proposed explanations.

Si è voluto anche seguire la filosofia del Problem-based learning (PBL). Il PBL è un metodo di insegnamento dove l'apprendimento degli studenti avviene mentre risolvono un problema autentico. (Marra, Jonassen, Palmer, Luft, 2014) Certamente per gli studenti coinvolti in questo progetto, la complessità e i molti aspetti da considerare hanno costituito un problema reale e la parte di analisi delle acque una parte significativa del programma scolastico. L'apprendimento basato sui progetti viene definito come "using authentic, real-world projects, based on a highly motivating and engaging question, task, or problem, to teach students academic content in the context of working cooperatively to solve the problem" (DuVivier, Logan Patitu, Stover, 2017, p. 331) In questi modi innovativi d'insegnare, come fonti di informazioni e feedback, oltre all'insegnante ci si avvale anche di esperti. (Larmer, Mergendoller, 2010)

I benefici ottenuti con l'adozione di questo metodo di apprendimento sono stati numerosi: quando gli studenti sono attivamente impegnati e responsabilizzati a condurre in prima persona il loro apprendimento, migliorano le capacità di ricerca e di osservazione, rispetto a ciò che accade nelle lezioni tradizionali; inoltre la necessità di lavorare in gruppo, insegna loro a collaborare, ad ascoltarsi, a comunicare, a darsi delle spiegazioni

l'uno con l'altro nella consapevolezza di essere ciascuno parte di un sistema più complesso. Il mercato del lavoro è alla ricerca di personale qualificato, in grado di mettere in pratica quanto appreso teoricamente, ma soprattutto in grado di raggiungere obiettivi lavorando in equipe. Proprio il metodo cooperativo, associato ad un processo di investigazione può essere lo strumento necessario per sviluppare queste competenze e per coinvolgere attivamente gli studenti. È anche vero che le sfide da superare sono molte: l'apprendimento per problemi in un processo di investigazione richiede molto tempo sia per l'organizzazione che per la gestione. Questo spiega in parte perché molti docenti preferiscono attenersi alla tradizionale maniera di insegnare piuttosto che impegnarsi a sperimentare una didattica alternativa.

L'interdisciplinarietà sarebbe un presupposto importante per avere un maggiore impatto sulla formazione degli studenti, coinvolgerli attivamente e aumentare il loro interesse verso la scuola, ma molti insegnanti ritengono ciò un cambiamento troppo "audace" rispetto al metodo tradizionale monodisciplinare: ciò disorienta gli studenti che, non essendo abituati a costruire il proprio percorso di apprendimento, hanno delle difficoltà quando gli viene richiesto loro di farlo. In realtà operare per problemi, non deve né può significare abbandonare tutto quanto tradizionalmente fatto e studiato nella scuola; il patrimonio didattico di base di ciascun insegnante rappresenta una risorsa, un terreno di innesto del processo di cambiamento, di crescita e di trasformazione che accompagna l'evoluzione del docente e del discente.

Rispetto all'uso di problemi basati su un contesto familiare vogliamo riportare alcune domande, poste da chi ha sviluppato moduli didattici per il progetto *Chemie im Kontext*: "When attitudes, beliefs, interests, and motivational aspects such as goal orientation are considered as preconditions and starting points for learning in a similar way as pre-knowledge and daily-life concepts, how do they interact or interfere with those cognitive variables?" e "How can learning modules be successfully designed in a way that addresses both affective and cognitive preconditions in order to improve student understanding and to raise students' interest, motivation, and attitudes related to the content?" (Menthe, Parchmann, 2015, p. 64)

Senza pretendere di dare risposte esaustive a queste domande, possiamo concludere ricordando che per gli studenti "il problema di Giovanni" è stata una sorta di avventura didattica e un'esperienza di apprendimento molto positiva, come hanno anche dimostrato i risultati raggiunti all'esame di stato e il successo conseguito nei successivi studi all'università.

## **Bibliografia**

T. Amabile, How to kill creativity, *Harvard Business Review*, 1998, September, 77-87.

V. Brianzoni, L. Cardellini, Il progetto europeo PROFILES e il suo impatto in Italia. *La Chimica nella Scuola*, 2015, **37** (3), 37-58.

- L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo: un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti, *La Chimica nella Scuola*, 1999, **21** (1), 18-25.
- R. DuVivier, C. Logan Patitu, S. Stover, Students' Learning Experiences in Project-Based Learning (PtBL): With Pain Comes Gain. In C. Zhou, (Ed.), *Handbook of Research on Creative Problem-Solving Skill Development in Higher Education* (pp. 329-350). Information Science Reference, Hershey PA, 2017.
- C. S. Dweck, *Self-theories: Their role in motivation, personality, and development*. Psychology Press, New York, 2000.
- C. S. Dweck, A. Master, Self-theories and motivation: Students' beliefs about intelligence. In K. R. Wentzel, A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation at school* (pp. 123-140), Routledge, New York, 2009.
- M. Fleer, P. Rillero, Family involvement in science education: What are the outcomes for parents and students, *Studies in Science Education*, 1999, **34**, 93-114.
- M. Fullan, Developing humanity. Education's emerging role. *Principal Connections*, 2016, **20** (2), 10-12.
- H. Gardner, *Frames of mind. The theory of multiple intelligences*. Basic Books, New York, 2011.
- H. Gardner, T. Hatch, Multiple intelligences go to school: Educational implications of the theory of multiple intelligences, *Educational Researcher*, 1989, **18**, (8), 4-10.
- S. Hidi, J. M. Harackiewicz, Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21st century, *Review of Educational Research*, 2000, **70** (2), 151-179.
- K. V. Hoover-Dempsey, H. M. Sandler, Why do parents become involved in their children's education?, *Review of Educational Research*, 1997, **67** (1), 3-42.
- A. King, From sage on the stage to guide on the side, *College Teaching*, 1993, **41** (1), 30-35.
- A. Krapp, S. Hidi, K. A. Renninger, Interest, learning, and development. In K. A. Renninger, S. Hidi, A. Krapp, (Eds.), *The role of interest in learning and development* (pp. 3-25). Psychology Press, New York, 2015.
- J. Larmer, J. R. Mergendoller, Seven essentials for project-based learning, *Educational Leadership*, 2010, **68** (1), 34-37.
- R. Marra, D. H. Jonassen, B. Palmer, S. Luft, Why problem-based learning works: Theoretical foundations. *Journal on Excellence in College Teaching*, 2014, **25** (3&4), 221-238.
- J. Menthe, I. Parchmann, Getting involved: Context-based learning in Chemistry education. In M. Kahveci, M. Orgill (Eds.), *Affective dimensions in Chemistry education* (pp 51-67). Springer, Heidelberg, 2015.
- D. D. Minner, A. Jurist Levy, J. Century, Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002, *Journal of Research in Science Teaching*, 2010, **47** (4), 474-496.

