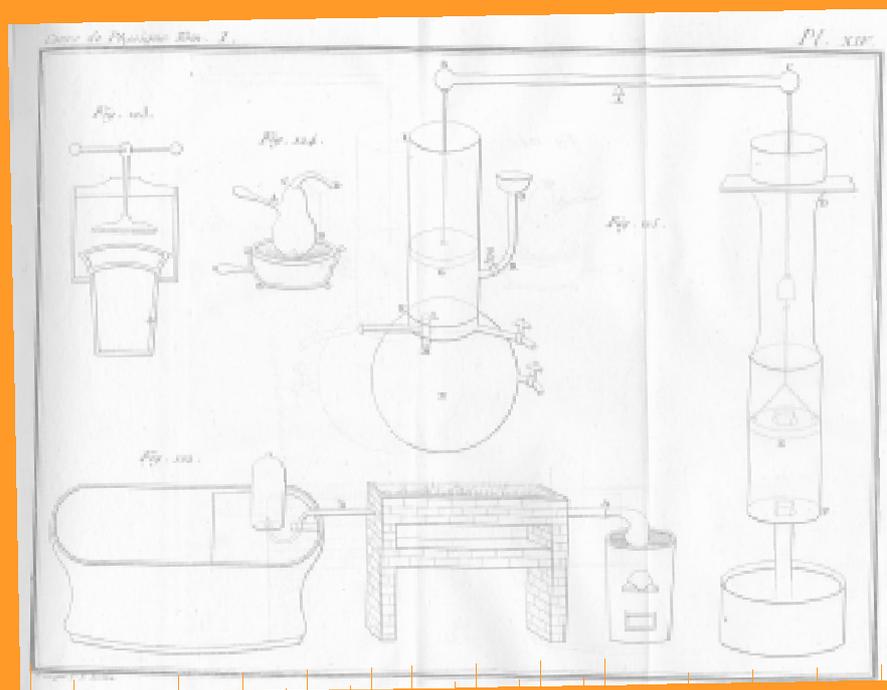


<http://www.sci.uniba.it>
<http://www.ciam.unibo.it/didichim>

CnS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA



Spedizione in abbonamento postale Art. 2 comma 20/C Legge 662/96 Filiale di Bologna

**TESTI DI CHIMICA DEL
PERIODO
NAPOLEONICO**

**ATTIVITÀ
ANTIOSSIDANTE
DI BEVANDE**

**APPELLO DEI
DOCENTI DI SCIENZE**



Società Chimica Italiana

Anno XXIV
Gennaio - Febbraio 2002

Direttore responsabile

Paolo Mirone
Dipartimento di Chimica
Via Campi, 183 - 41100 Modena
E-Mail: Mirone@unimo.it

Redattore

Pasquale Fetto
Dipartimento di Chimica "G.Ciamician"
Via Selmi, 2 - 40126 Bologna
Tel. 0512099521 - fax 0512099456
E-Mail: fpcns@ciam.unibo.it

Comitato di redazione

Liberato Cardellini, Pasquale Fetto, Ermanno Niccoli, Raffaele Pentimalli, Pierluigi Riani, Paolo Edgardo Todesco

Comitato Scientifico

Luca Benedetti, Aldo Borsese, Carlo Busetto, Rinaldo Cervellati, Giacomo Costa (*Presidente della Divisione di Didattica*), Franco Frabboni, Gianni Michelon, Ezio Roletto, Eugenio Torracca

Editing

Documentazione Scientifica Editrice
Via Irnerio, 18 - 40126 Bologna
Tel. 051245290 - fax 051249749

Periodicità: bimestrale (5 fascicoli all'anno)

Abbonamenti annuali

Italia • 50 - Paesi extracomunitari • 62
Fascicoli separati Italia • 12
Fascicoli separati Paesi extracomunitari • 15

Gli importi includono l'IVA e, per l'estero le spese di spedizione via aerea
Spedizione in abbonamento postale Art.2 comma 20/C Legge 662/96 Filiale di Bologna

Ufficio Abbonamenti

Manuela Mustacci
SCI, Viale Liegi, 48/c - 00198 - Roma
Tel. 068549691 fax 068548734
E-mail: soc.chim.it@agora.stm.it

Copyright 1995 Società Chimica Italiana

Pubblicazione iscritta al n. 219 del registro di Cancelleria del Tribunale di Roma in data 03.05.1996

La riproduzione totale o parziale degli articoli e delle illustrazioni pubblicate in questa rivista è permessa previa autorizzazione della Direzione

La direzione non assume responsabilità per le opinioni espresse dagli autori degli articoli, dei testi redazionali e pubblicitari

Editore

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

Stampa

LE GRAFICHE RECORD snc
S. Giorgio di P. (BO) - Tel. 0516650024

SOMMARIO

EDITORIALE

Un momento di grande difficoltà
di **Ermanno Niccoli** **1**

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

La Chimica nei libri di testo del periodo napoleonico.
L'esempio dei *Cours* di Jacotot con un parallelo italiano. **Abstract**

*Chemistry textbooks of the Napoleonic Era.
A parallel between Jacotot's Cours and an Italian homologue.*
di **Marco Taddia** **3**

Divulgazione scientifica, storia e didattica:
Qualche riflessione sul caso della chimica. **Abstract**

*Scientific divulgation, history and education:
some reflections about the case of chemistry.*
di **Pierluigi Riani** **12**

La scuola italiana: S.O.S. matematica e scienze.
Uno studio dell'OCSE sottolinea le carenze dei nostri studenti.
di **Marina Minoli** **16**

ESPERIENZE E RICERCHE

Le peripezie di un costruttivista novizio in un universo
trasmissivo. **Abstract**

*The ventured journey of a young constructivist teacher
into a transmissive land.*
di **Piero Araldo** **18**

COMUNICAZIONI BREVI

Il ruolo dell'insegnamento scientifico nella scuola.
di **Eleonora Aquilini, Fausta Carasso Mozzi** **28**

LABORATORIO E DINTORNI

Attività antiossidante di bevande - Esperimenti per
le scuole secondarie superiori. **Abstract**

*Antioxidant Properties of Drinks - Experiments for
high school students.*
di **Kerstin Höner, Rinaldo Cervellati** **30**

RUBRICHE

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA **39**

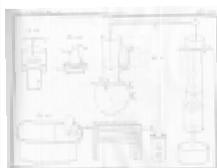
Le difficoltà d'insegnare, la libertà di non apprendere e
le antinomie irrisolvibili

DALLA DIVISIONE **29**

Appello dei Docenti di Scienze

DAL DIRETTIVO **17**

NOTIZIE **40**



In copertina. La Tavola 14, Tomo I dei *Cours de Physique In alto* - Pentola di Papin; "Macchina del vento"; Macchina di Newcomen. *In basso* - Apparecchiatura per la decomposizione dell'acqua.

Un momento di grande difficoltà

“...tutti gli standard del mondo non riusciranno a raggiungere l’obiettivo di dare una nuova vitalità alla nostra società multiculturale, alla nostra società minacciata, non nel senso di renderla più competitiva sui mercati mondiali, ma di farne una nazione nella quale e per la quale valga la pena di vivere...”

“...è sorprendente, in una certa misura scoraggiante notare come i dibattiti sull’educazione che si sono susseguiti a ritmo incalzante...siano sostanzialmente disattenti all’intima natura dell’insegnamento e dell’apprendimento scolastico...”
Jerome Bruner

Tipicamente, nei momenti di maggiore difficoltà, quando il coraggio sembra venire meno e gli obiettivi dissolversi come nebbia al sole, cerchiamo rifugio nella nostra cultura e negli scritti di coloro che hanno alimentato la nostra crescita professionale; questo è il significato della citazione delle parole di Bruner, persona che nonostante la veneranda età non ha mai avuto remore a rimettersi in discussione e a considerare nuovi punti di vista. Queste parole riprese da un suo libro pubblicato qualche tempo fa hanno un sapore quasi profetico. I primi passi mossi dal ministro Moratti sul piano della riforma in effetti mi hanno per molti versi sconcertato, tuttavia forte dell’insegnamento di Bruner cerco di capirne il significato proprio partendo da quanto avevamo maturato all’interno della Divisione di Didattica della SCI.

In generale abbiamo sottolineato in passato la fondamentale importanza che l’istruzione riveste per uno stato democratico, abbiamo inoltre preso atto della complessità della riforma scolastica ed abbiamo individuato alcuni vincoli atti a garantire la coerenza della proposta. Rivediamoli brevemente.

Il primo vincolo consiste nel rispetto della crescita cognitiva degli studenti. La riforma globale del sistema scolastico investe tutto l’arco di età che va dalla prima infanzia fino alle soglie della maturità.

Sappiamo tutti che lo sviluppo cognitivo può essere stimolato ma non scavalcato e che la sua evoluzione è legata alla maturazione dell’organismo oltre che all’apprendimento dei contenuti, ci rendiamo conto che i fragili apprendimenti dei primi anni di scuola condizioneranno ed in un certo senso faranno da fondamento agli apprendimenti successivi. Apparentemente siamo di fronte a una costruzione con deboli fondamenta, senonché ogni nuova assimilazione comporta una complessiva ristrutturazione e le fondamenta si consolidano in corso d’opera; evidentemente la metafora edilizia, che aleggia sulla teoria del costruttivismo, è valida solamente entro certi limiti.

Il secondo vincolo è legato alla formulazione dei programmi scolastici. La tumultuosa ed inarrestabile crescita dei saperi ha reso i confini disciplinari sempre più evanescenti, le biblioteche senza l’ausilio dei mezzi informatici rischierebbero di crollare sotto il peso dei volumi e di trasformarsi in strutture labirintiche e impraticabili, per cui sul piano scolastico si impongono scelte dolorose: che cosa includere? Che cosa escludere?

Il problema è di difficile soluzione per due motivi contrapposti: da un lato è difficile selezionare dei contenuti disciplinari in base alla loro valenza formativa e dall’altro si richiederebbe una panoramica, la più completa possibile, delle conoscenze umane per aiutare lo studente ad orientarsi nella scuola e nella vita.

Il terzo vincolo impone che lo studio abbia anche una funzione di orientamento ossia di sostegno nella scoperta della propria vocazione.

Non è più sufficiente che un giovane mostri propensione ad esempio per la chimica, la sola disciplina non caratterizza più la futura attività dell’individuo. Quale attinenza hanno tra loro le attività svolte da un chimico che insegna rispetto a un chimico addetto al controllo di qualità nell’industria o ancora a un ricercatore in chimica computazionale? I tempi moderni impongono quindi un orientamento più selettivo e più precoce ma anche una grande flessibilità, chiedono che siano evitati i danni sociali e individuali derivanti da scelte casuali.

La parola orientamento ha in realtà un significato multiplo, ad esempio l’orientamento può riguardare la scelta tra proseguire gli studi o entrare nel mondo del lavoro, orientamento può significare sapersi muovere nella giungla dell’informazione; fare dell’orientamento significa evitare che i futuri cittadini siano proni rispetto al potere mediatico. Sbaglio o questo è uno dei fondamenti del vivere democratico?

Il quarto vincolo è dato dalla necessità di recuperare il ritardo del nostro paese nel campo della cultura scien-

tifica collettiva. Le cause di questo ritardo sono molteplici e non è il caso di esaminarle in questa sede ma, con buona pace di Croce e di Gentile, la scuola riformata per potersi confrontare con le altre istituzioni scolastiche europee deve prima recuperare il suddetto ritardo.

Vorrei ora fare un'altra considerazione. Troppe volte si è tentato di fare delle riforme a "costo zero"; viceversa bisogna decidere se la riforma scolastica è anche e soprattutto un fondamentale investimento dello Stato. Il ministro-manager di investimenti se ne intende e quindi decida se fare una vera riforma o fare una riforma di facciata chiamandola magari con un altro nome.

Per gestire uno strumento così innovato, e questo è il quinto vincolo, è necessario ammodernare anche il corpo docente, operazione che richiede cospicui investimenti in quanto non si tratta come per il passato di promuovere un aggiornamento volontaristico che coinvolgerebbe efficacemente (questo succederebbe in qualunque categoria di lavoratori) forse il trenta per cento degli interessati. Ciò che si richiede in questo caso è un aggiornamento obbligatorio, certificato e legato alle retribuzioni che elevi gradualmente il livello professionale di tutto il corpo docente; l'attuale corpo docente è fisiologicamente legato alla presente struttura scolastica e finirebbe per interpretare qualunque innovazione in modo assolutamente riduttivo.

Anche senza tirare in ballo problemi quali il diritto allo studio, che ognuno interpreta a modo suo, o problemi sindacali legati ai posti di lavoro dei docenti è evidente che affrontare al meglio questa massa di problemi è impresa estremamente complessa. Il rischio è di accorgersi che il meccanismo si inceppa o fornisce un prodotto distorto dopo numerosi anni di applicazione; il sistema è indubbiamente complesso e forse varrebbe la pena di affrontare l'impresa empiricamente, per stadi successivi, mettendo a posto una tessera qui ed una tessera là fino a fare emergere ma anche ottimizzare il disegno complessivo del mosaico. Penso che in questi casi le grandi proposte di ingegneria istituzionale comportino anche grandi rischi e questo rimanda al problema della spesa.

La mia impressione è che a fronte di questi problemi la convocazione degli Stati Generali della Scuola rappresenti una scenografia un poco ridicola, destinata esclusivamente a coprire un vuoto di proposte e ad acuire gli appetiti politici.

Nella prima fase il ministro Moratti si è mosso con brutale disinvoltura e senza che emergesse un chiaro disegno di riforma.

- 2 La sua preoccupazione principale sembrava quella di distruggere la riforma Berlinguer. Non si tratta in que-

sto caso di buttare via il bambino con l'acqua sporca, molto più radicalmente non ci si poneva nemmeno il problema se oltre all'acqua sporca esistesse anche il bambino.

Abbiamo inoltre capito che al ministro preme dare un sostegno sostanzioso alla scuola privata, forse addirittura senza preoccuparsi della qualità del servizio. Personalmente ho una spiccata preferenza per la scuola pubblica, laica, il più possibile gratuita, ma non ho nessuna avversione preconcepita per la scuola privata; anzi l'idea di un certo pluralismo tutto sommato mi trova favorevole ma, se la scuola privata rilascia titoli di studio riconosciuti dallo stato e riceve un certo sostegno economico, deve sottostare ad alcuni controlli e rispettare certi standard: dalle proposte Moratti non sembrano emergere certe preoccupazioni e fino ad un certo punto non emergeva nemmeno un disegno di riforma, si dava per scontato che chi sapeva dirigere una azienda sapeva anche dirigere la scuola.

Nelle prime disinvoltate proposte i cicli si accavallavano, e piovevano sforbiciate sulla durata della scuola secondaria superiore, sul latino e sulla matematica e chi più ne ha più ne metta, sembrava quasi che il ministro buttasse là qualche proposta in attesa di chiarirsi le idee.

Tutti ci chiedevamo dove fosse finita la sua tanto decantata efficienza aziendalistica, nel frattempo, quasi a redimersi, con decreto n.672 del 18 Luglio 2001 il Ministro istituì un Gruppo ristretto di lavoro (Grl) coordinato, finalmente, da un professionista della didattica cioè dal prof. Giuseppe Bertagna; il gruppo ha partorito una proposta di riforma che non ci trova d'accordo in molti punti, ma si tratta pur sempre di una proposta molto articolata e ben documentata, didatticamente seria.

A partire da questa proposta il ministro ha ricavato la sua proposta di legge, ma che cosa succede? Che alcuni suoi colleghi di governo le si scagliano contro e tentano di fare a pezzi la proposta perché non soddisfa alcuni loro ben specifici obiettivi politici.

Quando assisto agli interventi di ministri di chiara fama e di comprovata competenza didattica come l'on. Bossi, che fanno a pezzi una proposta di per sé rattoppata in nome della sua visione un poco meccanica del concetto di decentramento, mi assale una grande tristezza, la mia fede nella democrazia traballa e la tentazione di ritirarmi in buon ordine si fa forte.

Siamo partiti dalla bislacca idea della scuola-azienda e siamo approdati alle esplosioni verbali dell'on. Bossi, ma ancora non sappiamo come si sarà sviluppata la vicenda quando questo editoriale verrà letto, personalmente mi sento piuttosto demotivato ma si sa, con l'avanzare dell'età siamo tutti destinati a rimanere scavalcati dall'evoluzione dei tempi.