- F. Pajares, Self-efficacy during childhood and adolescence: Implications for teachers and parents. In F. Pajares, T. Urdan (Eds.), *Self-efficacy beliefs of adolescents* (pp. 339-367). Information Age Publishing, Greenwich, CT, 2006.
- C. M. Reigeluth, J. K. Karnopp, *Reinventing schools. It's time to break the mold*, Rowman & Littlefield Education, Lanham, MD, 2013.
- K. A. Renninger, Working with and cultivating the development of interest, self-efficacy, and self-regulation. In D. D. Preiss, R. J. Sternberg (Eds.), *Innovations in educational psychology: perspectives on learning, teaching, and human development* (pp. 107-138). Springer, New York, 2010.
- K. A. Renninger, S. E. Hidi, *The power of interest for motivation and engagement*. Routledge, New York, 2016.
- L. Sha, C. Schunn, M. Bathgate, A. Ben-Eliyahu, Families support their children's success in science learning by influencing interest and self-efficacy, *Journal of Research in Science Teaching*, 2016, **53** (3), 450-472.
- R. J. Shavelson, M. A. Ruiz-Primo, E. W. Wiley, Windows into the mind, *Higher Education*, 2005, **49** (4), 413-430.
- D. H. Schunk, F. Pajares, The development of academic self-efficacy. In A. Wigfield & J. Eccles (Eds.), *Development of achievement motivation* (pp. 15-31). Academic Press, San Diego, 2002a.
- D. H. Schunk, F. Pajares, Self-efficacy theory. In K. R. Wentzel, A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation at school* (pp. 35-53). Routledge, New York, 2009.
- S. B. Sheldon, J. L. Epstein, Involvement counts: Family and community partnerships and mathematics achievement, *The Journal of Educational Research*, 2005, **98** (4), 196-206.
- L. Steinberg, B. B. Brown, S. M. Dornbusch, *Beyond the classroom: Why school reform has failed and what parents need to do*, Simon & Schuster, New York, 1996.
- L. Thornton, P. Brunton, *Bringing the Reggio Approach to your Early Years Practice*, 2nd Ed., Routledge, New York, 2010.
- J. C. Turner, S. M. Fulmer, Observing interpersonal regulation of engagement during instruction in middle school classrooms. In S. Volet, M. Vauras (Eds), *Interpersonal Regulation of Learning and Motivation* (pp. 147-169). Routledge, New York, 2013.
- R. Wood, A. Bandura, Social cognitive theory of organizational management. *Academy of Management Review*, 1989, **14** (3), 361-384.
- A. Zusho, P. R. Pintrich, B. Coppola, Skill and will: the role of motivation and cognition in the learning of college chemistry. *International Journal of Science Education*, 2003, **25** (9), 1081-1094.



Gruppo Nazionale di Fondamenti e  
Storia della Chimica

## Giulio Natta, all'epoca dei fatti

Un inserto storico nei programmi di chimica

Emanuele Penocchio<sup>1</sup>

Dottorando presso la Scuola Normale Superiore di Pisa  
emanuele.penocchio@gmail.com

### **Riassunto**

*La storia della chimica trova poco spazio nei programmi didattici e nei libri di testo, dove ci si limita a citare qualche data o a fornire un mero ordine cronologico delle scoperte. Contestualizzare l'attività scientifica nell'opportuno periodo storico può però dimostrarsi uno strumento educativo imprescindibile qualora si voglia mettere in luce la complessità dell'impresa scientifica nella sua totalità. La vicenda di Giulio Natta, tutt'ora unico italiano a ricevere il premio Nobel per la chimica, è emblematica in tale senso e viene qui riportata in chiave storica.*

### **Abstract**

*There is little room for the history of chemistry in syllabuses or textbooks, where often just a few dates are reported, together with a brief chronological order of the discoveries. Contextualizing scientific activity in the proper historical period could be an invaluable educational tool in order to shed light on the complexity of the whole scientific enterprise. The life story of Giulio Natta, still the only Italian who was awarded the Nobel Prize in chemistry, is emblematic of this claim and is here reported from a historical perspective.*

*Non so che viso avesse, neppure come si chiamava*  
[...]

*Conosco invece l'epoca dei fatti, qual era il suo mestiere*

(F. Guccini, "La locomotiva", *Radici*, 1972)

---

1. Il Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica propone ai lettori di CnS questo contributo del socio Emanuele Penocchio (1992). Emanuele ha conseguito la laurea triennale in Chimica e Chimica dei Materiali all'Università di Bologna nel 2014. Nel 2016 ha discusso presso l'Università di Pisa una tesi magistrale in spettroscopia computazionale riguardante gli aspetti vibro-rotazionali di sistemi molecolari. Attualmente è dottorando alla Scuola Normale e si interessa degli aspetti termodinamici dei sistemi chimici fuori equilibrio, motori molecolari in particolare.

## **Introduzione**

Gli scienziati sono ben diversi dagli eroi. In particolare da quelli che canta Guccini, di cui ignoriamo viso e nome, ma di cui conosciamo bene mestiere e contesto storico. Degli scienziati invece capita spesso di avere familiarità con i nomi – magari perché un parente abita in Largo Bruno Pontecorvo o perché compriamo una lampadina da 100 Watt – e pure con i visi, quasi mai “giovani e belli”, in alto a destra nelle pagine di Wikipedia. Chi ha fatto studi di tipo tecnico-scientifico e ancora non ne ha dimenticato i contenuti riesce magari a collegare ai nomi una teoria o una scoperta, mentre chi con la scienza ci lavora ha probabilmente un'ottima conoscenza dei singoli contributi apportati nel proprio settore dai diversi personaggi.

In ogni caso, è raro che alla figura di uno scienziato venga associata “l'epoca dei fatti”.

Il motivo di ciò è che, nei programmi didattici delle scuole superiori, le materie scientifiche sono affrontate da un punto di vista che privilegia – in parte ragionevolmente – risultati, teorie e metodi consolidati. Le biografie e le storie degli scienziati sono a volte presentate, ma nella stragrande maggioranza dei casi queste nozioni giocano il ruolo di curiosità marginali, relegate nei testi in *box* che durante lo studio individuale si possono tranquillamente “saltare”. Talvolta, però, questo atteggiamento nei confronti della storia della scienza porta a perdere importanti occasioni per ricucire quella dannosa dicotomia tra materie scientifiche e materie umanistiche, che lo studente italiano di oggi percepisce come scollegate, quasi come se la scienza non fosse da classificare come attività umana – e umanizzante. Questo articolo vuole dare un esempio di come, attraverso l'approfondimento delle vicende di vita di un grande scienziato, sia possibile inserire una scoperta scientifica in un ampio quadro interdisciplinare che ne esalti l'importanza storica, ma che allo stesso tempo metta in luce la complessità della sua genesi, che può essere ben compresa solo facendo ricorso a strumenti e nozioni extra-scientifici come quelli della storia. Contrariamente alla visione che spesso, privilegiandone altri aspetti, si trasmette, la scienza non è indipendente dalla storia e dal contesto sociale in cui si pratica concretamente. È un'attività umana, e come tale risponde agli avvenimenti del suo tempo, influenzandolo, ma anche assecondandone le esigenze.

## **Lo scienziato e il suo tempo**

Siamo a Milano. Un professore ordinario trentacinquenne in carica a Torino ha appena accettato la cattedra di chimica industriale più importante del Paese, quella del Politecnico.

Al giorno d'oggi, l'eventualità che un professore raggiunga i vertici della carriera universitaria a una così giovane età non può non suonare strana – se non sospetta! La vicenda, però, è ambientata nelle ultime settimane del

1938, e il protagonista è Giulio Natta (Porto Maurizio, 1903 - Bergamo, 1979), a oggi unico premio Nobel italiano per la chimica. In verità, la cosa non era comune nemmeno a quel tempo, ma il cognome di Mario Giacomo Levi (Padova, 1878 - Milano, 1954), predecessore di Natta, ne palesava le origini in modo troppo limpido per evitare il suo allontanamento in conseguenza della promulgazione in Italia delle leggi razziali; questo nonostante Levi appoggiasse pubblicamente il regime fascista e si fosse distinto come scienziato preminente nella ricerca del cosiddetto “combustibile nazionale”, ottenendo ingenti finanziamenti statali [1]. Quelli erano infatti gli anni dell'autarchia fascista: i rapporti internazionali tesi ostacolavano l'importazione di prodotti strategici, che gli Stati puntavano dunque a produrre autonomamente, investendo nella ricerca scientifica e nell'innovazione tecnologica [2]. Un esempio su tutti è quello della gomma, problema al quale i chimici tedeschi erano riusciti a sopperire con l'invenzione della BUNA S (un copolimero il cui nome commerciale deriva da “BUtadiene”, “NAtrium” – nome latino del sodio – e “Stirene”), la stessa alla cui produzione partecipò poi il chimico e scrittore Primo Levi a Buna-Monowitz, un campo satellite di Auschwitz [3].



**Figura 1:** In periodo autarchico venne introdotto l'obbligo di miscelare un minimo di 20% di alcol prodotto in Italia (principalmente metanolo ed etanolo) a tutte le benzine destinate al consumo sul territorio nazionale; il Robur dell'Agip rappresenta uno dei tanti tentativi verso un “combustibile nazionale”.

Nell'Italia di fine anni Trenta in cui Natta comincia la sua avventura al Regio Politecnico di Milano, la parola “autarchia” è all'ordine del giorno. In particolare, da più di dieci anni, proprio a Milano ha sede la Sezione Combustibili del Ministero dell'Educazione Nazionale, finanziata da governo e industrie con la missione di trovare una soluzione al problema energetico, soprattutto ora che le importazioni di carbone e petrolio stanno diventando sempre più difficili e insostenibili [2,4].

Un altro grande problema che la chimica è chiamata a risolvere è proprio quello della gomma: l'importazione di 30000 tonnellate annue di caucciù dal Brasile non è più praticabile e bisogna tenere il passo di Russia e Germania, che già producono gomma sintetica [2,3]. Nel 1939 il centro per lo studio della gomma sintetica del Cnr viene trasferito, come Natta, da Torino a Milano, facendo di questa città il fulcro strategico dell'industria chimica italiana, con il Politecnico in prima fila [4].