La Chimica nei libri di testo del periodo napoleonico. L'esempio dei *Cours* di Jacotot con un parallelo italiano*

Riassunto

Dai testi di chimica pubblicati nella prima decade dell'800, si può valutare in che modo furono tradotti nell'insegnamento i nuovi concetti e le tecniche introdotte dalla "révolution chimique" di Lavoisier. Questo lavoro si occupa principalmente dei "Cours de physique expérimentale et de chimie", un'opera in due volumi di Pierre Jacotot, la cui prima edizione fu pubblicata a Parigi e Digione nel 1801 (IX). Il testo era ad uso delle École Centrales, istituite con legge della Convenzione nel 1795, soppresse nel 1802 e sostituite dai licei. La seconda edizione del libro, per le nuove necessità, fu pubblicata nel 1805 in forma ampliata ed aggiornata. Le "Lezioni di chimica elementare applicata alla medicina e alle arti", un testo universitario di chimica per "principianti", opera in due volumi di Pellegrino Salvisni (Milano, 1802- Bologna, 1804), offre l'opportunità di un confronto con lo Jacotot. Entrambe le opere recepiscono le idee essenziali della nuova chimica, pur differendo in termini di contenuto, stile espositivo e formato di presentazione. Benchè le Lezioni di Salvisni siano caratterizzate da numerose dimostrazioni pratiche, da una descrizione minuziosa dei materiali e delle tecniche di laboratorio e siano ben aggiornate, va detto che il testo di Jacotot è più portato a familiarizzare lo studente con la chimica applicata. Una differenza curiosa si riscontra anche nel peso dato al contributo di Lavoisier. Mentre Salvisni ne riconosce la

*Versione adattata per CnS ed integrata dal confronto con il testo di Pellegrino Salvisni, di un lavoro presentato al IX Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, Modena 2001

(*) Dipartimento di Chimica "G. Ciamician" dell'Università di Bologna, Via F. Selmi 2, 40126 Bologna
e-mail: taddia@ciam.unibo.it

MARCO TADDIA (*)
ANDREA MUSIANI (*)

fama immortale e fornisce un resoconto dettagliato dei suoi storici esperimenti, nelle citazioni del collega francese appare con più frequenza Guyton de Morveau. Per chiarire in quale contesto siano nati i Cours, il lavoro richiama brevemente la biografia di Jacotot (1756-1821), recentemente ricostruita da Paul Barbier.

Abstract

Chemistry textbooks of the Napoleonic Era. A parallel between Jacotot's Cours and an Italian homologue.

Chemistry textbooks published in the first decade of XIX century allow to evaluate how the new theories and techniques of Lavoisier's révolution chimique integrated into teaching. The main interest of this paper is directed to the analysis of Pierre Jacotot's "Cours de physique expérimentale et de chimie" first published in Paris and Dijon in 1801 (IX). This was a two volumes textbook tailored to specific courses given at the Écoles Centrales. They were created by the Convention in 1795, suppressed in 1802 and replaced by the lycées. A second updated edition of Jacotot's Cours according to the new needs was published in 1805. Pellegrino Salvisni's "Lezioni di chimica elementare applicata alla medicina e alle arti" (Milan, 1802- Bologna, 1804) a two volumes introductory academic textbook, offers a chance to draw a significant parallel with the text of Jacotot. Both works correctly imports main concepts from the new chemistry but they differ in content, format and style. Although the up to date Salvisni's Lezioni reports many lecture demonstrations and accu-

tely describes laboratory materials and techniques, it's the Jacotot's textbook that make student more familiar with applied chemistry. Curiously, unlike the French colleague, Salvisni acknowledges Lavoisier's immortal fame and provide a detailed account of his historical experiments while the most cited author in Jacotot's Cours is Guyton de Morveau, The Jacotot biography (1756-1821), recently reconstructed by Paul Barbier and summarized here, enlighten the context where the Cours were drawn up.

Nel corso del 1795 (anno III) il sistema scolastico francese dell'istruzione superiore subì un cambiamento radicale, premessa alle riforme del periodo napoleonico. La Rivoluzione, che fino ad allora aveva tollerato i Collegi reali, limitandosi ad esautorarne i responsabili, ad assegnarne la sorveglianza ai pubblici amministratori e a chiedere, con legge del 26 dicembre 1790, un giuramento civico ai professori, li sostituì con le École Centrales. Una legge emanata dalla Convenzione il 7 ventoso anno III (25 febbraio 1795) provvide allo scopo, avviando una riforma strutturale che, tra le altre innovazioni, riconobbe all'insegnamento della chimica la stessa priorità assegnata alla matematica ed alla fisica. Tra i Collegi aboliti vi fu il prestigioso Collegio Godran (o dei Godrans) di Digione, già tenuto dai Gesuiti, di cui si tratterà più avanti in dettaglio. Il 19 gennaio 1795 il Comune di Digione, in previsione dell'istituzione delle écoles, aveva espresso un voto alla Convenzione dichiarandosi preparato ad accoglierne una. Non mancavano i docenti, le strutture, il laboratorio chimico, il gabinetto di fisica e un corso di fisica sperimentale. Naturalmente, i corsi a carattere scientifico si sarebbero tenuti nell'ex Collegio dei Gesuiti; forse, quei Padri avevano capito l'importanza della chimica e della fisi-

ca in anticipo sulla Rivoluzione. Il docente di queste due materie sarebbe stato Pierre Jacotot, autore del manuale didattico in due volumi *Cours de physique experimentale et de chimie; a l'usage des École centrales, spécialement de l'École centrale de la Côte d'Or*, pubblicato a Digione e a Parigi all' inizio del 1801 (Ventoso, anno IX) [1].

Una copia originale della prima edizione dei *Cours* in ottimo stato di conservazione (frontespizi in figura 1), rintracciata casualmente da uno di noi (M.T.) nel dicembre 2000, è stata acquisita dalla Biblioteca del Dipartimento di Chimica "G. Ciamician".

Al di là del pregio antiquario è evidente che, trattandosi di uno dei pri-

ziona di apparecchi scientifici del Collegio Godran, dove Jacotot insegnò [3]. Avendo poi ottenuto, proprio durante la stesura dell'articolo, la disponibilità di un testo italiano di analogo livello e dello stesso periodo, le *Lezioni di chimica elementare applicata alla medicina e alle arti* dell'imolese Pellegrino Salvo [4], è parso utile integrare il lavoro con un confronto fra le due opere. Come si dirà, esso ha rivelato accanto alle concordanze concettuali, significative differenze di contenuto e di stile.

Pierre Jacotot

A parte i *Cours*, Pierre Jacotot non ha lasciato testimonianza di sé, se non in alcuni documenti ufficiali, tant'è

Egli nacque a Charencey, nel dipartimento della Côte-d'Or il 1° settembre 1756. Essendo di famiglia piuttosto povera, dopo l'istruzione elementare venne incoraggiato a proseguire gli studi da uno zio prete che, avendone apprezzato le capacità, lo mandò al Collegio Godran di Digione. Qui si distinse particolarmente nelle materie scientifiche, guadagnandosi anche la stima dei compagni per il suo buon carattere. Al termine degli studi, nel 1778, venne accolto nel seminario di Digione, dove restò per due anni, lasciandolo prima dell'ordinazione sacerdotale. Evidentemente non si sentì portato alla missione cui lo zio lo aveva destinato sin da fanciullo. Iniziò la sua carriera di professore al Collegio Godran, come supplente di matematica e fisica poi di filosofia. All'epoca, il Collegio Godran godeva già di una solida reputazione nel campo della fisica, ben oltre l'ambito digionese. Il suo laboratorio disponeva di una dotazione strumentale di prim'ordine che, dopo molte vicissitudini [3], è finita in parte al museo Stewart di Montreal. Il Collegio era stato istituito alla fine del XVI secolo sulla base di un lascito di Odine Godran, presidente del parlamento di Borgogna, ed era stato affidato ai Gesuiti. Va ricordato che, nei Collegi retti da quest'Ordine, l'insegnamento delle materie scientifiche in forma organizzata conobbe una progressiva espansione a partire dal secolo XVII. La fisica in particolare, prima impartita in forma dogmatica, si sbarazzò pian piano di Aristotele, ispirandosi a Cartesio, con un supplemento di sperimentazione che ebbe nell'abate Nollet l'alfiere più deciso. Tuttavia, non in tutti i Collegi, l'insegnamento della fisica veniva tenuto da un fisico e svolto tutti gli anni. Quando, con un decreto del 12 agosto 1763, i Gesuiti furono espulsi dalla Francia, l'insegnamento della fisica a Digione era tenuto ad anni alterni da un filosofo. Il Collegio passò in gestione alla municipalità di Digione e venne retto da un Ufficio Amministrativo nominato con decreto reale. A seguito dell'entrata in vigore della riforma dell'insegnamento dovuta al digionese Guyton de Morveau, cambiarono anche le modalità di reclutamento dei docenti che, tuttavia, continuarono a provenire dall'ambiente ecclesiastico. La fisica venne insegnata ogni anno e le lezioni furono pubbliche. Il fatto che l'abate Adrien, professore

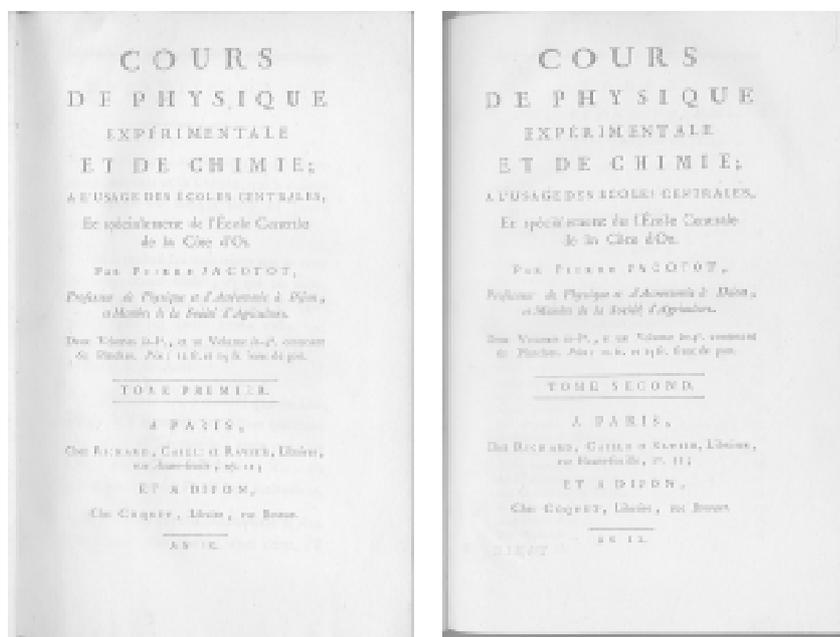


Fig. 1 Frontespizi del I e II tomo dei *Cours* di Pierre Jacotot (1801- Anno IX)

mi testi scolastici per l'istruzione medio-superiore, pubblicati in Francia dopo la rivoluzione chimica, i *Cours* costituiscono un documento interessante per valutarne l'influenza sui programmi d'insegnamento del primo '800. Questo lavoro si è proposto innanzitutto di analizzare criticamente la parte più propriamente chimica dei *Cours*, compresa nella cosiddetta "*Physique particulière*", dopo un'indagine sulla vita del suo semiconosciuto Autore, che ha consentito di cogliere meglio il senso e i limiti dell'opera. Le principali fonti di informazione sono state la biografia di Jacotot, recentemente ricostruita da

4

Paul Barbier [2], e la relazione di Jacques Dubois sulle numerose peripezie cui è stata sottoposta la colle-

che taluni tendono a confonderlo con il cugino Joseph Jacotot (1770-1840), digionese anch'egli, personaggio di cultura enciclopedica e noto studioso di problemi dell'educazione, docente di letteratura classica, matematica e diritto romano, fervido patriota e deputato alla Camera dei Cento Giorni. Per distinguere Joseph, cui la città di Digione ha intitolato una via, da Pierre, i biografi chiamano il primo "*minore*" e il secondo "*maggiore*". La vita pubblica di Pierre Jacotot fu quella di un professore operoso e capace, divenuto preside e rettore di accademia con una carriera brillante e senza strappi, nonostante i rapidi cambiamenti di regime cui, probabilmente, seppe adeguarsi anche in virtù di un mite e innato conformismo.

di fisica dal 1764 al 1782 si riferisse a Galileo, Boyle, Pascal, Newton e Réaumur denota il livello degli studi. Ad Adrien subentrò l'abate Bertrand, astronomo rinomato, con il quale Pierre Jacotot iniziò a collaborare anche nella gestione dell'Osservatorio. Nel dicembre 1788, Jacotot presentò all'Accademia delle Scienze, Arti e Belle Lettere di Digione, cui era stato associato tre anni prima, una memoria su "le calcul de l'éclipse de lune qui arrivera le 2 novembre 1789". Oltre all'eclissi, giunse in quell'anno anche la Rivoluzione che, pare, non lo vide in prima linea. Una legge del 26 dicembre 1790 obbligò i professori al giuramento civico, cinque ecclesiastici rifiutarono e dovettero dimettersi. Jacotot proseguì nella carriera e venne nominato membro residente dell'Accademia nell'agosto 1791 e rettore del Collegio nel 1792 al posto del dimissionario Bailly. Nello luglio dello stesso anno l'Assemblea legislativa dichiarò lo stato di emergenza e anche gli scienziati vennero mobilitati. A Parigi furono istituiti dei corsi rivoluzionari sulla fabbricazione del materiale bellico, mentre un decreto del Comitato di Salute Pubblica (CSP), datato 24 ottobre 1793, nominò Jacotot e Vauquelin commissari per il salnitro, con pieni poteri sull'organizzazione dei relativi stabilimenti nel dipartimento Indre-et-Loire. Dopo un mese, l'incarico venne esteso anche a tre dipartimenti limitrofi e, nel gennaio successivo, Jacotot fu nominato responsabile per l'intera Francia centrale. La società popolare e rivoluzionaria di Tours elogiò, con una petizione alla Convenzione, l'operato di Jacotot e Vauquelin, riconoscendo in entrambi il "sacro fuoco" del patriottismo. Fu una conferma, in quanto Pierre Jacotot era già stato definito, come il cugino, "amico sincero della rivoluzione" in un rapporto della Società Popolare che, durante il Terrore, sorvegliava i funzionari del Collegio. Fino al settembre 1794 Jacotot restò in "missione" al servizio della patria, pur mantenendo il posto di professore di fisica e rettore del collegio. Riprese quindi l'insegnamento a Digione, ma per poco. A seguito della fondazione dell' *École Centrale de Travaux Publics* di Parigi avvenuta nel 1794, un decreto del CSP del 9 novembre dello stesso anno istituì una scuola con il compito di formare, in appositi precorsi, gli allievi "capoclasse", scelti fra i miglio-

Gennaio - Febbraio 2002

ri, cui affidare successivamente funzioni di guida dei compagni e insegnamento subalterno. Jacotot venne nominato docente di " *physique particulière*", ossia di chimica, per questi precorsi. Farà parte anche della commissione giudicatrice del concorso supplementare di ammissione all' *École* che si svolgerà nel febbraio 1795. La nomina a bibliotecario dell' *École* parigina è del 26 novembre 1795, incarico che abbinerà all'insegnamento dell'algebra nei corsi "rivoluzionari" della medesima. Sono di questo periodo i primi riconoscimenti alle qualità didattiche di Jacotot. Ciononostante, già alla fine del 1794, secondo quanto si deduce da un verbale del Consiglio di Amministrazione del Collegio Godran, Jacotot aveva manifestato l'intenzione di rientrare a Digione, con l'obiettivo di tenervi un corso di fisica sperimentale e di chimica. L'ultima traccia del suo servizio all' *École* è la firma, come segretario, del verbale del Consiglio della medesima datato 16 aprile 1795. Il giorno 7 dello stesso mese (18 Germile) erano state create le *Écoles Centrales*, generalmente una per dipartimento. Esse corrispondevano al secondo grado dell'istruzione pubblica ed erano divise in tre sezioni. Nella prima si era ammessi fra 12 e 14 anni e le materie erano: storia naturale, disegno e lingue antiche. Nella seconda si era ammessi fra 14 e 16 anni e si insegnava matematica, fisica e chimica, nella terza, fra 16 e 18 anni, si insegnava storia, grammatica generale, legislazione e belle lettere. Gli allievi potevano liberamente definire i propri piani di studio, scegliendo gli insegnamenti da seguire [5]. L' *École Centrale de la Côte d'Or* di Digione aprì nel giugno 1795 e a Jacotot fu affidato l'insegnamento della fisica. Si ricorda che, in quel periodo, non esisteva più l'Università e gli studi proseguivano presso le scuole militari del genio e dell'artiglieria o presso l' *École Polytechnique*, dove si era ammessi per concorso. Ebbene, in tali occasioni, i candidati provenienti dall' *École Centrale de la Côte d'Or* ottenevano risultati brillanti e, a differenza degli altri, avevano buone conoscenze di fisica. Ciò veniva attribuito al rinomato gabinetto di fisica e di chimica annesso all'Accademia di Guyton ed anche ai loro professori, prima di tutto al cittadino Jacotot, di cui si diceva che era bravo quanto modesto. La pubblicazione dei *Cours*

Testi di chimica del periodo napoleonico

nel 1801 è un'ulteriore conferma dell'appassionato impegno didattico di Pierre Jacotot. Intanto, nonostante i riconoscimenti ufficiali all' *École Centrale de la Côte d'Or* ed ai suoi malpagati professori, il sistema dell'istruzione medio-superiore fondato su tali scuole sembrò a molti già superato. Una legge del 1 maggio 1802 (11 Florile X), anno della pace di Amiens, abolì tali *Écoles* e quella di Digione chiuse i battenti nell'ottobre 1803 (1 Brumaio XII). Al posto di quest'ultima, nel maggio dello stesso anno e sulla scia della legge nazionale, venne istituito un liceo, di cui Jacotot divenne preside a seguito di un decreto di Bonaparte primo console. Si ricordi che, a seguito del colpo di stato del 9-10 novembre 1799 era stato istituito un consolato provvisorio, proclamata una nuova Costituzione (15 dicembre 1799) e che Bonaparte si era insediato alle Tuileries il 19 febbraio 1800. Può essere interessante sottolineare che nella domanda per il posto di preside, Jacotot si qualificò come "notabile nazionale" e membro del Consiglio Generale, con alle spalle 25 anni di insegnamento. A suo carico diceva di avere una sorella vedova con due figli e un padre settuagenario, cui doveva provvedere soltanto con il proprio stipendio. Jacotot era celibe e questi oneri lo equiparavano, in termini di necessità economiche, ad un padre di famiglia. Visto che i presidi di liceo dovevano essere sposati o esserlo stati, la precisazione non era irrilevante e, come si è visto, sortì il suo effetto. Intanto, Jacotot preparava una nuova edizione dei *Cours* ad uso dei licei, che sarebbe uscita nel 1805, con integrazioni riguardanti l'astronomia, la mineralogia e la fisica. Terrà conto delle nuove scoperte e teorie che, specialmente nel campo dell'elettricità e dell'elettrochimica arricchiranno, con la pila di Volta, la fisica e la chimica di nuove conoscenze. Tuttavia, il sistema dei licei non aveva dato i risultati sperati ed era malvisto dalla borghesia. Napoleone Bonaparte, proclamato imperatore dei francesi il 18 maggio 1804, aveva pressante necessità di formare i quadri dell'Impero. Convinto che se ne dovesse occupare l'Università, fece votare, il 10 maggio 1806, una legge che creava "sotto il nome di università imperiale, un corpo incaricato esclusivamente dell'insegnamento e dell'istruzione pubblica in tutto l'im-

pero". Il 17 marzo 1808 fu firmato il decreto di 144 articoli che poneva "le basi dell'insegnamento nelle scuole dell'università" [6]. L'Università imperiale era suddivisa in accademie, amministrate da rettori. L'evento segnò un nuovo progresso di carriera per Jacotot. Egli fu nominato rettore dell'accademia di Digione, cui facevano capo i territori di tre dipartimenti (Côte d'Or, Saône-et-Loire e Haute-Marne), e che comprendeva le facoltà di diritto, lettere e scienze. Pierre e Joseph Jacotot appartenevano a quest'ultima; il primo era professore di chimica e il secondo di matematica applicata. Gli allievi della facoltà di scienze erano in parte liceali e in parte "amatori". Dal 1810 al 1814 non vi fu alcun laureato; non è strano se si pensa che durante l'Impero essi non superarono la quarantina in tutta la Francia. Nel frattempo, anche le preoccupazioni economiche di Jacotot erano cessate. Infatti, nel settembre 1807, Jacotot aveva ereditato da Damien Degrenaud, un amico nobile e senza figli, una vera fortuna, stimabile in ca. 200000 F.

A seguito delle disfatte militari, dell'invasione del Paese e dell'abdicazione di Napoleone (11 aprile 1814) si ebbe la prima Restaurazione. Jacotot non ne risentì, si adeguò rapidamente e mantenne il posto. Al ritorno di Napoleone a Parigi (20 marzo 1815) gli studenti del liceo, in maggioranza bonapartisti, contestarono le autorità scolastiche fedeli al re. Jacotot superò indenne anche questa crisi giurando obbedienza all'Imperatore, mentre altri professori rifiutarono. Dopo Waterloo (18 giugno 1815), con il ritorno dei Borboni, la sua posizione si fece difficile. Questa volta le con-

testazioni e le epurazioni furono più severe e Jacotot venne destituito, nonostante si difendesse dall'accusa di essere stato bonapartista. Secondo un biografo, la popolazione, che lo stimava, fu dispiaciuta del suo allontanamento, ritenendolo un amministratore saggio. Gli subentrò Berthot, che reggerà il rettorato per 33 anni e che non mancò di rimproverargli la mancanza di polso con i subalterni. Dal 1815 al 1821, anno della morte, si occupò di affari pubblici a livello locale e di beneficenza, sfruttando l'eredità dell'amico. Morì di tisi polmonare il 14 luglio 1821 ed ebbe funerali solenni cui parteciparono, di loro iniziativa, quasi tutti i suoi allievi. Lasciò i propri beni alla sorella e 20000 F ai poveri. Nel *Journal* di Carion del 18 venne ricordato come un "uomo che aveva dedicato i suoi talenti, le sue virtù e la vita intera all'istruzione della società". Bontà, gentilezza, disinteresse e modestia furono, a detta di chi lo conobbe, tratti distintivi del carattere di Pierre.

I Cours

Il *Journal de la Côte-d'Ore* di Vivant Carion del 20 Ventoso (10 marzo 1801), li presenta con questa curiosa pubblicità: "Anche quelli che non hanno mai studiato geometria, non troveranno difficile quest'opera. Quelli che in questa parte delle matematiche hanno mietuto dei successi, troveranno nelle note che concludono la parte di fisica una serie di problemi interessanti. Quest'opera onora sia il suo stimato autore che la città dove egli insegna: è in vendita a Digione dal libraio Coquet, via Bossuet, al prezzo di 12 F". Per inquadrare i *Cours* nella storia della chimica, va ricordato che nello

stesso periodo (1801-1802) veniva pubblicata a Parigi l'opera in undici volumi *Système des connaissances chimiques* di Antoine-Françoise de Fourcroy. Essa seguiva la teoria antiflogistica e fu di notevole importanza per la diffusione della nuova chimica francese, il cui suo principale artefice, Antoine Lavoisier, era morto da circa sette anni, essendo caduto vittima del Terrore l'8 maggio 1794.

Il testo dei *Cours* è preceduto da alcune interessanti avvertenze "avertissement" di Jacotot al lettore. Queste, rilette con attenzione, aiutano a comprenderne motivazioni e stile di insegnamento. Innanzitutto, egli precisa che il testo contiene la fisica sperimentale e la chimica riunite, per la prima volta, in un trattato specifico. Afferma poi di aver eliminato le parti che non riteneva di reale utilità, adatte solo ad affaticare la memoria del Lettore, conservando invece tutte quelle che mostravano qualche collegamento con le Scienze e le Arti. Dopo aver tranquillizzato gli allievi sprovvisti di nozioni di geometria sulla fruibilità del testo e incoraggiato quelli più preparati a risolvere i problemi riportati nelle note (vedi citazione del *Journal* di Carion), Jacotot termina esprimendo alcuni auspici che ne rivelano ulteriormente, con accenti quasi toccanti, la premura verso gli allievi e l'amore allo studio.

Mon travail aura la récompense la plus douce et la chère à mon coeur; s'il peut épargner quelques difficultés à mes jeunes Concitoyens, et leur inspirer le désir de cultiver une Science qui nous manifeste les merveilles de la Nature et la puissance infinie de l'Être suprême.

Come si è detto, il trattato si compone di due volumi, suddivisi in cinque parti. Ciascuna comprende capitoli e "articles" numerati. Il primo volume contiene una trentina di pagine che illustrano semplici proprietà dei liquidi e dei solidi (pressione, densità ecc..) e la prima parte della cosiddetta "physique particulière", per un totale di 332 pp. + le note (esercizi). Il secondo volume contiene la seconda parte della "physique particulière", identificabile con la chimica, per un totale di ca. 350 pp.

Entrambi i volumi contengono tavole illustrative della strumentazione o degli esperimenti descritti nel testo. La

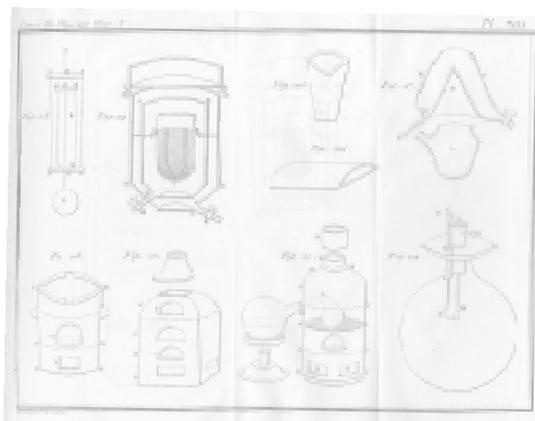


Fig. 2 Tav. XIII del tomo I dei *Cours*. In alto: pendolo, calorimetro, crogiolo, muffola, alambicchi; in basso: forno per evaporazione, forno a coppette, forno a riverbero, pallone per studiare la composizione dell'acqua.

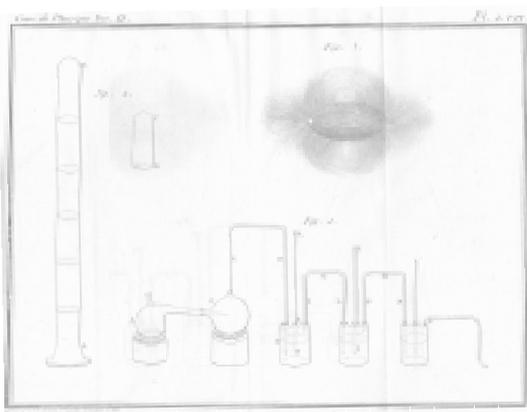


Fig. 3 Tav. LVII del tomo II dei *Cours*. Eudiometro di Fontana, esperienza sul magnetismo e apparecchio di Wouff per la produzione degli acidi.

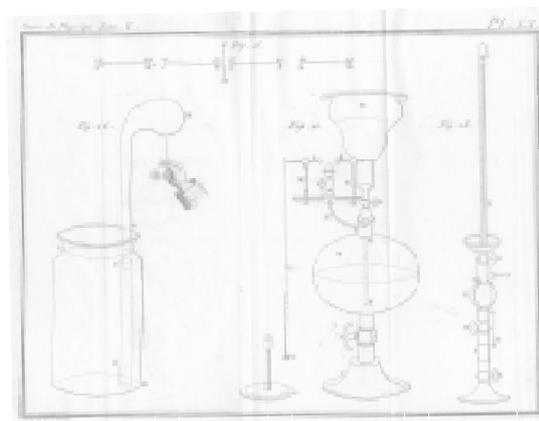


Fig. 4 Tav. LX del tomo II dei *Cours*. In alto: illustrazione della teoria di Coulomb sul magnetismo; in basso: eudiometro di Guiton, lampada ad aria infiammabile, eudiometro di Volta.

figura 2 riproduce una tavola del primo volume, mentre la figure 3 e 4 sono tratte dal secondo. Tornando al I vol., i vari capitoli dal I al V sono, nell'ordine, dedicati ad: aria, calorico, acqua, luce ed elettricità.

Ciascuno di essi comprende, generalmente, una parte teorica in forma diffusa, una parte dedicata alle apparecchiature e la descrizione di alcuni esperimenti. Ad esempio, per il I capitolo, la parte teorica tratta le proprietà e la composizione dell'aria, la sua umidità e il suono, mentre le apparecchiature includono i contenitori, vari tipi di barometri, sifoni, pompe, igrometri e sonometri. È interessante notare come l'argomento includa tutti gli aspetti che possono interessare la vita pratica, le applicazioni "tecnologiche" e le percezioni sensoriali come la visione e l'udito. A questo proposito, nell'articolo settimo, a p. 109, viene trattato anche l'orecchio. Nonostante il vol. I sia dedicato alla fisica propriamente detta, parte di ciò che riguarda direttamente lo scopo di questo lavoro, ossia le ripercussioni della rivoluzione chimica in campo didattico, lo si può trovare anche in esso. Ad esempio, nel cap. 1 art. V, a proposito dell'analisi dell'aria, dei suoi costituenti e del processo di combustione e nel cap. 3 a proposito dell'acqua, si dice:

Analyse de l'air atmosphérique (p. 70)
Les anciens regardoient l'air comme un des principaux alimens de tous les êtres qui respirent sur la terre; mais il ne connoissoient pas les différentes substances dont il est composé, ni les fonctions auxquelles il est destiné par la nature. Nous devons cette importante découverte

aux physiciens modernes, et sur-tout au célèbre Lavoisier. Il fit voir, en 1776, que l'air atmosphérique est formé de trois espèces de gaz.....

100 parties d'air atmosphérique contiennent ordinairement une ou deux parties d'acide carbonique; 72 de gaz azote, et 26 ou 27 parties d'air vital, c'est-à-dire un quart à-peu-près.

Gas azote (p. 75)

Il est composé 1°. d'une substance simple qui en est la base, et qu'on nomme azote; 2°. du calorique qui la tient en état de gaz.

Air vital (p. 76)

Il est composé: 1° de calorique; 2°. d'une substance simple qu'on appelle oxigène, et qui est la base de ce fluid élastique.

Combustion (p. 80)

La combustion n'est autre chose que la combinaison de l'oxigène avec une autre substance: elle ne s'opère ordinairement que par le secours de la chaleur. Quand on élève la température d'un corps, le calorique écarte ses molécules et diminue leur attraction réciproque. Il augmente leur affinité pour l'oxigène qui se combine avec elles, en abandonnant le calorique et la lumière qui le tiennent en état de gaz.

De L'Eau (p. 131)

Ce liquid avoit toujours été regardé comme un corp simple; mais il est bien démontré que 100 parties d'eau contiennent environ 85 parties d'oxigène, et 15 d'hydrogène. Les premiers pas qu'on a faits pour découvrir cette vérité remontent a

l'année 1776, Macquer... En 1783 Cavendish obtint a Londres... Lavoisier fit alors, avec Laplace et Meusnier, des expériences dont la précision ne lassoit aucun doute.

Il testo mostra che la natura di miscela gassosa dell'aria atmosferica, composta prevalentemente di azoto e aria vitale, più acido carbonico (l'odierno diossido di carbonio), presenti in rapporto preciso, non è più in discussione. Nel secondo volume laddove vengono definiti gli acidi si dirà:

Les acides sont des sels qui ont une saveur aigre, et qui changent en rouge les couleurs bleues de quelques vegetaux. Ils sont composés d'oxigène et d'une substance particulière qui est la base ou le radical de l'acide.

Considerato che le proprietà del diossido di carbonio si potevano studiare facendolo assorbire in acqua, cui impartiva reazione acida, la mancata distinzione fra acido e diossido è più che mai comprensibile. Ancora, il testo presenta i gas azoto e aria vitale come unione di sostanza semplice (elemento azoto e ossigeno) con il calorico, ritenuto anch'esso elemento. Per quanto riguarda la combustione, l'interpretazione come reazione con l'ossigeno appare assodata, mentre l'assenza di accenni al flogisto testimonia il definitivo tramonto dell'omonima teoria. Rimane la confusione sul ruolo del calorico e della luce (considerata anch'essa elemento). È interessante notare l'attribuzione al celebre *physicien* Lavoisier del merito maggiore nella scoperta della composizione dell'aria. È una delle poche volte che Lavoisier viene citato

nei *Cours*, forse quella dove Jacotot si sbilancia di più. All'elogio a Lavoisier (citato soltanto altre due volte, di cui una a proposito della combustione del diamante) Jacotot preferisce quello ripetuto alle "belle" esperienze di Guyton de Morveau, oppure a Berthollet e Fourcroy. Se nella visione di Jacotot ciò sia dovuto, magari in buona fede, al peso scientifico dei personaggi, oppure al diverso destino che la Rivoluzione aveva loro riservato, resta un mistero. Di certo, Guyton de Morveau era, all'epoca, un personaggio molto influente sia a livello locale che nazionale e, si sa, una citazione lusinghiera, lascia indifferenti pochi autori. Come già anticipato, Lavoisier viene ricordato anche con riferimento alle esperienze che portarono a confermare con dati quantitativi precisi che l'acqua è composta di ossigeno ed idrogeno. È noto che l'attribuzione della scoperta fu a lungo discussa ed è interessante notare l'ordine di priorità dato da Jacotot: Macquer 1776,

Cavendish 1783 e Lavoisier-Laplace subito dopo.

Per quanto riguarda il II vol., la sua organizzazione è desumibile dall'indice riportato in Tabella 1. Vi appaiono le parti 2-5 di *physique particulière* dedicate nell'ordine a: sostanze minerali, vegetali, animali e ad una miscelanea. Le parti 2-4 costituiscono una sorta di "catalogo" descrittivo delle sostanze conosciute, che ne riporta la definizione chimica, l'origine, le caratteristiche fisiche, chimiche ed organolettiche, la preparazione, gli usi e i derivati commerciali.