In un contesto nazionale di questo tipo è difficile che un chimico di talento come Giulio Natta si tenga alla larga dalla ricerca “che conta”, quella dove governo e industria concentrano i finanziamenti per creare laboratori all'avanguardia. Dopo un avvio da cristallografo, è infatti da qualche anno che Natta lavora sulla sintesi catalitica di metanolo da ossidi di carbonio e idrogeno e sulla gassificazione con ossigeno a bassa temperatura di sostanze di produzione nazionale utilizzabili come combustibili. I risultati delle sue ricerche hanno già un notevole impatto applicativo: un gassogeno da lui sviluppato viene usato regolarmente per produrre su scala industriale fertilizzanti, carburanti ed esplosivi autarchici. Sulla spinta di questo successo, Natta si guadagna fin da subito un ruolo di primo piano nella chimica industriale milanese e già nei primi mesi di attività diventa responsabile scientifico di un impianto voluto dalla SAIGS (Società Anonima Italiana Gomma Sintetica) e costruito a Ferrara con lo scopo di sintetizzare gomma usando alcol etilico distillato da melasso di barbabietola. In pochi anni viene messa a punto una procedura per la preparazione e la purificazione di butadiene e lo stabilimento va a regime, consentendo all'Italia di produrre gomma sintetica durante la seconda guerra mondiale [5,6,7]. Natta stesso, molti anni dopo, scriverà in una nota autobiografica che “questi studi compiuti negli anni Trenta e Quaranta costituiscono la base culturale e professionale su cui si svilupparono le [...] ricerche sulla polimerizzazione stereospecifica”, sottolineando come saranno proprio queste vicende ad aprire la strada verso il premio Nobel [8].

La salita verso la cerimonia del 10 dicembre 1963 è però ancora lunga e ripida, e probabilmente Natta non potrebbe continuare a percorrerla con le sue sole forze. Qui entra in gioco un compagno di viaggio che apparirà inusuale al lettore del 2017: la Montecatini, un'azienda chimica italiana che durante il fascismo ha assunto il ruolo di importante colosso industriale per

la produzione strategica di fibre dell'acetato di cellulosa, nylon, coloranti, combustibili, oli lubrificanti, esplosivi e fertilizzanti. Anche qui è emblematica una frase di Natta, pronunciata durante i festeggiamenti per il Nobel, con la quale dirà che “senza la collaborazione fra il Politecnico e la Montecatini l'impresa non sarebbe stata possibile” [9]. Natta intrattiene rapporti con la Montecatini già dal 1928, quando le sue ricerche sulla catalisi per la sintesi del metanolo hanno prodotto alcuni brevetti di titolarità Montecatini, in una collaborazione che continua poi con studi sulla sintesi di formaldeide da metanolo. A guerra e fascismo finalmente finiti, quello che ormai è già un chimico di fama internazionale stringe i rapporti con l'ing. Piero Giustiniani, che dagli anni Cinquanta diventa amministratore delegato della Montecatini nominando il professore come consulente e chiedendogli di occuparsi della formazione in ricerca di base dei laureati neoassunti. Una lungimiranza – è il caso di dirlo! – d'altri tempi [9,10].

Le carte a questo punto sono davvero buone e per giocare si attende solo il momento propizio, che arriva nel 1952 durante una conferenza in cui Karl Ziegler, lo scienziato che condividerà con Natta il premio Nobel, espone le sue scoperte sui catalizzatori per la polimerizzazione dell'etilene [9]. Natta ha un'intuizione e chiede alla Montecatini di assecondarla: Ziegler viene nominato consulente e 3 dipendenti dell'azienda passano un anno in Germania per imparare come maneggiare i nuovi catalizzatori e le metodologie messe a punto dal chimico tedesco [10]. Al loro ritorno la Montecatini ha predisposto presso il Politecnico un laboratorio con apparecchiature all'avanguardia, reagenti e personale, con l'obiettivo di mettere Natta nelle condizioni migliori per fare ricerca [5-7].

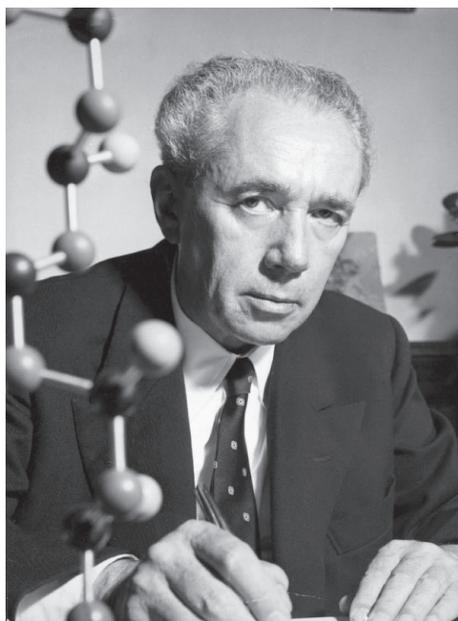
Come la vicenda prosegue è noto anche ai ragazzini, almeno a quelli che nel 2011 hanno letto il numero speciale di *Topolino* per l'Anno Internazionale della Chimica, nel quale la polimerizzazione stereospecifica del propilene è stata celebrata attraverso Qui, Quo e Qua alle prese con una ricerca di storia della chimica [11]. Si può dire – senza offesa – che almeno nelle scuole di Paperopoli gli aspetti storici della scienza sono tenuti in considerazione. In ogni caso, possiamo ricordarne le tappe fondamentali: il 14 marzo 1954 Paolo Chini (Firenze, 1928 - Milano, 1980) azzecca le giuste condizioni sperimentali che portano il propilene a polimerizzare, mentre Piero Pino (Trieste, 1921 - Milano, 1989) ottimizza la purificazione di quello che si rivela essere un materiale dall'enorme potenziale, subito brevettato con il nome di Moplen, un *assist* perfetto per il "e mo' e mo' Moplen" dei caroselli di Gino Bramieri [5,7].