L'impostazione data al testo, attenta soprattutto alle applicazioni pratiche delle conoscenze chimiche, rispondeva, quasi certamente, anche ai bisogni di un'utenza più vasta, visto che si ritrova in forma analoga, a distanza di oltre un secolo, anche nel ben noto "Dizionario di Merceologia e Chimica Applicata" di Villavecchia [7]. Come esempio, laddove nei *Cours* si parla degli acidi di origine vegetale, all'art. XXXI (*De l'Acide gallique*)

compaiono le sottovoci 817-821, dedicate rispettivamente ad: acido gallico, principio astringente, inchiostro ordinario, inchiostro di china, inchiostro simpatico. Nella descrizione dei liquidi di origine animale si parla del latte, del siero, del formaggio, del burro, del sangue, dell'urina e della bile. Come curiosità, si ricorda che, laddove si parla del latte, viene riportata anche la ricetta di una crema contenente mandorle, zucchero e acqua di fiori d'arancio, detta *franchipane*, con una commistione fra scienza e cucina che, in un libro di testo odierno, darebbe luogo a qualche ilarità. L'ultima parte dell'opera è quella più interessante ai fini del presente lavoro. In essa infatti, dopo aver trattato i gas permanenti, ossia gli aeriformi che non cambiano di stato per azione della temperatura e della pressione e i vari tipi di acque minerali, Jacotot dedica cinque pagine alle operazioni del laboratorio chimico, diciotto all'affinità, cinque alla simbologia chimica e due tabelle, che occupano numerose pagine, ai gradi di affinità ed alla nomenclatura.

Per quanto riguarda l'affinità, essa viene introdotta nel capitolo IV intitolato "*De la cause des opérations chimiques*", dopo questa vibrante premessa (p. 321):

L'attraction qui règne sur tous les corps, et qui entretient l'harmonie de l'univers, produit aussi les différentes phénomènes que la chimie nous présente; mais il est impossible de calculer ses effets, parce que son intensité varie suivant la nature des corps; et que, d'ailleurs, elle agit sur des molécules dont la masse et la figure se dérobent à nos sens.

La definizione data a p. 322 è la seguente:

L'affinité est l'attraction qui s'exerce entre les molécules des corps, et à des distances insensibles.

Seguono le nove leggi dell'affinità e la sua espressione in termini numerici, con un riconoscimento a Guyton (p. 327):

Les chimistes ont essayé de représenter les affinités par des nombres, et le citoyen Guiton l'a fait avec le plus grand succès; mais on ne peut déterminer ces nombres que

TABELLA 1 *Indice dei contenuti del II tomo dei "Cours" dedicato alla Chimica, parte 2-5 della "Physique Particulière" [1]*

SECONDE PARTIE

Chapitre premier (C1): *Des sels primitifs*
 Article premier (A1): *Des Alkalis*
 A2: *Des acids*

C2: *Des Terres primitives*

C3: *Des Metaux*
 A1: *Métaux bien ductiles et qui s'unissent difficilement à l'oxigène*
 A2: *Métaux ductiles, et qui s'oxident aisément.*
 A3: *Métaux un peu ductiles et facilement oxidables.*
 A4: *Métaux cassans et oxidables.*
 A5: *Métaux cassans et qui deviennent acides.*

C4: *Des Sels secondaires*
 A1: *Des Sulfates*
 A1: *Des Sulfites*
 A3: *Des Nitrates*
 A4: *Des Nitrites*
 A5: *Des Muriates*
 A6: *Des Muriates oxigénés*
 A7: *Des Carbonates*
 A8: *Des Borates et des Fluates*

C5: *Des substances inflammables*
 C6: *Des Pierres et des Roches*
 1^{re} Classe: *Pierre silicieuses*

TROISIÈME PARTIE

Des Substances végétales

QUATRIÈME PARTIE

Des Matières animales

CINQUIÈME PARTIE

C1: *Des Gaz permanens*
 C2: *Des Eaux minérales*
 C3: *Des Opérations de la Chimie*
 C4: *De l'Affinité*

par l'expérience; si vous designez par 65 l'affinité de la baryte pour l'acide sulfurique, vous emploierez un nombre inférieur pour exprimer celle de la potasse qui est un peu moindre.

...On est souvent obligé de renoncer a ceux (nombres) qu'on avoit d'abord adopté, lorsqu'on trouve des combinaisons qu'ils ne peuvent expliquer.

Dopo alcune tabelle che riportano gli indici di affinità di alcuni acidi (solforico, nitrico, muriatico, acetico e carbonico) per un certo numero di sostanze, vengono citati alcuni esempi di calcolo grafico, secondo il metodo di Guyton. Ad esempio, per dimostrare che il cloruro di potassio non reagisce con il solfato di calcio (p. 331), occorre confrontare le forze quiescenti

	<i>Acide sulfurique</i>	62		<i>Potasse</i>	
Sulfate de chaux	54	+	32	= 86	Muriate de potasse
	<i>Chaux</i>	<u>20</u>		<i>Acide muriatique</i>	
		82			

Fig. 5 Uso degli indici di affinità

(che tendono a conservare i sali così come sono), con quelle divergenti che tendono a formare i nuovi prodotti (fig. 5).

Come si vede, la somma delle prime è 86 mentre quella delle seconde è 82, perciò le prime prevalgono.

Concluso il capitolo sull'affinità, Jacotot affronta la classificazione dei corpi semplici e la loro rappresentazione simbolica attribuita ai cittadini Hassenfratz e Adet. Anche se la prima è ben lungi dall'odierno sistema basato sulla periodicità delle proprietà chimiche e, come si è detto, include la luce e il calorico, essa recepisce appieno i concetti introdotti dalla rivoluzione chimica (p.334).

On divise les corps simples en cinq classes qui comprennent 1°. la lumière, le calorique, l'oxigène et l'azote; 2°. la potasse, la soude et les neuf terres qui sont connues; 3° les vingt et un métaux; 4°. les substances inflammables qui sont, le carbone, l'hydrogène, le soufre et le phosphore; 5°. les bases inconnues des acides muriatique, fluorique et boracique.

Per quanto riguarda la simbologia, si Gennaio - Febbraio 2002

vedano gli esempi riportati in Tabella 2, relativi alle diverse classi ed anche ad una sostanza composta.

Con riferimento alla base ignota dell'acido muriatico, ossia al cloro, può essere utile ritornare alla parte del libro (Cap. I, Art. II p. 7, 15-16) che tratta gli acidi minerali e il nostro in particolare:

Acides minéraux

Les acides qu'on tire du règne minéral, ont pour base une substance simple, ou qui n'est pas connue. Il sont au nombre de 14;...

Acide muriatique

L'acide muriatique, ou l'esprit de sel, est celui qu'on retire du sel marin, qui est une combinaison de la soude avec cet acide....On ne connaît pas encore bien les principes de ce flui-

de aériforme: mais les expériences du citoyen Berthollet paroissent démontrer qu'il est composé d'hydrogène, d'azote et d'oxigène.

Acide muriatique oxigéné

Cet acide n'est autre chose que de l'acide muriatique combiné avec l'oxigène.

Per preparare quest'ultimo, con l'apparecchio di Woulf (Fig. 3):

On introduit une partie d'oxide de manganese, deux parties d'acide sulfurique et trois de muriate de soude ou sel marin, dans une cornue qui communique avec l'appareil de Woulf...

Come si vede, l'incertezza è la confusione sul cloro e i suoi composti era notevole. Considerando che tale elemento, scoperto da Scheele nel 1774, era scambiato per un composto e chiamato "Acide muriatique oxigéné", e che soltanto nel 1809 Gay-Lussac e Thénard dimostrarono che non lo era, le affermazioni di Jacotot si giustificano alla luce delle conoscenze dell'epoca.

Le tabelle relative all'affinità abbon-

TABELLA 2 Simboli di alcuni "corpi semplici" compresi nelle cinque classi [1]

<p>Première classe</p> <p>Oxigène ————— Calorique </p>		
<p>Potasse </p>	<p>Silice </p>	<p>Soude </p>
<p>Troisième classe</p> <p></p>	<p>Quatrième classe</p> <p> </p> <p>Carbone Soufre</p>	<p>Cinquième classe</p> <p></p>
<p>Des Substances composéee</p> <p>Carbonate de soude  </p>		

dano di dati e permettono di farsi un'idea delle reazioni note. Vi si trovano elencate le combinazioni degli acidi con le terre (ossidi) e delle basi con i metalli, in ordine di affinità relativa. Come esempio, le possibili combinazioni dell'acido tartarico sono ventidue; al primo posto (massima affinità) c'è la calce e all'ultimo l'ossido di platino. Le tabelle relative alla nomenclatura ed ai sinonimi, con il confronto fra nomi nuovi e vecchi (ca. 40 pp.), sono illuminanti ai fini di verificare gli effetti della semplificazione di linguaggio che la rivoluzione chimica ha introdotto. Come esempio, si riporta il caso del carbonato di magnesio (p.384), cui la nuova nomenclatura assegnava appunto il nome di carbonate de magnésie mentre prima lo si poteva trovare come *craie magnésienne*, *magnésie aérée de Bergman*, *magnésie blanche*, *magnésie crayeuse*, *magnésie effervescente*, *méphite de magnésie*, *terre magnésienne*, *terre muriatique de Kirvan*, *poudre de comte de Palme*, *poudre de Santinelli*. Mentre al posto di *phosphure de fer* si poteva trovare *Régule de sydérite*, *Syderum de Bergman* e *Syérotète de Morveau*.

A conclusione di questa analisi, si vuole ricordare un punto dell'opera di Jacotot dove, fra le diverse pietre, si cita la pietra filosofale (p. 43):

La pierre philosophale est le moyen de changer un métal en or. Ceux qui se livrent à cet art chimérique, portent le nom d'alchimistes; et leurs prétendus succès ne sont que des illusions trompeuses. Néanmoins, il seroit possible qu'on découvrit un jour les principes de l'or, et qu'on parvint à les unir entre eux, comme l'oxigène et l'hydrogène, avec lesquels on forme de l'eau.

Può sorprendere che questa illusione degli alchimisti fosse giudicata degna di menzione ma, dal suo superamento, Jacotot trae lo spunto per impartire ai suoi lettori una garbata lezione di modestia, rammentando loro che le conoscenze si evolvono nel tempo.

Un parallelo italiano

Il testo di Pellegrino Salvisni "Lezioni di chimica elementare applicata alla medicina e alle arti", il cui primo volume fu pubblicato a Milano nel 1802 e il secondo a Bologna nel 1804

[4] può, forse, costituire un interessante termine di paragone con l'opera di Jacotot [7]. E' curioso notare che il frontespizio del primo volume (Fig. 6) presenta l'autore come *dottor fisi-*

la di Jacotot e l'idea della *physique particulière*. Certo, il carattere didattico dell'opera di Salvisni è notevolmente più accentuato. Lo si desume dallo stile discorsivo dell'esposizio-

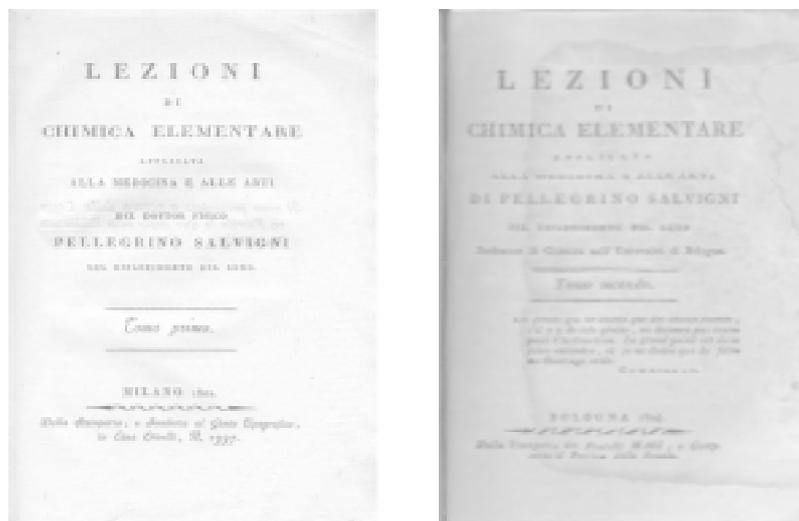


Fig. 6 Frontespizi del tomo I (1802) e del tomo II (1804) delle *Lezioni* di Pellegrino Salvisni.

co Pellegrino Salvisni *del dipartimento del Reno*, mentre il secondo (Fig. 6) vede sostituito il titolo di dottore con quello di *Professore di Chimica nell'Università di Bologna*.

Infatti, come ricorda una lapide visibile tuttora nell'atrio del Dipartimento "G. Ciamician", Pellegrino Salvisni da Imola tenne la cattedra di chimica generale proprio a partire dal 1802 e fino al 1817, succedendo a Giovanni Marchetti, che l'aveva tenuta per un solo anno. A Salvisni subentrò poi Antonio Santagata. Tutto ciò induce a pensare che le *Lezioni* di Salvisni fossero scritte per studenti universitari e, da questo punto di vista, il paragone con i *Cours* potrebbe sembrare un po' forzato. Tuttavia, come si dirà più avanti, Salvisni precisa che sono per *principianti*, forse allievi digiuni di chimica, allo stesso livello dei destinatari del libro di Jacotot.

Per valutare meglio l'opera, che nel piano iniziale doveva comprendere quattro volumi, conviene richiamare alcune avvertenze e note dell'autore. Egli afferma che "queste lezioni sono destinate per quelli, che appresa la fisica, vogliono applicarsi alla chimica" e che "coloro che intraprendono a studiare la chimica, debbono già conoscere la fisica". Inoltre, "la separazione della chimica dalla fisica non è essenziale, poiché la chimica è un ramo della fisica". L'impostazione quindi richiama quel-

ne, che talvolta è ripetitiva, come se l'autore si preoccupasse dell'effettivo apprendimento dei concetti esposti. Sono riportati numerosi esperimenti, alcuni dei quali possono apparire banali, come lo *sperimento I* della lezione IV sugli effetti anomali del calore (*Comunicando calorico al bianco dell'uovo, esso diverrà solido*). La descrizione delle operazioni e delle tecniche di laboratorio è precisa e minuziosa al punto che potrebbero essere facilmente ripetute, inclusa la preparazione dei diversi tipi di *luti*. Certo, vista l'evoluzione dei mezzi di trasporto, il *luto* adatto ad intonacare le storte ed altri recipienti, costituito di terra argillosa e sterco di cavallo (p. 172, I vol.), richiederebbe una materia prima reperibile con qualche difficoltà.

A parte queste curiosità, si tratta di un testo completo di chimica e laboratorio, facile da capire, dove l'autore si è "studiato di tenere un metodo facile e adattato ai principianti, non dicendo alcuna cosa anticipatamente, e passando sempre dal cognito all'incognito". Il passaggio dove il risultato non corrisponde pienamente all'intenzione è la lezione XIII (p. 68, vol. I), laddove si tratta dell'*affinità di composizione, ossia dell'attrazione chimica, considerata ne' corpi di diversa natura*. Nonostante Salvisni riduca a cinque le leggi sull'affinità e le illustri con esperimenti,

la definizione di *affinità di composizione elettiva per concorso*, chiamata *complessa* da Berthollet, non sembra oggi *comodissima per esprimere facilmente il fatto, e per aiutare eziandio la memoria*. Per quanto riguarda la possibilità di reazione, Salvigni, come Jacotot, riporta uno schema del tipo di Fig. 5, con il bilancio fra *forze quiescenti e divellenti*. Si può immaginare che la rassegna di *altre specie d'affinità non ammesse da moderni*, ignorata dal pragmatico Jacotot e che chiude la lezione, non doveva essere fra le più agevoli da seguire. Tutto ciò contrasta con lo stile di composizione del libro, finalizzato alla comodità di consultazione e lettura. Questa caratteristica, che si manifesta con una grafica pulita, larghi margini con postille esplicative, numero della lezione ripetuto in ogni pagina, lo rende sorprendentemente simile ai testi attuali. Anche le citazioni bibliografiche e le note a fondo pagina contribuiscono a renderlo, da questo punto di vista, un libro più moderno dello Jacotot. Per quanto riguarda i contenuti, la nuova chimica è presente, con il pieno riconoscimento all'*immortale* Lavoisier della dimostrazione dei principi della medesima. Relativamente all'aria atmosferica viene riferita in dettaglio (p. 252, I vol.) la *novella prova per sintesi, che la medesima è un miscuglio di due gas differenti*, e per l'ossigeno la *prova luminosissima che la base di questo gas non è cosa immaginaria, ma reale, che si pesa, che si combina, come tutti gli altri corpi*. Così, la prova e i risultati della decomposizione dell'acqua con ferro rovente (p. 267, I vol.) che stabilirono la composizione della stessa (*85 parti di ossigeno e 15 d'idrogeno*).

Adunque l'idrogeno considerato in sé, astraendo da ogni maniera di combinazione, si è il puro idrogeno; considerato nel gas idrogeno (Sperimento I) è combinato col calorico; considerato nell'acqua, o in altri fluidi che lo contengono, si è un componente dei medesimi.

Ritorna come si vede, l'idea che il *gas idrogeno* sia idrogeno combinato calorico.