**Figura 2:** Una vignetta del numero di Topolino dedicato all'Anno Internazionale della Chimica (2011).

### **Il Nobel e il declino dell'industria chimica italiana**

Come farà notare il comitato di assegnazione del premio Nobel, Natta è riuscito nell'impresa di togliere alla natura il monopolio della sintesi di polimeri stereoregolari, segnando di fatto l'inizio di una nuova stagione per la chimica moderna. Anche sul piano industriale l'eco fu vasta, portando subito ad applicazioni nella fabbricazione di oggetti, fibre e pellicole sottili, e convincendo la Montecatini a finanziare ulteriormente le ricerche per catalizzatori di nuova generazione, sempre più efficienti in termini di resa [5,7,12]. La strada sembrerebbe spianata, ma come per la locomotiva cantata da Guccini, la storia ci racconta anche in questo caso come finì la corsa. Negli anni Sessanta la Montecatini attraversa un periodo "asfittico", usando le parole dello stesso Giustiniani, e nonostante Natta venga insignito proprio in quegli anni della più alta onorificenza in campo scientifico, la malattia di Parkinson lo costringe a ritirarsi prematuramente da una scena – soprattutto pubblica – in cui forse avrebbe potuto interpretare ancora un ruolo da protagonista. Ciò a cui invece si assiste è un lento declino dell'azienda che per anni è stata capofila della sintesi di quello che oggi è il secondo prodotto chimico al mondo in termini di valore economico, il tutto sotto gli occhi di uno Stato incapace, o comunque non disposto, a risollevarne le sorti dell'industria chimica italiana [9,10].



**Figura 3:** Giulio Natta fotografato negli anni Sessanta.

### Conclusioni

Questo contributo è nato da un sondaggio iniziato per caso, quando l'immagine di Figura 3 era impostata come sfondo dello *smartphone* di chi scrive. Agli amici curiosi, che chiedevano chi fosse, arrivava pronta la risposta “è Giulio Natta, unico premio Nobel per la chimica italiano”. Il nome suonava familiare perché le “cattedre Natta” erano un tema caldo negli ambienti universitari, ma tutti sgranavano gli occhi stupiti quando aggiungevo – romanzando un poco – “l'uomo che ha inventato la plastica”. Approfondendo l'indagine mi sono reso conto di come, escludendo chi ha intrapreso studi di chimica, sia molto raro trovare universitari (e quindi diplomati) che conoscano la figura e la vicenda di Giulio Natta. Penso che parlarne nelle scuole possa dare due grandi opportunità. La prima è quella di offrire agli studenti una finestra sulla chimica moderna, attraverso la quale rendersi conto della sua potenza e della sua influenza sulla nostra quotidianità. La seconda è di mettere in luce l'intima e reciproca connessione tra scienza e società, grazie alla storia di un uomo che ha saputo leggere il suo tempo mentre seguiva la direzione che questo gli ha imposto, mostrando come industria e ricerca di base possano dialogare proficuamente. Agli insegnanti il compito di trasmettere questi valori agli allievi, non solo per rendere attraente lo studio della chimica e magari conquistare altri Nobel, ma soprattutto per il bene della nostra comunità nazionale.

### Bibliografia

- [1] G. Nebbia, presentazione a “Mario Giacomo Levi al Politecnico di Milano”, *Milano città delle Scienze* (<http://www.http://milanocittadelle scienze.it/it/cantieri-aperti/articoli-e-saggi/>), consultato nel giugno 2017.
- [2] M. Ruzzenenti, “L'autarchia verde. Un involontario laboratorio della *green economy*”, Jaca Book, Milano, 2001.
- [3] P. Redondi (a cura di), “La gomma artificiale. Giulio Natta e i laboratori Pirelli”, Edizioni Angelo Guerini e Associati, Milano, 2013.
- [4] I. Pasquon, “Per una cartografia della chimica milanese: le istituzioni di ricerca e insegnamento e i loro protagonisti”, *Milano città delle Scienze* (<http://www.http://milanocittadelle scienze.it/it/cantieri-aperti/articoli-e-saggi/>), consultato nel giugno 2017.
- [5] AAVV. “Atti del XV Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica”, (Bologna, 18-20 Settembre 2013), a cura di M. Taddia, Aracne editrice, Roma, 2013.
- [6] I. Pasquon, “Giulio Natta Scienziato”, *Milano città delle Scienze* (<http://www.http://milanocittadelle scienze.it/it/cantieri-aperti/articoli-e-saggi/>), consultato nel giugno 2017.
- [7] La Chimica & l'Industria, n.1, gen./feb., 2013.
- [8] G. Natta, “Natta, G.”, in *Scienziati e tecnologi contemporanei*, vol. II, A. Mondadori, Milano, 1974.
- [9] L. Caglioti, “Natta-Giustiniani: una sinergia vincente” in Giulio Natta nobel Politecnico, *Politecnico, rivista del Politecnico di Milano*, 7, pp. 62-65, 2003.
- [10] S. Landini (regia di), “Giulio Natta, L'epopea della chimica italiana. Intervista a Italo Pasquon, collaboratore di Giulio Natta e professore emerito del Politecnico di Milano”, *Milano città delle Scienze* (<http://milanocittadelle scienze.it/it/cinema-cinema/>), 2012.
- [11] S. Ambrosio (testo), P. De Lorenzi (disegni), “Qui, Quo, Qua e la grande storia della chimica dei paperi”, *Topolino*, n. 2916, pp.10-44, 2011.
- [12] L. Cerruti, “Bella e Potente. La chimica dagli inizi del Novecento ai giorni nostri”, Editori Riuniti university press, Roma, 2016.

## **Utilizzo di carburanti alternativi**

Non solo carburanti ecologici, ma anche resine, plastiche, lubrificanti sintetici e vernici antivegetative: è indiscutibile la centralità della chimica per ridurre gli impatti ambientali della mobilità. Il settore fornisce infatti soluzioni altamente innovative in questo campo, supportate da un'intensa attività di ricerca e innovazione.

Un quadro dettagliato e completo sull'importante ruolo dell'industria chimica nella mobilità è stato presentato nel pomeriggio di oggi da Federchimica durante un'audizione informale al Senato presso le Commissioni riunite Lavori pubblici e Ambiente.

Due Associazioni di Federchimica, Assogasliquidi e Assogastecnici, e il Gruppo Chimica da Biomassa, hanno illustrato i fondamentali contributi alla mobilità sostenibile che derivano dall'utilizzo di carburanti alternativi, come il GPL (Gas di Petrolio Liquefatto) e il GNL (Gas Naturale Liquefatto), di vettori energetici, quali l'idrogeno, e di biocarburanti (Bioetanolo, Bio-eteri, Biodiesel e HVO). Tutte fonti energetiche definite strategiche dalla Direttiva comunitaria DAFI, che ha come obiettivo la decarbonizzazione dell'Unione Europea, da perseguire con il ricorso ai carburanti alternativi in tutti gli Stati UE.

È stata sottolineata la necessità di impegno costante da parte delle Istituzioni a garantire l'applicazione di misure di incentivazione equivalenti a tutti i carburanti alternativi, evitando sbilanciamenti e garantendo il principio di neutralità tecnologica.

I veicoli a idrogeno, fonte considerata il carburante del futuro, non godono degli incentivi previsti per i veicoli elettrici alimentati a batteria: una disparità di trattamento immotivata, anche considerato che, grazie all'idrogeno, è possibile alimentare veicoli al 100% elettrici con la tecnologia fuel cell, notevolmente più ecologica rispetto alla tecnologia dei veicoli elettrici a batteria.

Il ricorso al GPL, settore di eccellenza italiana tra i carburanti ecologici, deve essere incentivato tramite strumenti regolamentari di stimolo per il consumatore nella scelta di questo carburante: l'accesso alle ZTL alle auto a GPL, sconti o esenzioni dal pagamento dei permessi di sosta, l'inserimento del GPL come carburante strategico nei Piani urbani della mobilità - realizzati a livello regionale - e la definizione di criteri che premiano i veicoli

a GPL nell'ambito degli strumenti di incentivazione fiscale adottati a favore del settore dei trasporti, come ad esempio la revisione della tassa automobilistica.

Anche il gas naturale liquefatto (GNL), fonte energetica ecologica per mezzi pesanti quali tir e navi, settore relativamente nuovo per il nostro Paese, richiederebbe un opportuno sviluppo delle infrastrutture e misure di promozione della domanda, con interventi che premino ed incentivino il suo utilizzo nel mercato del trasporto marittimo e stradale.

Infine le richieste del Gruppo chimica da biomassa sui biocarburanti, prodotti chimici derivanti da fonti rinnovabili naturali di origine animale o vegetale che in miscela con i carburanti fossili riducono le emissioni di CO<sub>2</sub> e di altri inquinanti.

Il settore, ancora in crescita, chiede che l'Italia recepisca l'impegno dell'Europa a rendere obbligatoria la miscelazione dei biocarburanti con i carburanti fossili fino al 2030.

### **Nausicaa Orlandi (CNC): "Chimica è sempre più rosa"**

Il 30 settembre si è tenuto a Firenze, un convegno organizzato dal Consiglio nazionale dei chimici dedicato a fare il punto sulla situazione italiana per quanto riguarda l'occupazione femminile nell'ampio settore della chimica.

"I chimici - sottolinea Nausicaa Orlandi, presidente del Consiglio nazionale dei chimici - rivestono oggi un ruolo centrale all'interno del sistema Paese. Con il loro lavoro, infatti, contribuiscono al miglioramento, allo sviluppo e all'innovazione dei processi produttivi e gestionali. Inoltre, sono decisivi per la salvaguardia della salute della popolazione, per la tutela dell'ambiente, per la sicurezza alimentare, per la creazione di nuovi prodotti sostenibili. La chimica è un ambito professionale fra i più floridi, che registra un alto tasso di occupazione, soprattutto fra le donne, con percentuali in continuo aumento".

I dati che fotografano una scelta che offre numerosi sbocchi professionali sono molto positivi, secondo il Ministero dell'Istruzione, dell'università e della ricerca, nel 2015 gli iscritti ai corsi di laurea in chimica sono stati 15.037.

Secondo il XIX Rapporto AlmaLaurea sulla condizione occupazionale dei laureati, i laureati magistrali del 2011 in discipline relative alla chimica, a cinque anni dal titolo, hanno un tasso di occupazione dell'86% e oltre il 60% con un contratto a tempo indeterminato. Inoltre, nel 2016, a cinque anni dal conseguimento del titolo di studio, la retribuzione mensile netta supera i 1500 euro.

Le statistiche del Consiglio nazionale dei chimici, inoltre, sottolineano che il 36% degli iscritti all'albo è donna, in aumento costante dal 2000, quando erano solo il 28%. Solo il 23% degli iscritti all'albo, infine, ha meno di quarant'anni (era il 38% nel 2007) indice di un basso tasso di turnover.

"I dati - commenta Nausicaa Orlandi - fotografano una professione ricca di opportunità, soprattutto per i giovani. Il convegno di Firenze vuole far riflettere e accendere una discussione su temi che riguardano la posizione del chimico nell'industria, ma anche come libero professionista o imprenditore, nell'università. Il basso tasso di turnover dell'ordine, infatti, segnala che c'è grande spazio per i giovani e, fra questi, che le donne stanno crescendo sempre di più come numero, come incarichi di responsabilità all'interno di aziende, centri di ricerca e istituti".



## SEGNALAZIONI

La redazione segnala la recente uscita di un saggio del collega Fabio Olmi dal titolo “LA CHIMICA NELLE COSE” - PM EDIZIONI



In questo saggio l'autore, prendendo spunto da una serie di incontri autobiografici con alcune cose materiali del quotidiano, guida il lettore non specialista, attraverso una serie di osservazioni e riflessioni su di esse, nella scoperta di tante proprietà che esse nascondono, spesso insospettabili, al di là delle apparenze. Con un linguaggio piano, coinvolgente, semplice ma rigoroso, si sviluppano una serie di racconti sull'acqua, il vetro, il vino, il ferro e varie altre “cose”, su come queste si ricavano, su come si impiegano e sull'impatto che questo uso può avere sul nostro ambiente: cose comuni che nascondono aspetti particolari, talvolta inaspettati e curiosità se osservate attraverso la “lente del chimico”. Non c'è dubbio che la conoscenza di quello che sta “dietro” alle cose ne aumenta la capacità di

apprezzarle, e in alcuni casi, rinforza il piacere di conoscerle e gustarle...  
Formule di composti e reazioni vengono riportate solo in alcune note per chi volesse approfondire l'approccio con un contatto più diretto con il particolare linguaggio della chimica.