I ripetuti riconoscimenti di Salvigni all'opera di Lavoisier e il tono delle citazioni, confrontato con quello di Jacotot, rafforza il sospetto che, all'epoca, in Francia, fosse in qualche

misura "imprudente", attribuire a Lavoisier la paternità della nuova chimica. Anche Salvigni, però, manifesta una propensione a citazioni pletoriche e con toni ossequiosi di celebrità locali. Ad esempio, numerose note richiamano il *rinomato e dottissimo* professore Brugnatelli (1761-1818). Medico, chimico e già allievo del flogista Scopoli, Luigi Valentino Brugnatelli [8], iniziatore della galvanoplastica, insegnava chimica a Pavia, curava la pubblicazione degli *Annali di Chimica* (1790) e scrisse gli *Elementi di chimica appoggiati alle più recenti scoperte* (Pavia 1795-1797). Pubblicò negli *Annali* un *Prospetto di riforma alla nuova Nomenclatura Chimica proposta dai Sigg. Morveau, Lavoisier, Berthollet e Fourcroy*. Già nell'introduzione al primo volume, Salvigni specifica:

Scrivendo le presenti lezioni io aveva seguita la dottrina delle affinità dell'illustre Berthollet, e la nuova nomenclatura chimica del celebre professore Brugnatelli; ma dovendole pubblicare, quanto alla prima ho stimato consiglio più prudente l'attendere il giudizio dei classici, e non adottarla forse con troppa celerità in un libro elementare; quanto alla seconda mi è venuto in animo di porla in note, lusingandomi che in tal guisa ne risulterebbe ai lettori un doppio vantaggio.

Ricordando che Brugnatelli voleva chiamare l'acqua *termossido di flogogeno*, essendo costituita da *termiossigeno* e *flogogeno*, si può dire che la scelta di Salvigni di relegare la sua nomenclatura nelle note sia stata quanto mai opportuna. Meno oculata la scelta di preferire per l'azoto il termine *septone*. Nell'appendice alla lezione XXI-XXII, Salvigni tratta esplicitamente e a lungo (pp.154-162) il problema, partendo dalle proposte dei *Neologi Francesi* (azoto) e citando altri nomi in uso nei diversi Paesi (nitrogeno, septone). Il principale difetto del termine azoto sembrerebbe il fatto che la non respirabilità del gas non è una proprietà esclusiva, e che tutti gli altri, eccetto l'ossigeno, sono *essenzialmente azoti* (Chaptal). Il termine septone sarebbe preferibile perché esso è (p. 158, II vol.)

uno de' componenti essenziali di tutti i corpi putrefattibili; di modo che ove esso manca non può giammai

succedere putrefazione.

A ciò, si dovrebbe aggiungere, secondo Salvigni (p. 161, II vol.), la difficoltà dei principianti a distinguere i derivati se chiamati *azoturi, acido nitrico, acido nitroso, gas nitroso, ... nitrati, nitriti ecc...* invece di *septonuri, acido septonico, acido septonoso, gas acido septonoso, ... septonati, septoniti*. Una citazione merita anche la nota di Salvigni (pp. 242-243, vol. I) alla composizione dell'aria stabilita da Lavoisier (*27% aria vitale, cioè, ossigeno e 73% gas non vitale, cioè septone*). In base alle sue personali misurazioni con l'eudiometro al fosforo di Giobert e con l'aria nitrosa, la quantità del gas ossigeno stava al gas septone come 27 a 73 come fissato da Lavoisier, nonostante altri chimici trovarono 20 per il primo e 80 per il secondo.

Una differenza curiosa fra i due testi si riscontra nell'elenco dei metalli, che sarebbero ventuno secondo Jacotot e due in più secondo Salvigni (che nel II volume dice di aver dimenticato tellurio e tantalio nell'elenco del I). Si tratta del *colombio*, citato nel I vol. (p. 109) e del tantalio citato nel II (del 1804). Il colombio è ricordato nel I vol. con la seguente nota:

Credesi un nuovo metallo. Vanmons journal de chimie, Bruxelles. Brugnatelli Annali v. 19

e nel II vol.

si dice che fu trovato congiunto all'ossigeno in istato acido (acido colombico) in una sostanza minerale del Massa Chuset.

Si trattava del niobio, scoperto nel 1801 da Charles Hatchett in un minerale detto colombite, spedito in Inghilterra dal primo Governatore del Connecticut, intorno al 1750. Il tantalio, invece, fu scoperto da Ekeberg nel 1802. Di certo non si può dire che Salvigni trascurasse l'aggiornamento. Una differenza notevole fra i due testi è l'insieme dei composti inorganici trattati, limitati da Salvigni ai sali dei metalli alcalini ed alcalino-terrosi, estesi da Jacotot a quelli dell'argento, mercurio, stagno, oro. Da rilevare anche che Salvigni trascura la parte dedicata alle sostanze vegetali ed animali diremmo *la chimica organica*, a vantaggio dell'inorganica, della parte sperimentale e delle appli-

cazione della chimica alla medicina. Per le sostanze vegetali ed animali egli si limita ad esaminarne *natura e componenti* (p.84-92). Ciò avviene tramite l'analisi "termica" dello zucchero, da cui desume che i componenti *non sono altro che Ossigene, Idrogeno, e Carbonio*, mentre altri *vegetabili* contengono pure *potassa, septone, zolfo, fosforo e terre*. Le sostanze animali, invece, come si desume dall'analisi di *minuzzoli di carne* distillati *con molto fuoco*, oltre *l'ossigene l'idrogeno e il carbonio* contengono essenzialmente *septone*. Di più, in quantità maggiore dei *vegetabili* possono contenere *dello zolfo, del fosforo, ed altri componenti accessori*. A proposito del *sistema chimico di patologia e materia medica di cui torna molto a proposito favellare in questo luogo*, Salvigni riporta (p. 133, II vol.) la classificazione delle malattie in cinque classi:

1. *ossigenetiche* (*eccesso o difetto di ossigene*)
2. *calorinetiche* (*..di calorico*)
3. *idrogenetiche* (*..d'idrogeno*)
4. *septonetiche* (*..di septone*)
5. *fosforetiche* (*..di fosforo*)

da cui deriva quella dei farmaci. Egli però non crede che le *sorprendenti scoperte chimiche moderne* forniscano alla medicina *principj certi ed*

esatissimi e sollecita a tener sempre presente *la forza di vitalità che in essi organi modifica le proprietà chimiche dei corpi*. Da ciò l'esortazione *che non si tengano giammai per vere le spiegazioni chimico-mediche se non reggono alle prove della più rigorosa esperienza*.

In conclusione, il parallelo con l'opera di Jacotot mette in risalto come, nello stesso momento, anche in Italia, la nuova chimica si fosse già affermata nei programmi d'insegnamento, seppur con qualche remora per quanto riguarda la nomenclatura. Le differenze di stile e di contenuto delle due opere, derivanti anche dalla tipologia dei destinatari, confermano che la chimica d'oltralpe insegnata a livello secondario mirava alle applicazioni tecniche, mentre la consorella italiana, insegnata al primo livello universitario, era più rivolta alla medicina e incline alla speculazione.

Ringraziamenti

Si ringrazia per la preziosa collaborazione Michel Pauty, Presidente dell'Accademia delle Scienze, Arti e Belle Lettere di Digione e Jean-François Gauvin del Museo Stewart di Montréal. Si ringrazia inoltre la ditta CIBA Specialty Chemicals, di Sasso Marconi (Bologna) per il contributo

economico, Claudio Trombini per il prestito del testo di Salvigni e Norberto Roveri, Direttore del Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", per l'interesse dimostrato verso questo lavoro.

Bibliografia

- [1] P. Jacotot, *Cours de physique expérimentale et de chimie*, Richard, Caille et Ravier, Paris; Coquet, Dijon; 1801 (IX)
- [2] P. Barbier, *Bull. Soc. Amis Ec. Polytech.*, 1999, n.20, 17-38
- [3] J. Dubois, "*Une collection dijonnaise d'instruments scientifiques du XVIII siècle*", (comunicazione personale)
- [4] P. Salvigni, *Lezioni di chimica elementare applicata alla medicina e alle arti*, tomo I, Genio Tipografico, Milano, 1802; tomo II, Stamperia Masi, Bologna, 1804
- [5] JB Histoire <<http://perso.wanadoo.fr/j-b-histoire/histoire-revolution/instruire_revo.html>>
- [6] J. Toulard, *Napoleone*, Bompiani, Milano, 2000
- [7] V. Villavecchia, *Dizionario di merceologia e di chimica applicata*, III ed., Hoepli, Milano, 1911
- [8] F. Cardone, *Acqua Aria Terra e Fuoco-Storia della Chimica dagli albori a Lavoisier*, Laruffa, Reggio Calabria, 1999, p. 377

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Divulgazione scientifica, storia e didattica: qualche riflessione sul caso della chimica

Riassunto

La divulgazione in campo chimico è molto trascurata dall'editoria italiana. Nel presente lavoro viene tentata un'analisi di quanto presente sia in libreria, sia in edicola; risulta evidente che l'accessibilità dei temi trattati non è elemento che favorisca la diffusione e il successo editoriale: vedi il caso di molti testi di argomento fisico, e in particolare

PIERLUIGI RIANI^(*)

cosmologico.

Una strada che può essere utilmente seguita è quella della storia della disciplina, trattata a livello generalistico, senza specializzazione per temi ristretti. Viene citato l'esempio di un testo sulla storia degli elementi chimici, purtroppo da più di 40 anni fuori mercato.

Abstract

Scientific divulgation, history and education: some reflections about the case of chemistry.

In the present work we try an analysis of the divulgation in the Chemistry field, which is neglected by italian publishers. A first apparent result is that the possibility of understanding the topics is not a key for the editorial success; this fact can be showed by many books in the field of Physics and Cosmology. A better way to proceed is through

12 ^(*) Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Via Risorgimento, 35 -56126 Pisa
e-mail: riani@dcci.unipi.it

the history of Chemistry, at a general level and without a too strict specialization. The example is mentioned of a book about the history of chemical elements, but this book is out of print since more than 40 years.

La finalità di questo lavoro è l'analisi della situazione della divulgazione in campo chimico; questa analisi è fondata fra l'altro sulla comparazione con quanto succede nelle altre aree scientifiche. Non è assolutamente il caso di piangersi addosso, visto che non serve a nulla: lo scopo perseguito è quello di evidenziare qualche possibile via di uscita alla situazione indubbia inferiorità nella quale si viene a trovare la nostra disciplina.

Quello della divulgazione non è un problema a sé stante: la diffusione di una certa cultura scientifica in generale, e più orientata disciplinarmente in particolare, costituisce infatti un possibile tentativo di rimedio alla tendenza generale di orientamento professionale dei giovani, tendenza che praticamente in tutto il mondo evidenzia una forte difficoltà dell'ambito scientifico. I dati delle immatricolazioni universitarie in Italia sono alla portata di tutti: i corsi di Laurea delle facoltà scientifiche presentano cali vistosissimi, e in questa situazione i corsi di laurea in Chimica rischiano seriamente di arrivare a numeri non facilmente sostenibili. La divulgazione può fare qualcosa per opporsi a questo stato di cose? La risposta non può evidentemente essere affermativa con certezza; in ogni caso vale però la pena di tentare.

Lo stato dell'arte: prime rilevazioni

L'indagine può avere inizio in una libreria ben fornita. I primi risultati sono più o meno i seguenti:

- La divulgazione scientifica è numericamente abbastanza ben rappresentata, con un buon numero di testi in buona parte offerti (non guasta!) a prezzi più che abbordabili.
- Alcuni testi sono a carattere multidisciplinare, e sono più o meno dichiaratamente indirizzati a un'alphabetizzazione scientifica generale.
- Molti testi sono a carattere disciplinare; fra le discipline scientifiche

classiche (matematica, fisica, chimica, scienze biologiche, scienze della Terra) la chimica è senz'altro quella meno presente.

d) E' presente sul mercato una collana divulgativa di livello scientifico piuttosto elevato e di ottimo standard qualitativo; per questa collana (Nuovi Classici della Scienza, ed. Zanichelli) il prezzo non è del tutto popolare, anche se comunque accessibile.

Proseguiremo dopo l'analisi di questi dati; procediamo oltre e andiamo a una grossa edicola. Prescindendo dalla pseudoscienza, sempre ben presente, le riviste scientifico-divulgative di un certo livello sono piuttosto poche¹. Fra queste spicca "Le Scienze", edizione italiana di Scientific American; il gruppo editoriale di questa rivista pubblica anche "I quaderni delle Scienze", fascicoli a carattere monografico, "I grandi della scienza", fascicoli dedicati alla vita e alle opere degli scienziati più significativi, e "Le Scienze dossier", pure a carattere monografico.

Particolarmente interessante è il dato offerto da "I quaderni delle scienze", giunti al numero 118 (dato relativo a febbraio 2001). La rivista, che presenta in ogni monografia una raccolta di articoli di prim'ordine, fornisce una classificazione per categorie degli argomenti trattati. Questa classificazione è passata attraverso diverse interpretazioni, l'ultima delle quali è la seguente:

- Astronomia e Cosmologia
 - Biologia, Medicina e Scienze Cognitive
 - Ecologia
 - Matematica, Fisica e Informatica
 - Scienze della Terra
 - Scienze Umane e Sociali
- Manca nulla?

Da notare che, in queste monografie, la Chimica non è del tutto assente: un titolo vi fa riferimento diretto ("Il rischio chimico", guarda caso; non è presente nell'ultima classificazione in quanto è esaurito), altri titoli la coinvolgono in prima linea ("Termodinamica", "I Farmaci", "Nuovi materiali" e soprattutto alcuni dedicati a temi di biochimica), ma la classificazione la considera evidentemente come disciplina di servizio per altre discipline.

¹ Si prescinde evidentemente dalle riviste dedicate all'informatica.

² La Cooperativa del Libro Popolare, editrice della gloriosa collana "Universale economica", contraddistinta dal simbolo del canguro, ha chiuso nel 1954, ed ha costituito il primo nucleo dell'editore Feltrinelli, che ne ha anche rilevato il marchio.

Per la serie "I grandi della scienza" la musica cambia poco, anche se il fascicolo dedicato a Lavoisier è di ottimo livello. Un fascicolo dedicato a un chimico su 22 fra già usciti e in programma non è francamente il massimo che ci si potrebbe aspettare: perfettamente d'accordo sul fatto che non si deve essere corporativi, ma qui si esagera.

Qualche tempo fa

Premessa: personalmente non mi occupo di divulgazione in forma professionale: per i miei interessi la divulgazione serve soprattutto come supporto alla didattica. Pertanto non ho un panorama completo di ciò che di divulgativo in campo chimico è stato pubblicato in passato; in compenso lavoro su qualche ricordo personale (assai vivo, e soprattutto documentato) e su qualche reperto di "mercato antiquario".

Un libro ha segnato in modo indelebile la mia formazione, ed è stato proprio un libro divulgativo di chimica. Autore: I. Neciaev; titolo: Storia degli elementi chimici; anno di stampa: 1951; edizione: Universale Economica della Cooperativa Libro Popolare². Da me letto la prima volta intorno all'età di 11 - 12 anni. Questo libro rappresenta, a mio avviso, il settore di cui al momento attuale si sente maggiormente la mancanza: la storia della disciplina esposta in forma raccontata, anche se non abborracciata, in grado di essere capita nelle linee complessive da giovani in età scolare e in grado di suscitare in essi qualche interesse.

Un altro libro, questo più specificamente di chimica per ragazzi: E. K. Cooper, "Alla scoperta della Chimica", edizione Feltrinelli, 1960. Si tratta di uno di quei testi che, come obiettivo, avevano lo sviluppo di un minimo di pratica sperimentale da parte di ragazzi di 12 - 15 anni. Più o meno nello stesso periodo (fine anni '50 - inizio anni '60), ha un discreto successo commerciale il gioco del "Piccolo Chimico": una scatola contenente alcune provette, un certo numero di sostanze, pochi altri accessori e un manualetto descrittivo alcuni semplici esperimenti. Testi che presentano la descrizione di semplici esperienze sono ancora sul mercato, ma rappresentano a mio avviso un tipo di didattica - divulgazione abbastanza poco significativo.

Passando al settore antiquario, c'è da

rilevare che sul mercato non si trova un gran che. Non posso però fare a meno di menzionare il testo di W. Ostwald dal titolo “Come s’impara la Chimica”, Ed. Fratelli Bocca, 1903: si tratta di un manuale strutturato a domande e risposte (maestro e scolaro), che non esiterei a definire di grandissimo interesse per la storia della didattica. Un altro libro in mio possesso ha un notevole interesse, anche se non riguarda specificamente la chimica: “L’abbicci della Fisica, ossia Primi rudimenti di questa scienza pei giovanetti studiosi”, di G. Milani, edizione Paravia, senza indicazione dell’anno di stampa ma collocabile a cavallo fra ‘800 e ‘900. L’impostazione è quella classica per molte opere a carattere didascalico di quel periodo: due ragazzini vanno in vacanza presso uno zio che passa il suo tempo fra strumenti scientifici di ogni tipo, e ne approfittano per farsi una cultura al riguardo. La vacanza messa a frutto era un classico, e non solo per la divulgazione scientifica: costituiva evidentemente un modo abbastanza efficiente per veicolare messaggi di vario tipo, e nel mio itinerario personale di letture giovanili mi sono imbattuto in un notevole numero di casi.

E’ anche doveroso un riferimento a un grande autore di letteratura per ragazzi, J. Verne. Lasciando perdere tutti i discorsi più o meno oziosi sulla sua presunta “preveggenza”, c’è da osservare che fra le poche questioni scientifiche descritte con evidente cognizione di causa gli aspetti chimici hanno una posizione non secondaria: vedi il romanzo “L’isola misteriosa”, nel quale vengono fra l’altro descritte in modo accettabile la preparazione del sapone e della nitroglicerina. Pure notevole, anche se a un livello puramente descrittivo, la trattazione di argomenti naturalistici (vedi lo stesso “L’isola misteriosa” e “20.000 leghe sotto i mari”); invece il nostro autore casca clamorosamente su questioni fisiche fondamentali: ad esempio, nel romanzo “Attorno alla Luna” dimostra di non aver assolutamente capito il principio di inerzia (o quantomeno di non saperlo applicare).