PLS-SCIMAT  
2018



*1° Convegno Nazionale PLS-Scienza dei Materiali  
Sala Polivalente "Franco Lavoratori" 23 febbraio 2018 –  
Recco (GE)*

**Comitato Organizzatore**

Riccardo Carlini

Nadia Parodi

Gilda ZanicchiPier

Simona Binetti

Silvano Fusco

Caterina Peragallo

Gilda Zanicchi

Simona Binetti

Giuseppe Colafemmina

Francesco Riccardi

Anna Vedda

Ugo Caruso

Matteo Pierno

Luciano Ramello

**Comitato Scientifico**

Riccardo Carlini

Nadia Parodi

Claudio Goletti

Domenica Scarano

Sito internet: [www.pls.scienzamateriali.unimib.it/](http://www.pls.scienzamateriali.unimib.it/)

E-mail: [riccardo.carlini@unige.it](mailto:riccardo.carlini@unige.it), [nadia.parodi@unige.it](mailto:nadia.parodi@unige.it)

C<sup>n</sup>S

LA CHIMICA NELLA SCUOLA



CASA EDITRICE PRINCIPATO



## **1° Convegno Nazionale PLS-Scienza dei Materiali**

*Sala Polivalente “Franco Lavoratori” 23 febbraio 2018*

*Recco (GE)*

Il convegno viene organizzato nell’ambito del Piano Nazionale Lauree Scientifiche – Scienza dei Materiali e nasce come evento satellite delle “*Giornate sulla termoelettricità*”, (Santa Margherita Ligure, 21-22.02.2018), in occasione del quale saranno presentate le più recenti linee di ricerca della termoelettricità che rappresenta uno degli ambiti più promettenti della disciplina.

Il 1° **Convegno Nazionale PLS-Scienza dei Materiali**, dedicato a tutti i docenti della scuola secondaria di secondo grado, viene organizzato con lo scopo di:

1. contribuire alla disseminazione della Scienza dei Materiali nella scuola italiana
2. stimolare la progettazione di percorsi didattici centrati sulla disciplina
3. potenziare i collegamenti multidisciplinari della Scienza dei Materiali con il mondo della chimica, fisica ma non solo. Anche con il mondo della cultura, medicina, arte, ed ingegneria etc.
4. promuovere il corretto insegnamento della Scienza dei Materiali nelle scuole superiori giovani
5. valorizzare l’efficace interazione tra scuola-università e mondo del lavoro con particolare riferimento alle realtà locali

### **Sede**

Sala Polivalente “Franco Lavoratori” – Via Ippolito d’Aste, 2a Recco

### **Iscrizione**

L’iscrizione è a titolo gratuito. Il modulo di iscrizione debitamente compilato va inviato all’indirizzo E-mail **scimat.pls@gmail.com** all’attenzione della Dr. Nadia Parodi e del Dr. Riccardo Carlini (Università di Genova - Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale) entro il 28 gennaio 2018.

### **Indicazioni per la redazione delle Comunicazioni**

Il testo deve essere predisposto secondo le specifiche indicate nel format presente sul sito <http://www.pls.scienzamateriali.unimib.it/> e deve contenere un riassunto di massimo 15 righe in italiano e, ove possibile, in inglese.

Lunghezza Contributo: Massimo 5 pagine compresa la bibliografia

Titolo e/o paragrafi: Times New Roman, bold, corpo carattere 14

Autore/i: Times New Roman, bold corsivo, corpo carattere 12

Testo: Times New Roman, corpo carattere 12, interlinea 1,5

Le eventuali immagini devono essere inserite direttamente nel testo secondo l’adeguata disposizione.

### **Come Arrivare**

In Aereo: Aeroporto Cristoforo Colombo di Genova.

In Auto: Autostrada A12, Uscita Recco.

In Treno: Stazione Ferroviaria di Recco.

### **Comitato Organizzatore**

Riccardo Carlini

Nadia Parodi

Gilda Zanicchi

Simona Binetti

Silvano Fuso

Caterina Peragallo

Gilda Zanicchi

Simona Binetti

Giuseppe Colafemmina

Pier Francesco Riccardi

Anna Vedda

Ugo Caruso

Matteo Pierno

Luciano Ramello

Claudio Goletti

Domenica Scarano

### **Comitato Scientifico**

Riccardo Carlini

Nadia Parodi

### **Partners**



**Programma preliminare**

Ore 10.00: Saluti Istituzionali Prorettore Didattica Università di Genova, Coordinatore Nazionale PLS-SCIMAT, Comitato Organizzatore.

**Sessione Seminari Didattici**

Ore 10.15: Seminario... Prof. Dario Narducci – Università Milano - Bicocca

Ore 10.45: "Materiali polimerici: proprietà , impieghi, impatto sull'ambiente e nella vita quotidiana" Prof. Marina Alloisio – Università di Genova

Ore 11.15: "Energy harvesting e l'internet delle cose", Prof. Corrado Boragno – Università di Genova

Ore 11.45: Coffee Break

**Sessione Presentazioni**

Ore 12.00: Presentazione nuovi percorsi didattici di Scienza dei Materiali in Licei Scientifici – (Università degli Studi di Roma - Tor Vergata, Università della Calabria )

Ore 12.30: Presentazione Testo di chimica per la Scuola Secondaria di Secondo Grado – Autori Carlini - Pentimalli

Ore 12.45: Pranzo Sociale

**Sessione Contributi**

Ore 14.30: Presentazione dei 6 elaborati selezionati

Ore 16.00: Coffee break

Ore 16.15: Premiazione

**Ore 17.00: Termine Lavori e Saluti**

## **Concorso PLS**

### **“Scienza dei Materiali – dalla scuola alla società”**

In occasione del “1° Convegno Nazionale PLS-Scienza dei Materiali” che si terrà a Recco (GE) il giorno 23/02/2018, il Piano Nazionale Lauree Scientifiche – Scienza dei Materiali bandisce un concorso a premi dedicato ai docenti delle classi terze, quarte e quinte della Scuola Secondaria di Secondo Grado.