Per concludere questa brevissima rassegna, c’è da osservare come un certo tipo di editoria per ragazzi non trascurasse, negli anni ’50 – ’60, la parte scientifica; posso menzionare al riguardo diversi esempi, fra i quali

due volumi editi da Principato (“I segreti delle scienze”, 1956 e “Il mondo della scienza”, 1959) che contenevano specifici riferimenti alla chimica. Si trattava comunque di libri di diffusione alquanto limitata³.

Il presente della divulgazione scientifica.

Per quanto di nostro interesse potremo dare al paragrafo il titolo seguente: “La Chimica nella divulgazione scientifica: presente in tracce”.

Della divulgazione sulle riviste abbiamo già ampiamente detto, e abbiamo anche accennato alla scarsa presenza della chimica. Cerchiamo allora di approfondire la disponibilità libraria odierna, trascurando comunque i campi della matematica e dell’informatica. Le discipline senz’altro più rappresentate sono, nell’ordine, la fisica e le scienze biologiche. Per la fisica il settore più gettonato è quello che in qualche modo si rifà all’astronomia e alla cosmologia; per le scienze biologiche abbiamo una forte predominanza di evolucionismo.

Un punto appare immediatamente strano. Un argomento dovrebbe essere tanto più divulgabile quanto più esso si trova in una posizione vicina a ciò che è accessibile all’intuito comune; nella realtà editoriale (e commerciale!) invece il successo arride maggiormente a quegli aspetti della fisica moderna che di intuitivo non hanno proprio un bel nulla. Nel campo della fisica classica, quella più vicina al pensar comune e, soprattutto, quella che descrive assai bene il mondo macroscopico, non conosco opere di divulgazione attualmente disponibili di buon successo commerciale.

Per l’astronomia esistono diversi testi, a carattere soprattutto descrittivo, a una cui parte consistente segue un ordine gerarchico: sistema solare, Galassia, Universo. La parte rimanente è in buona parte dedicata all’evoluzione delle stelle, e qui si capisce immediatamente che per il lettore medio la cosa si fa decisamente più interessante: la materia comune è senz’altro banale; con le nane bianche e la materia degenerare si va già nel pittoresco, ma quando si passa alle stelle a neutroni, con densità di qualche fantastiliardo di kg per centimetro cubo, è tutta un’altra cosa. Non

parliamo poi dei famigerati “buchi neri”! E’ evidente: nella media, molti di coloro che leggono testi divulgativi non chiedono di “capire”, ma chiedono solo materiale per solleticare la propria fantasia.

Più o meno la stessa cosa può essere detta per i testi di argomento cosmologico, nei quali si parla tranquillamente di big bang, di era inflazionaria, dell’universo all’età di 10^{-35} s e di tante altre cosette del genere, tutte evidentemente accessibili al grande pubblico!!! Personalmente ho una certa difficoltà, in questi casi, a parlare di divulgazione: è chiaro che libri del genere (tutti peraltro scritti da scienziati più che illustri, e che quindi non possono certamente essere accusati di inesattezza o di faciloneria) sono destinati, per la gran maggioranza dei lettori, a una lettura di tipo più “linguistico” che scientifico. Non sarà forse che questo tipo di divulgazione è indirizzato a un pubblico di cultura elevatissima, in grado di dominare i difficilissimi concetti sottostanti? E’ ben difficile crederlo, e per due motivi. Prima di tutto, a giudizio degli stessi fisici, una buona parte dei concetti della fisica moderna sono talmente al di fuori della realtà percepibile da essere dominabili solo attraverso la strada della formalizzazione; si tratta quindi di concetti accessibili esclusivamente agli addetti ai lavori. Inoltre c’è l’aspetto economico: molti dei testi di cui stiamo parlando fanno parte di collane di larga diffusione, a prezzo contenuto; francamente è un po’ difficile pensare che la cultura scientifica a un livello elevatissimo sia improvvisamente diventata popolare.

Passiamo alla parte biologica. Sulle riviste di cui abbiamo parlato il livello microscopico, articolato in due sottolivelli (biochimica e fenomeni cellulari) gioca la parte più importante; in libreria è invece l’evoluzione che ha il sopravvento. E anche qui è la fantasia che gioca a mio avviso un ruolo decisivo: il passato più remoto ha sempre avuto il suo fascino, e nei libri che trattano di evoluzione passato remoto e fossili non mancano certamente. Comunque, per i testi scritti da persone affidabili (non ne mancano; vedi ad esempio tutta la produzione di S. J. Gould), la lettura

14 Per concludere questa brevissima rassegna, c’è da osservare come un certo tipo di editoria per ragazzi non trascurasse, negli anni ’50 – ’60, la parte scientifica; posso menzionare al riguardo diversi esempi, fra i quali

³ E’ vero, la diffusione non era un gran che. Ma sono forse molto diffusi al giorno d’oggi, con una disponibilità economica media ben diversa da quella degli anni ’50, i libri per ragazzi?

da parte dell'acquirente di media cultura non è esclusivamente di tipo linguistico: qualcosa può effettivamente restare impresso in modo significativo, se non altro il fatto che l'evoluzione dei viventi non persegue un fine predeterminato e non tende in alcun modo verso la "perfezione". Francamente non mi sembra poco.

E per la chimica? Il piatto piange decisamente; personalmente sono al corrente dell'esistenza di due soli testi, quello di G. Fochi ("Il segreto della Chimica") del 1999 e recensito su CnS (XII, 4, pag. 124, 2000) e uno più recente (2000) di J. Schwarcz dal titolo "Radar, hula hoop e maialini giocherel-

loni" che cerca evidentemente di catturare il pubblico (e gli acquirenti) attraverso un titolo decisamente fantasioso. Qualche tema di carattere chimico è per fortuna presente nel testo di R. M. Hazen e J. Trefil "La scienza per tutti - Guida alla formazione di una cultura scientifica di base".

Il quadro è a questo punto sufficientemente completo:

- la fisica ha dalla sua parte la curiosità per tutto ciò che non è accessibile ai nostri sensi e che, anzi, risulta anche completamente al di fuori delle nostre possibilità di immaginazione;
- la biologia sfrutta ampiamente l'interesse che il più remoto passato ha sempre suscitato e l'immaginazione legata ai "mostri della preistoria";
- la chimica, scienza fondata sul mondo microscopico ma molto legata, per processi e prodotti, al mondo reale macroscopico, ha pochi appigli per suscitare interessi editoriali commercialmente appetibili. In poche parole: ben difficilmente la divulgazione chimica ha la possibilità di "tirare". Su un recente numero della rivista "Le Scienze", C. Di Giorgio parafrasa Giovan Battista Marino:

E' della scienza il fin la meraviglia
chi non sa far stupir, vada alla striglia.

E, diciamolo francamente, è proprio così; va detto che la chimica di meraviglie ne produce in abbondanza, ma non ha ancora trovato la strada per "venderle" (editorialmente parlando) al grande pubblico.

A questo dobbiamo aggiungere prima di tutto la consolidata fama della chimica quale madre di tutte le porcherie e produttrice di tutti i veleni che ci sono al mondo, poi un malinteso senso della sicurezza per cui mai e poi mai dei bravi genitori tutti

merendine, vitamine e igiene assoluta 100% metterebbero in mano ai loro pargoletti il gioco del piccolo chimico, e il quadro è completo.

Divulgazione, storia e didattica.

A questo punto dobbiamo affrontare un aspetto che, come ho già accennato, a mio parere è fondamentale per la divulgazione vera: quello della storia. Un testo di storia (e non mi riferisco alla storia della scienza in particolare, ma alla storia in generale) è generalmente comprensibile da parte di un pubblico piuttosto vasto; non parlo evidentemente del testo specialistico, prodotto unicamente per gli addetti ai lavori, ma parlo piuttosto del testo di ampia sintesi. In effetti, facendo riferimento al livello di studio universitario, per essere in grado di leggere un testo di chimica o di fisica di livello intermedio uno studente ha bisogno di un ben fornito bagaglio di conoscenze preliminari, mentre un testo di storia può essere letto da una fascia di utenza molto più ampia. Scendendo nel pratico: i testi di storia si trovano comunemente nelle librerie, quelli di chimica e fisica molto meno.

Faccio ora riferimento a un altro testo divulgativo che a mio avviso rappresenta un capolavoro del settore: E. Segrè, "Personaggi e scoperte della fisica", volume 1 fisica classica, volume 2 fisica contemporanea. Guardo caso: proprio un testo di storia. L'autore non è propriamente un dilettante; i due volumi sono ben comprensibili e si leggono con somma soddisfazione. Ecco quindi una conferma: la strada della storia delle discipline può costituire la chiave di accesso a un'effettiva divulgazione. Fra l'altro, un grande divulgatore, I. Asimov, ha scritto una storia della biologia e una storia della fisica: testi ormai datati ma sempre reperibili e, soprattutto, validi.

Torno ora alle reminiscenze personali e alla Storia degli elementi chimici di I. Neciaev. Parlandone, ho detto che gli argomenti affrontati in questo libro possono essere capiti nelle linee complessive anche da giovanissimi, più o meno a livello di scuola media. La locuzione "capiti nelle linee complessive" non è casuale: dobbiamo infatti intenderci su cosa significa "capire". Non intendo aprire un dibattito sulla psicologia della comprensione (argomento sul quale mi sento del tutto impreparato), ma voglio solo

sottolineare un dato evidente: la comprensione non è un fenomeno binario (sì o no), ma avviene secondo livelli molto diversificati, dipendenti in parte dal docente, in parte dal contesto, in parte dal discente. Quindi non è del tutto corretto stabilire a priori che un determinato argomento può o non può essere compreso: esiste tutta una gamma di sfumature per cui può essere opportuno proporlo anche se i discenti ne avranno una comprensione entro limiti alquanto ristretti.

Nel libro in oggetto i concetti difficili in agguato sono tanti; per primo proprio quello di elemento chimico: per questo concetto più volte ho proposto di non forzare i tempi, proponendolo solo in sede di scuola secondaria, magari piuttosto avanzata. E in effetti, se si progetta un iter logico e didatticamente ben strutturato, vediamo che i passaggi necessari sono più di uno:

- Per prima cosa abbiamo il concetto *composizione*: un certo sistema è formato da un certo numero di parti che lo compongono.

- Poi abbiamo il concetto di *materiale*: le parti del sistema, caratterizzate da una certa struttura e da una certa funzione sono composte da un certo numero di materiali (uno o più), dei quali non ci interessa indagare ulteriormente la composizione.

- Proseguendo, troviamo il concetto (si arriva ai veri concetti "chimici") di sostanza: un materiale è formato da un certo numero di sostanze, la cui composizione è fissa e, soprattutto, non varia quando le troviamo in un materiale o in un altro.

- Infine abbiamo il concetto di elemento: una sostanza che non può essere, con i comuni mezzi chimico-fisici a disposizione, divisa in altre sostanze più semplici.

Che cosa può capire un lettore di 12 - 13 anni in tutto questo? La risposta dipende da molti fattori. Prima di tutto: l'argomento gli interessa? Se la risposta è negativa è perfettamente inutile andare avanti; proprio su questo punto si fonda la grande importanza di proporre argomenti che possono suscitare interesse, e di proporli in modo accattivante. Secondo punto: l'argomento è visto in modo episodico oppure verrà ripreso in tempi successivi? Perché proprio in questo sta una dei punti chiave: il discente ha bisogno di una lunga maturazione per certi concetti, e questa maturazione ha luogo anche du-

rante le pause nelle quali i concetti sono lasciati da parte. Soprattutto a certe età i trattamenti intensivi servono a poco: molto meglio seguire in modo diluito più cose, lasciando al tempo il modo di lavorare.

Occorre tener conto anche del fatto che molto spesso i concetti di cui abbiamo ora parlato si ritrovano in continuazione nel linguaggio giornalistico, e tendono quindi a entrare nel linguaggio comune. Vi entrano ovviamente con un significato che poco ha a che fare con il significato scientifico ufficiale, ma proprio per questo è a mio avviso inopportuno che si lasci suonare una sola campana: tirarsi indietro per un malinteso senso di comprensibilità dei concetti, comprensibilità che deve invece essere indirizzata per quanto possibile nella giusta direzione, è un comportamento decisamente troppo rinunciataro.

Un altro argomento è trattato dal testo in esame: quello della tavola periodica e della sua scoperta da parte di D. Mendeleev. Da un punto di vista didattico rigoroso non c'è alcun

dubbio: la tavola periodica è un argomento che deve essere affrontato in una fase avanzata degli studi, collocabile sicuramente nella scuola secondaria. Con tutto questo, sono dell'opinione che la trattazione storica proposta da I. Neciaev sia perfettamente adeguata anche per una fase precedente: è chiaro che il livello di comprensione sarà adeguato all'età, ma è anche chiaro che la forma abbastanza romanzata (ma non abborracciata!) della Storia degli elementi chimici è in grado di suscitare un certo interesse. Fra l'altro, la logica dell'esposizione è ben curata: si comincia con la tavola originaria, contenente i "buchi" dei vari eka- (eka-boro, eka-alluminio, eka-silicio); si assiste con interesse al riempimento dei buchi (scandio, gallio, germanio); si procede poi con la crisi conseguente alla scoperta dell'argo e al suo superamento con il completamento della serie dei gas nobili.

Conclusione: una riflessione su ciò che possiamo attenderci.

Di recente, la commissione ministeriale per l'elaborazione dei nuovi curricoli ha concluso i propri lavori per il settore della scuola di base. Non entro nel merito di ciò che è stato scritto, se non per osservare che la proposta è forse impeccabile da un punto di vista didattico rigoroso, ma lo è a mio avviso molto meno da un punto di vista strategico.

D'altra parte, le proposte costituiscono semplicemente la base sulla quale ogni insegnante dovrà costruire il proprio curricolo. In questo si può intravedere una possibile via di uscita: le associazioni scientifiche, e in primis la SCI (nota bene: la SCI per intero, non solo la Divisione Didattica), dovrebbero produrre anche materiale da diffondere presso il grande pubblico, non trascurando nessuno dei livelli che possiamo far corrispondere ai diversi livelli scolastici (di base, secondario, universitario). Divulgazione, quindi, e soprattutto divulgazione che punti su quegli aspetti che rendono la chimica bella e interessante: sono aspetti che non mancano.

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Scuola Italiana: S.O.S. matematica e scienze*

Uno studio dell'OCSE sottolinea le carenze dei nostri studenti

La redazione di CnS - La Chimica nella Scuola, ringrazia la Redazione di Le Scienze che ha concesso l'autorizzazione alla ristampa

MARINA MINOLI

A scuola non brilliamo nelle discipline scientifiche. È questa la realtà italiana confermata da un recente studio dell'Organizzazione di cooperazione e di sviluppo economico (OCSE) con il Programme for International Student Assessment (PISA) i risultati sono stati resi noti in dicembre. Dati significativi erano già emersi in una precedente indagine effettuata dall'International Evaluation Achievement (IEA), ed erano stati pubblicati nel 2000, a completamento di una più ampia ricerca, del 1995, riguardante gli studenti delle scuole elementari, medie e superiori.

Per gli alunni della terza media, la ricerca della IEA mostrava l'Italia in posizione non molto brillante, ma che non si discostava in modo significativo dal punteggio medio (487) dei 38 paesi considerati (anche se confermando la posizione in classifica con un indicatore di sviluppo quale il PIL, pro-capite la situazione peggiorava). Il punteggio italiano per la matematica (479) era paragonabile a quello di Regno Unito, Nuova Zelanda, Lituania, Cipro, Romania, Moldavia, Thailandia e Israele, ma appariva lontano dalla vetta (dove Singapore emer-

geva con 604 punti). Per quanto riguarda le scienze, Italia (493 punti) di collocava un poco al di sopra della media (488), ma distante dai 569 punti dei Cinesi di Taipei. Di fatto, solo i paesi con PIL molto più basso avevano ottenuto valori inferiori ai nostri.

L'indagine dell'OCSE, che ha coinvolto in 32 paesi 265.000 studenti di 15 anni, mostra purtroppo una situazione peggiore. La preparazione scientifica italiana è infatti inferiore alla media OCSE (23° posizione per le scienze e 26° per la matematica). I punteggi più elevati sono ottenuti dal Giappone, per la matematica (vedi tabella), e Corea, per le scienze, mentre fanalini di coda, per entrambe le discipline, sono risultati Messico e Brasile.

16 * Articolo apparso su *Le Scienze*, edizione italiana di *Scientific American*; n. 401 gennaio 2002, pagg. 18-19

PAESI CON RISULTATI SUPERIORI ALLA MEDIA OCSE	
Giappone	557
Corea	547
Nuova Zelanda	537
Finlandia	536
Australia	533
Canada	533
Svizzera	529
Regno Unito	529
Belgio	520
Francia	517
Austria	515
Danimarca	514
Islanda	514
Liechtenstein	514
Svezia	510
PAESI CON RISULTATI NELLA MEDIA OCSE	
Irlanda	503
Norvegia	499
Repubblica Ceca	498
Stati Uniti	493
PAESI CON RISULTATI INFERIORI ALLA MEDIA OCSE	
Germania	490
Ungheria	488
Russia	478
Spagna	476
Polonia	470
Lettonia	463
Italia	457
Portogallo	454
Grecia	447
Lussemburgo	446
Messico	387
Brasile	334
Olanda	(dati non confrontabili)

Il 50% degli studenti valutati ritiene che la matematica sia importante in generale, ma pochi la ritengono tale per il proprio futuro. A parità di prestazioni complessive, nella metà dei paesi considerati gli studenti maschi ottengono risultati migliori in matematica, mentre le differenze rispetto alle studentesse si riducono nelle scienze.

Non pare possibile, secondo l'OCSE, individuare singoli fattori che spieghino perché alcune nazioni ottengano risultati migliori di altre. Disciplina nell'ambito scolastico, presenza di infrastrutture adeguate, qualità delle relazioni tra insegnanti e studenti sembrano essere, in Italia, alcuni dei fattori che condizionano il rendimento scolastico. In Germania, Repubblica Ceca, Lussemburgo e anche in Italia il 58% degli studenti afferma di non essere quasi mai aiutato dagli insegnanti ad apprendere nuovi concetti. Dovrebbe indurre a riflettere il fatto che il 38% di studenti quindicenni non vorrebbe frequentare la scuola. Troppi, soprattutto se confrontati con il 20% di Danimarca, Svezia, Messico e Portogallo.

Rinnovo dell'iscrizione alla Divisione di Didattica della S.C.I.

Ricordo a tutti i Soci che sono già arrivate le schede di Iscrizione per il 2002, colgo l'occasione per ribadire che il versamento della quota associativa va eseguito il prima possibile affinché si possa ricevere regolarmente la rivista.

Inoltre, porto a conoscenza dei Soci che, il Consiglio Centrale della Società Chimica Italiana ha deliberato che una parte della quota associativa degli Iscritti alla Divisione di Didattica da quest'anno verrà versata alla Divisione (delibera valida solo per la nostra Divisione).

Non sto a ribadire l'importanza di tale decisione e colgo l'occasione per ringraziare il Presidente della SCI ed il CC che con questa delibera hanno ancora una volta (negli ultimi anni) posto la massima attenzione all'importanza della Didattica e alle iniziative che la Divisione intraprende in questo senso.

A tutti i Soci rivolgo la preghiera di farsi parte diligente presso i propri colleghi affinché si associno. La forza della Divisione e della SCI dipende anche dal numero degli iscritti

Per il Direttivo
Pasquale Fetto

Le peripezie di un costruttivista novizio in un universo trasmissivo

Riassunto

In questo articolo viene presentata un'esperienza di insegnamento di chimica di base da parte di uno specializzando SSIS in un istituto professionale, nell'ambito delle attività di tirocinio. Mettendo in atto un approccio di tipo costruttivista, l'autore ha cercato di far emergere le concezioni iniziali degli allievi sul concetto di equilibrio. Sulla base di queste, è stato indirizzato il processo di apprendimento/insegnamento di cui vengono illustrate le diverse fasi. Come sistema di valutazione e di autovalutazione si è usato il portfolio. L'efficacia dell'intervento didattico è stata accertata mediante un questionario, del quale vengono discussi i risultati.

Abstract

The ventured journey of a young constructivist teacher into a transmissive land.

In this paper a prospective teacher presents the contents of his training lessons on chemical equilibrium in a vocational high school. He gives an interpretation to the students' misconceptions that have been derived from the responses of two questionnaires. He puts emphasis on the construction of chemical knowledge by students through an analysis of the learning difficulties that have been disclosed from their writings and pictures.

INTRODUZIONE

In questi ultimi anni si è avviata, soprattutto nella scuola elementare e media inferiore, una modificazione paradigmatica del modo di insegnare. Molti insegnanti si sono persuasi che non è più possibile entrare in classe con la convinzione che inse-

PIETRO ARALDO^(*)

gnare sia trasmettere informazioni ad allievi paragonabili a contenitori vuoti o lasciare un'impronta intellettuale su tavolette di cera vergine. Affinché vi sia un apprendimento in profondità, ossia un apprendimento che vada al di là di un sapere fatto di parole ed espressioni senza significato per chi impara, bisogna stare in classe in modo diverso. Questo mutamento epocale deriva principalmente da una evoluzione della società pluralista: la scuola non ha più il monopolio della socializzazione secondaria delle giovani generazioni, né riceve più soggetti culturalmente omogenei.

Nel presente articolo viene esposta una esperienza di insegnamento di un futuro insegnante di chimica nell'ambito delle attività di tirocinio previste dalla Scuola Interateneo di Specializzazione per Insegnanti della Scuola Secondaria (SSIS)¹. In particolare, l'intento è evidenziare i successi ottenuti e le difficoltà incontrate cercando di insegnare facendo riferimento ad un modello costruttivista di apprendimento all'interno di un "universo trasmissivo" nel quale vive la scuola. Sono uno studente della SSIS, da dieci anni laureato in Chimica Industriale, con qualche esperienza di insegnamento, sia in scuole statali che private. La SSIS è una scuola biennale di specializzazione a frequenza obbligatoria per la formazione di insegnanti della scuola media superiore, il cui

accesso, riservato ai laureati, è a numero chiuso; il mio indirizzo di studio è "Scienze Naturali". Il curriculum di studi è diviso in due aree ben distinte: l'area disciplinare e l'area delle scienze dell'educazione. Un lungo tirocinio, all'interno dei due anni di corso, affianca i corsi teorici: 100 ore di tirocinio osservativo (primo anno) e 200 ore di tirocinio "attivo" (secondo anno). Ogni specializzando svolge le attività di tirocinio sotto la guida di un supervisore. Egli sceglie il tutor del tirocinante tra i docenti di scuola secondaria superiore che hanno segnalato la loro disponibilità.

Nell'ambito dei corsi appartenenti all'area disciplinare ho incontrato un gruppo, alquanto ristretto a dire il vero, di docenti di orientamento costruttivista, che ha introdotto i tirocinanti a un nuovo modo di stare in classe. La conoscenza cessa di essere concepita come uno "stato" del soggetto [1] che apprende e diventa un processo di costruzione di un sapere che, appartenendo al "Mondo 3" di Karl R. Popper, è necessariamente non trasmissibile per semplice esposizione al linguaggio² [2].

Il presupposto teorico di questo gruppo di ricercatori, tra cui molti insegnanti di scuola media superiore, può essere riassunto nei seguenti slogan:

1) le conoscenze scientifiche non possono essere trasmesse dall'insegnante;

2) è l'allievo che le costruisce a partire dalle conoscenze di cui già dispone.

La conoscenza non è impressa o trasmessa dall'insegnante, ma lenta-

¹ Secondo la legge istitutiva, la legge 341 del novembre 1990, il nome della scuola dovrebbe essere "Scuola di Specializzazione all'Insegnamento Secondario" (da cui l'impronunciabile acronimo SSIS)

² Karl R. Popper ha distinto tre diversi "mondi" che costituiscono la realtà dell'uomo:

1) il mondo degli oggetti fisici o degli stati fisici (Mondo 1);
2) il mondo degli stati di coscienza o degli stati mentali, o anche delle disposizioni del comportamento ad agire (Mondo 2);

3) Il mondo dei "contenuti oggettivi di pensiero", specialmente dei pensieri scientifici o poetici e delle opere d'arte (Mondo 3).

mente e faticosamente costruita dall'allievo. La classe è vista come una comunità di soggetti che lavorano insieme a costruire sapere, superando i numerosi ostacoli di natura cognitiva, psicologica, epistemologica, linguistica che si frappongono tra gli allievi e i saperi formali, socialmente condivisi, che costituiscono i saperi scientifici [3]. Inoltre si muove dall'idea che apprendere una scienza non significhi solo impadronirsi dei suoi "prodotti", concetti, leggi e teorie, ma anche dei "modi di ragionare" che hanno permesso agli scienziati di elaborare quei prodotti.

Le concezioni degli allievi rappresentano il punto di partenza di una didattica "costruttivista" che individua nelle difficoltà cognitive degli allievi una "bussola" per la didattica. Si deve prima far emergere le concezioni iniziali da cui derivano gli ostacoli cognitivi degli allievi. Una volta individuati gli ostacoli, si deve, con attività opportune, aiutare gli allievi a superarli. Le concezioni degli allievi sono, quasi sempre, non esplicite e insensibili alla contraddizione. Queste caratteristiche rendono le concezioni degli allievi difficili da confutare, modificare e trasformare con una semplice esposizione, per quanto possa essere chiara la "verità" scientifica enunciata. Riconoscere le concezioni degli allievi vuol dire quindi ancorare le proprie azioni didattiche alla situazione cognitiva reale della classe, aprendosi alla possibilità di una didattica più individualizzata.

L'insegnante, pertanto, assume il ruolo dell'allenatore che organizza delle esperienze che conducono il discente a ristrutturare o a rimodellare il suo sapere intuitivo, incitando a coordinare i diversi obiettivi cognitivi, riflessi su un piano sempre più concettuale. Egli attiva, inoltre, dei conflitti sociocognitivi attraverso situazioni problematiche che portano a soluzioni dissonanti con quelle "scoperte" dagli allievi usando i propri saperi informali [4]. Ci si trova di fronte ad una ridefinizione della funzione insegnante: insegnare non è più né trasmettere il sapere matematico e scientifico, né esercitare determinate facoltà o lasciar sbocciare potenzialità latenti. Nella prospettiva costruttivista, inoltre, la lezione frontale, uno dei momenti forti del modo tradizionale di insegnare, perde gran parte della sua importanza. Quando gli allievi sono in grado di seguire con profitto una

lezione frontale significa che gli ostacoli, o almeno la maggior parte di essi, sono stati superati e tra insegnanti e allievi si è instaurata una situazione di trasparenza comunicativa, in quanto vi è consonanza tra i loro schemi mentali. Tuttavia, saper tenere una "conferenza" è una competenza richiesta nell'ambito di un modello costruttivista "moderato"; all'insegnamento di tipo trasmissivo si deve riconoscere un pregio non indifferente, dal momento che permette di fornire informazioni ad un numero elevato di persone in un tempo limitato.

LE ATTIVITÀ DIDATTICHE DEL TIROCINIO ATTIVO

Il tirocinio si è svolto in un istituto professionale di indirizzo chimico – biologico, in una classe seconda frequentata da allievi (19 soggetti, di cui 4 maschi e 15 femmine) di età variabile tra i 15 e i 19 anni, dove la disciplina "Chimica e Laboratorio", aveva un peso di otto ore settimanali, tre il mercoledì, due il giovedì e tre ore il venerdì. L'intervento è cominciato il 30 novembre 2000 ed ha avuto termine l'11 gennaio 2001. Nelle ore a mia disposizione ho impostato un lavoro che differiva nei seguenti punti da quello del docente di ruolo:

- un approccio costruttivista, anziché trasmissivo, all'apprendimento;
- la redazione da parte degli allievi di un diario di bordo* delle attività, richiesto come un contributo alla mia formazione professionale;
- una valutazione di tipo formativo basata sul portfolio;
- l'uso sistematico del lavoro di gruppo.

Nel diario di bordo, ogni allievo avrebbe dovuto redigere, per ciascuna lezione, un breve scritto nel quale raccogliere le osservazioni personali sul lavoro svolto. Gli allievi hanno tradotto questo tipo di comunicazione in uno scritto breve e personale che, per alcuni, aveva per tema il loro apprendimento della chimica, mentre, per altri, si traduceva in un giudizio sulla metodologia didattica adottata.

Il portfolio è costituito dai lavori scelti dagli allievi fra tutti quelli eseguiti nel corso della sequenza didattica. Il suo scopo è educare l'allievo alla valutazione continua del proprio apprendimento. Al termine del mio intervento ho chiesto agli allievi di:

* Come suggerimento, faccio notare che solo le allieve hanno aderito a tale iniziativa, mentre i tre allievi (il quarto era sistematicamente assente per ragioni di salute), al limite, hanno fatto qualche considerazione a voce, personalmente all'insegnante.

Le peripezie di un costruttivista novizio

1) costruire un portfolio scegliendo tra i loro lavori personali quelli che ritenevano più significativi;

2) redigere, a partire da questi lavori così scelti, uno scritto nel quale illustrare quelle che, a loro parere, erano state le tappe fondamentali del loro percorso cognitivo.

L'obiettivo era impegnarli in un'attività di tipo metacognitivo, al fine di portarli a riflettere sulle trasformazioni che si erano operate a livello intellettuale.

Vengono ora presentate, in ordine cronologico, le attività didattiche del tirocinio attivo.

ATTIVITÀ 1. *Brainstorming*

Ho presentato agli allievi la natura del mio intervento e le caratteristiche del "modo nuovo" di lavorare che avremmo adottato, illustrando i criteri di valutazione. Ho lanciato un'attività di brainstorming sull'idea di equilibrio; dalla discussione è emerso che un uomo ritto su un piede è in equilibrio, mentre se appoggiasse per terra entrambi i piedi "starebbe semplicemente in piedi". A proposito delle proprie concezioni iniziali, un'allieva rivela nel suo diario di bordo, in una data che si colloca a metà del mio intervento didattico, che "per me l'equilibrio era una "strana forza" che permetteva ad un corpo di non cadere e di restare perfettamente orizzontale senza sbilanciarsi troppo a destra o a sinistra".

Da questa discussione mi sono reso conto che gli allievi avevano innestato alcune informazioni ricevute nel corso di fisica del primo anno sulle proprie concezioni di senso comune, costruendo un'idea quasi magica di equilibrio, come è "magico e straordinario" un equilibrista che cammina su un filo d'acciaio.

ATTIVITÀ 2. *Questionario sulle concezioni degli allievi sull'equilibrio*

Agli allievi è stato somministrato un primo questionario al fine di raccogliere le loro idee sui concetti di equilibrio statico e di equilibrio dinamico.

ATTIVITÀ 3. *Discussione dei dati emersi dal questionario*

ATTIVITÀ 4. *Confronto tra le situazioni di equilibrio statico e di equilibrio dinamico*

Si è chiesto agli allievi di dire “che cosa cambia e che cosa non cambia” tra la situazione di equilibrio statico e la situazione di equilibrio dinamico. I risultati sono riportati nella discussione dei risultati del presente articolo.

ATTIVITÀ 5. Lavoro di gruppo per definire una concezione generale dell'equilibrio

Gli allievi si sono riuniti in gruppo per trovare una definizione comune di equilibrio. Dalle risposte emerge che l'equilibrio, per loro, è essenzialmente statico, ossia una situazione di quiete che si produce per azione di due forze uguali e opposte.

ATTIVITÀ 6. Introduzione dell'equilibrio chimico

Le reazioni chimiche conosciute dagli allievi erano reazioni “complete”, nelle quali si passa dai reagenti ai prodotti. E' stato abbastanza agevole costruire l'idea di “sentiero di reazione” che inizia coi reagenti puri e termina coi prodotti puri. Si è innescata una discussione mediante il seguente stimolo: “Se immaginate la scala mobile come un sentiero che va dai reagenti puri ai prodotti puri, cosa avreste nella vostra provetta a metà del sentiero?” La discussione ha avuto il pregio di cominciare a distinguere tra la reazione “completa”, che conoscevano, e una reazione di equilibrio, che gli allievi hanno cominciato a definire “reazione incompleta”.

ATTIVITÀ 7. Il modello particellare

In seguito alla discussione svolta nel corso dell'attività precedente, è nato in me il sospetto che gli allievi non padroneggiassero il modello particellare. Per questo motivo, ho proposto agli allievi due domande che avrebbero dovuto mettere in moto la loro “immaginazione chimica”. La discussione delle risposte ha permesso di concordare che la rappresentazione di una molecola di ioduro di idrogeno doveva essere del tipo:



L'introduzione del modello particellare nell'interpretazione dell'equilibrio chimico ha portato un numero esiguo di allievi ad una conquista culturale importante, così espressa da un'allieva: “L'equilibrio chimico è una situazione ferma, ma le molecole si muovono”.

20

ATTIVITÀ 8. Proposta di una situazione problematica sull'equilibrio chimico

La proposta didattica era la seguente: se in un reattore di vetro Pirex a 440 °C si immette una mole di diidrogeno gassoso (incolore) e una mole di diiodio gassoso (violetto), si forma una miscela di colore violetto, più chiara del diiodio gassoso puro. Se in un altro reattore di vetro Pirex a 440°C si immettono 2 moli di ioduro di idrogeno puro si ottiene una miscela dello stesso colore. Come si spiega la formazione della stessa miscela partendo da specie diverse?

Tutti gli allievi, tranne uno, attribuivano il colore della miscela finale alla “diluizione” dello iodio. Ciò però non spiegava come mai nel secondo reattore si ottenesse una miscela dello stesso colore. Solo un allievo ha ipotizzato la decomposizione dell'acido iodidrico (così chiamava lo ioduro di idrogeno). Era evidente la difficoltà degli allievi a pervenire ad una rappresentazione mentale unitaria dei due processi.