I partecipanti dovranno presentare un originale intervento didattico, già sperimentato o in forma di progetto, per la divulgazione della Scienza dei Materiali nelle suddette classi.

Il regolamento completo sul sito nazionale PLS-Scienza dei Materiali

<http://www.pls.scienzamateriali.unimib.it/>

Il concorso è volto:

- a contribuire alla disseminazione della Scienza dei Materiali nella scuola italiana, con particolare riferimento all’insegnamento;
- a stimolare la progettazione di percorsi didattici centrati sulla scienza dei materiali disciplina a potenziare i collegamenti multidisciplinari della scienze dei materiali con il mondo della chimica e della fisica, in primis, ma anche della cultura, della medicina, dell’arte, dell’ingegneria etc. volti a perseguire miglioramenti del benessere sociale;
- a promuovere la corretta informazione sulla Scienza dei Materiali nei giovani;
- a valorizzare l’efficace interazione tra scuola-università e mondo del lavoro con particolare riferimento alle realtà locali;

Il concorso è rivolto ai docenti delle scuole secondarie di secondo grado del nostro Paese e intende premiare le proposte che meglio rappresentino i punti sopra elencati.

Tali proposte, attinenti alla Scienza dei Materiali, dovranno essere esperienze didattiche già svolte o in fase di progettazione, mirate agli studenti con modalità laboratoriale, teorica o mista. In particolare, le attività potranno rientrare fra i laboratori svolti nell’ambito dei progetti locali del PLS-Scienza dei Materiali.

A seguire un elenco non esaustivo delle diverse tipologie di prodotti:

- un saggio che non superi i 10.000 caratteri (spazi inclusi);
- un prodotto multimediale o audiovisivo della durata di non più di dieci minuti;
- opere grafiche (ad esempio fumetti, racconti illustrati, disegni, dipinti, manufatti artistici, prototipi ingegneristici, ecc.);

- progetti di studio, valorizzazione e recupero di beni artistici, ambientali e culturali sul territorio;
- nome di tutti i curatori del progetto;
- target delle classi partecipanti;
- lista degli insegnanti partecipanti al progetto;
- materie degli insegnanti partecipanti al progetto (uno almeno degli insegnanti dovrà essere di Scienze, Chimica o Fisica);
- numero di ore di attività curriculari (in orario scolastico);
- numero di ore di attività extracurriculari (in orario extrascolastico);
- descrizione del contenuto e delle modalità di svolgimento del percorso didattico;
- descrizione dei contenuti e degli scopi del prodotto dal quale emerga originalità, attinenza tematica, potenzialità e, dove possibile, discussione dei risultati ottenuti.

Ogni Istituto può partecipare al presente bando con un massimo di 2 prodotti.

La manifestazione di interesse, con l'elenco dei prodotti che verranno sottoposti alla Commissione giudicatrice, dovrà essere comunicata compilando la scheda di iscrizione che si trova all'indirizzo

<http://www.pls.scienzamateriali.unimib.it/>

e inviata tramite posta elettronica dal Dirigente Scolastico o dal responsabile del progetto all'indirizzo **scimat.pls@gmail.com** entro il **7 gennaio 2018**. La descrizione del prodotto dovrà essere un file in formato .doc, .docx oppure .pdf ed essere nominato con il cognome del proponente, nome dell'istituto e sigla della provincia. (Es. *rossi\_fermi\_GE.pdf*)

### **Per perfezionare la partecipazione al bando occorrerà poi inviare:**

1. una dichiarazione di intento di partecipazione all'eventuale premiazione prevista durante il suddetto convegno
2. una dichiarazione di consenso preventivo all'eventuale realizzazione o pubblicazione del prodotto (anche se non destinatario di premio o menzione) da parte del PLS-Scienza dei Materiali mediante il sito dedicato, atti del congresso o articolo on line.

Nel caso di materiale non trasmissibile per posta elettronica, sarà cura del proponente fornire una dettagliata descrizione di quanto realizzato. In caso di selezione, il proponente potrà illustrare direttamente ai congressisti i prodotti in oggetto.

Il comitato, una volta espletato il concorso, comunicherà alle scuole interessate l'intenzione di trattenere o meno le opere per un loro eventuale utilizzo come sopra previsto. Le opere non trattenute saranno restituite alle scuole interessate che potranno prelevarle, a loro spese, presso la sede loro comunicata dagli organizzatori.





AREE SCIENTIFICO–DISCIPLINARI

AREA 01 – Scienze matematiche e informatiche

AREA 02 – Scienze fisiche

AREA 03 – **Scienze chimiche**

AREA 04 – Scienze della terra

AREA 05 – Scienze biologiche

AREA 06 – Scienze mediche

AREA 07 – Scienze agrarie e veterinarie

AREA 08 – Ingegneria civile e architettura

AREA 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione

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

AREA 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche

AREA 12 – Scienze giuridiche

AREA 13 – Scienze economiche e statistiche

AREA 14 – Scienze politiche e sociali

AREA 15 – Scienze teologico–religiose

*Il catalogo delle pubblicazioni di Aracne editrice è su*

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

Finito di stampare nel mese di ottobre del 2017  
dalla tipografia «System Graphic S.r.l.»  
00134 Roma – via di Torre Sant’Anastasia, 61  
per conto della «Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale» di Canterano (RM)