A questo punto, alcuni imprevidi hanno influenzato le mie azioni didattiche. In particolare:

- un lungo periodo di interruzioni delle mie lezioni, dal 6 al 15 dicembre 2000 a causa di motivi vari (sciopero degli insegnanti, assemblea autogestita, teatro);
- il supervisore mi ha proposto di raddoppiare la durata del modulo, sperimentando il cosiddetto “modulone”. Il tutor ha, ancora una volta, gentilmente accettato e abbiamo prolungato il mio intervento, che è arrivato a durare 27 ore.

ATTIVITÀ 9. Lezione frontale sull'equilibrio chimico

In una lezione precedente avevo chiesto a una studentessa, che partecipava attivamente alle discussioni, di presentare un breve riepilogo attraverso il quale far emergere le difficoltà di apprendimento della classe. Quel giorno l'allieva era, significativamente, assente. L'attività prevista è stata sostituita da una lezione frontale, il più possibile dialogata.

ATTIVITÀ 10. Lavoro di gruppo sulla definizione di equilibrio chimico

Ho chiesto agli studenti di formulare, per iscritto, una loro definizione dell'equilibrio chimico, lavorando in gruppo. Si sono lette e commentate le varie definizioni, nelle quali tutti hanno sottolineato la dinamicità del

processo. Nei diari di bordo sono apparsi dei commenti sulla molteplicità delle sfaccettature del concetto di equilibrio che, prima delle discussioni, era ritenuto banale.

ATTIVITÀ 11. Introduzione dell'aspetto quantitativo dell'equilibrio chimico

L'equilibrio chimico ha la sua “legge” e ho cercato di illustrarla con una lezione frontale. E' stato un errore marchiano, in quanto il brusco passaggio al modello “trasmissivo” ha scombuscolato la classe.

Da una domanda di un'allieva è emersa la difficoltà a comprendere la legge di azione di massa, nella quale compare una grandezza, la concentrazione, dalla quale però non dipende la costante di equilibrio. L'ostacolo derivava, secondo me, da cognizioni di aritmetica inadeguate: gli studenti, infatti, non arrivavano a comprendere che, se il rapporto ha un certo valore, una volta fissato il numeratore, anche il denominatore è fissato. Ho provato con un esempio numerico chiamando un'allieva alla lavagna e domandandole: “se il rapporto è 500, è più grande il numeratore o il denominatore?” Una ragazza dei primi banchi insisteva col chiedermi: “ma vuole che trovi la formula inversa?” Devo ammettere che non ho pensato, una volta trovata la formula inversa, di lavorare su esempi numerici. Ho dimenticato che ciò che è evidente per me, non lo è per adolescenti di 15 anni.

ATTIVITÀ 12. Lettera di presentazione del portfolio

Ho chiesto agli allievi di redigere uno scritto di presentazione del portfolio, sulla base della seguente traccia:

- Breve riepilogo della sequenza didattica
- Quali concetti ritieni di aver imparato meglio?
- Su quali idee o procedure dovrete ancora lavorare?
- Per quali motivi ritieni particolarmente significativi i lavori che hai scelto?
- Riflettendo sul tuo apprendimento, quali operazioni mentali ti risultano più facili?
- Considerazioni personali.

ATTIVITÀ 13. Valutazione finale

IRISULTATI DELL'INTERVENTO

1. Valutazione della situazione iniziale della classe

Nell'ambito di una valutazione continua dell'apprendimento, ho sottoposto agli allievi un primo questionario al fine di evidenziare le loro idee sull'equilibrio statico e dinamico. Le domande del questionario fanno riferimento a un vocabolario (forza, equilibrio, dinamica, statica, ecc.) già noto

concezione di equilibrio che richiede l'asta della bilancia orizzontale per definire uno stato di equilibrio;

• "asta obliqua" è denominata la concezione di equilibrio più simile a quella che darebbe un fisico, secondo la quale la bilancia raggiunge sempre un equilibrio, anche quando le masse a

Le peripezie di un costruttivista novizio

• "tutto tende all'equilibrio" è denominata una concezione di equilibrio più vicina agli insegnamenti della termodinamica, per la quale un sistema (vivente o meno) tende a uno stato di equilibrio con l'ambiente.

Se si analizzano i risultati del quesito 2 del primo questionario emerge che:

• 6 soggetti su 15 forniscono una risposta in termini di "asta orizzontale": in questo caso l'equilibrio dipenderebbe dal peso dei bambini. Le risposte degli allievi sono del tipo: "Se i bambini si addormentassero non c'è equilibrio perché l'altalena penderebbe dove ci sarà più peso";

• 1 soggetto su 15 fornisce una risposta compatibile con la concezione di "asta orizzontale" affermando anche che, se smette il movimento, smette di esserci equilibrio. L'allieva afferma che "se i bambini si addormentassero l'altalena rimarrebbe obliqua, ma non ci sarebbe l'equilibrio perché non si muove più";

• 7 soggetti su 15 forniscono una risposta che non contiene la parola "equilibrio". Tutti i soggetti descrivono la situazione che si creerebbe quando due bambini di peso diverso si addormentassero su un'altalena: "un bambino starebbe giù e l'altro su";

• 1 soggetto su 15 fornisce una risposta compatibile con la possibilità di un equilibrio che si manifesti come "asta obliqua". Egli afferma che "l'altalena si fermerebbe se i due bambini di peso uguale si addormentassero e lasciandole del tempo troverebbe lei l'equilibrio giusto".

L'analogia tra l'altalena e la bilancia a piatti è citata da 1 soggetto su 15, a patto che i bambini siano addormentati e di peso uguale, a cui si dovrebbe aggiungere anche una grandezza teorica come la distanza dal fulcro. Tuttavia, nelle altalene di cui hanno esperienza i bambini, i soggetti che si dondolano sono, a meno di birbonate, equidistanti dal fulcro.

Il quesito 3 entra nel mondo delle esperienze adolescenziali chiedendo qual è lo scopo dell'altalena.

5 soggetti su 15 sostengono che lo scopo dell'altalena è trovare l'equilibrio. Le risposte degli allievi sono del tipo: "Sì ho presente, il gioco consiste nel trovare l'equilibrio fra i due corpi, questo può accadere solo se le due persone hanno lo stesso peso, se le due persone hanno peso diverso non si può trovare l'equilibrio".

Primo questionario per la rilevazione delle concezioni iniziali degli allievi sul concetto di equilibrio

1) Guarda il disegno alla lavagna: è una bilancia a due piatti e a bracci uguali come quelle usate in passato per pesare. Dispongo di 15 palline identiche. Ne metto 10 in un piatto e 5 nell'altro. Secondo te, che cosa succede?

a. la bilancia pende dalla parte delle 10 palline e non c'è equilibrio
 b. la bilancia pende dalla parte delle 10 palline e c'è equilibrio
 c. per raggiungere una posizione di equilibrio devo aggiungere 5 palline da una parte
 d. la bilancia, se le si lascia il tempo, raggiunge sempre una posizione di equilibrio
 e. l'equilibrio ha origine dalla somma di due forze uguali e opposte

Giustifica la risposta:.....

2) Hai presente un'altalena ai giardinetti? Racconta in poche parole che cosa accadrebbe se i due bambini che giocano si addormentassero improvvisamente.

3) Di con parole tue in che cosa consiste il gioco dell'altalena.

4) Se devo scendere al piano inferiore dei grandi magazzini e, per sbaglio, imbocco la scala che sale, che cosa succede secondo te?

a. Non riuscirei a scendere, a ogni passo la scala mi riporterebbe in alto;
 b. Sarei talmente veloce che scenderei lo stesso;
 c. Starei fermo in mezzo alla scala senza né scendere né salire;
 d. È una situazione di equilibrio statico perché sarei fermo, io vorrei scendere e la scala mi costringerebbe a salire;
 e. È una situazione di equilibrio dinamico, la scala spinge in una direzione e io spingo nell'altra;
 f. L'equilibrio è una situazione di compromesso tra me che voglio scendere e la scala che mi costringe a salire.

Giustifica la tua risposta.....

Nella tabella 1 sono riassunti i risultati relativi al quesito 1 del primo questionario somministrato agli allievi.

Tab.1 Risultati del quesito 1 del primo questionario

	Categoria	Numero degli allievi	Interpretazione
Risposta a	A	1	"asta orizzontale"
Risposta c	B	2	"asta orizzontale"
Risposta d	C	1	"tutto tende all'equilibrio"
Risposte a, b	D	2	Contraddizione
Risposte a, c	E	4	"asta orizzontale"
Risposte c, e	F	1	"asta orizzontale"
Risposte b, d, e	G	4	"asta obliqua"
TOTALE		15	

agli studenti, che hanno affrontato lo studio della fisica al primo anno.

Nell'ultima colonna sono individuate le interpretazioni di ciascuna combinazione delle risposte, di cui riportiamo la enunciazione più completa:

• "asta orizzontale" è denominata la

confronto sono diverse. Semplicemente, nel caso di masse diverse sui due piatti, si attiva una coppia che viene bilanciata dalla coppia di reazione di un vincolo, che può essere l'asta di sostegno della bilancia stessa;

10 soggetti su 15 sostengono che lo scopo dell'equilibrio è produrre movimento. Le risposte degli allievi sono del tipo: *“un corpo stabile (l'altalena) con la forza applicata da due persone che stanno ai suoi estremi permette un movimento di “sali e scendi” delle sue braccia”*.

Anche il quesito 4 è molto significativo per valutare la situazione cognitiva iniziale.

In tabella 2 sono riportate le risposte degli allievi, che potevano segnare più di una risposta.

Tab. 2. Risultati del quesito 4 del primo questionario

	Categoria	Numero di allievi	Interpretazione
Risposta b	A	1	“esperienza diretta”
Risposta d	B	1	Risposta non corretta
Risposta e	C	1	“dinamico”
Risposte a, e	D	1	“dinamico ma impossibile”
Risposte a, f	E	1	“compromesso”
Risposte b, e	F	1	“scuola/esperienza”
Risposte b, e	G	2	“confusione concettuale”
Risposte a, b, e	H	3	Contraddizione
Risposte a, d, e	I	1	Contraddizione
Risposta aperta	L	3	“descrizione”
TOTALE		15	

In questo caso la gamma delle risposte è ancora maggiore, rispetto al primo quesito. Quasi tutti gli allievi hanno giocato con la scala mobile ai grandi magazzini, scendendo in direzione contraria al movimento della scala. Si può notare che 9 soggetti su 15 (quelli che hanno scelto la risposta e) hanno riconosciuto la dinamicità dell'equilibrio, ma nella maggior parte dei casi hanno aggiunto un'altra risposta.

Si sono individuate sei categorie:

- “esperienza diretta” vuol dire che 1 soggetto ha provato a scendere una scala mobile che sale e ci è riuscito;
- “dinamico” vuol dire che 1 soggetto ha riconosciuto nella situazione le caratteristiche di un equilibrio dinamico;

- “dinamico ma impossibile” vuol dire che un soggetto ha riconosciuto le caratteristiche di un equilibrio dinamico, ma ha scritto testualmente che ha scelto anche la a) perché *“se io scendo, la scala continua a salire e quindi non riuscirei a scendere”*. Ne deriva che il soggetto considera la situazione dell'individuo che si trova a

metà della scala mobile, impegnato a scendere continuamente i gradini senza avanzare, come un'esperienza impossibile;

- “compromesso” vuol dire che un soggetto considera la situazione improponibile in pratica, ma associa l'equilibrio dinamico a un compromesso dove le parti si fanno reciproche concessioni;

- “scuola/esperienza” vuol dire che

allieve scrivono: *“Se si scende alla stessa velocità che la scala utilizza a salire si sta fermi nello stesso punto. Se si scende con una velocità maggiore si scende. Se utilizzo una velocità minore salgo”*.

Per gli altri 5 soggetti, 4 hanno fornito una combinazione palesemente contraddittoria. Un solo soggetto fornisce unicamente la risposta d) riconoscendo nella situazione problematica proposta le stesse caratteristiche dell'equilibrio di una bilancia a piatti o di un'altalena, probabilmente perché entrambi rappresentano per certi versi una situazione “ferma”. Infatti, l'allievo giustifica così la sua scelta: *“tu che cerchi di scendere la scala mobile e l'altra continua a salire, anche se tu stai compiendo del movimento. Però tu ti ritrovi sempre in mezzo della scala mobile, come se la scala sia ferma e tu stai fermo in mezzo”*.

Dopo le discussioni sull'equilibrio statico e dinamico, si è chiesto agli allievi di svolgere un lavoro in gruppo, ossia definire per iscritto l'equilibrio in generale.

La maggioranza (12 soggetti su 16) fornisce due tipi di definizione. Il primo gruppo (6 soggetti su 16) ricalca l'opinione di un'allieva che afferma: *“L'equilibrio è una situazione di quiete. La quiete è presente nell'equilibrio statico, ma anche in quello dinamico. Affinché ci sia equilibrio, le forze applicate devono essere di uguale intensità e di verso opposto”*. L'altro gruppo (6 soggetti su 16) si contraddistingue per l'uso di termini come “staticità” e “stabilità” come l'allieva che scrive: *“L'equilibrio è una condizione statica di più oggetti che trovano stabilità tra loro”*.

Si nota anche che 2 soggetti su 16 non riescono a distaccarsi dagli esempi di equilibrio statico proposto (bilancia a piatti e altalena) e che 2 soggetti su 16 hanno opinioni completamente divergenti rispetto al resto della classe.

L'allieva “divergente” sostiene che *“l'equilibrio [...] è una situazione di parità [...] Un altro esempio può essere il punteggio di una partita sportiva in cui le due squadre, ottenendo lo stesso risultato instaurano un equilibrio: nessuno è in vantaggio, nessuno è in svantaggio [...] Ci deve essere parità”*. Tra le concezioni difformi sull'equilibrio chimico bisogna contemplare l'idea che “pas-

sa” con le trasmissioni sportive. Un altro allievo (19 anni) prende invece in considerazione esempi di equilibrio a lui più familiari come “due soluzioni, l’una più concentrata dell’altra, che messe insieme si “equilibrano” o “un corpo sferico che rotola lungo un piano inclinato” che “troverà un equilibrio quando si fermerà” per concludere che “in natura tutto tende all’equilibrio”.

Al termine di questo gruppo di attività (dall’attività 1 all’attività 5) si può concludere che il concetto di equilibrio si configura come una situazione “ferma”, espressa da parole come stabilità, staticità, parità, quiete, ecc.

IL MODELLO PARTICELLARE

Paolo Mirone ha evidenziato che i due livelli di strutturazione del sapere chimico (quello macroscopico e microscopico), nonché il continuo va-e-vieni tra i due livelli costituiscono potenti ostacoli all’apprendimento [5]. Se non si superano, arrivando a padroneggiare il modello particellare e le relazioni tra fenomeno e interpretazione, si rischia fortemente di compromettere la possibilità di “capire” la chimica.

Con due quesiti relativi a situazioni problematiche, a mio parere, elementari, ho cercato di evidenziare la padronanza del modello particellare da

velano che:

CATEGORIA A

5 soggetti hanno disegnato cerchi identici a contatto, ossia una rappresentazione compatibile con un modello di atomo come pallina indeformabile; di questi, 3 hanno inserito il simbolo chimico corrispondente all’interno dei due cerchi.

CATEGORIA B

3 soggetti su 15 hanno disegnato una figura che somiglia all’asta per il sollevamento dei pesi, ossia due cerchi collegati da due linee parallele e orizzontali, le quali simboleggiano il legame tra gli atomi.

CATEGORIA C

1 soggetto fornisce due disegni invece che uno: nel primo, è rappresentata la forma di una specie di ameba con due puntini posti a breve distanza l’uno dall’altro, mentre nel secondo è rappresentato un lobo con due puntini posti a una distanza maggiore della precedente (Fig.1). La lettura dei due disegni potrebbe rivelarsi unica se si ipotizzasse che l’allievo possiede *in nuce* un modello più sofisticato della struttura atomica rispetto ai suoi compagni: il lobo e la “ameba” rappresenterebbero la nube elettronica, e i puntini distanziati i due nuclei della molecola di bromo.

CATEGORIA D

chiamata “incompatibili” individua 3

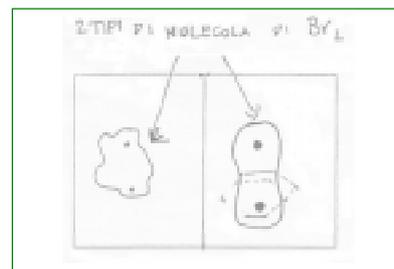


Figura 1

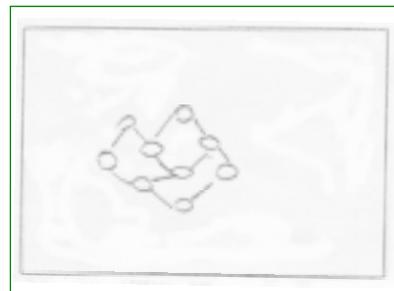


Figura 2

menti (Fig. 2). Ne risulta una figura fantasiosa che non rispetta gli assiomi del modello particellare che prevede un numero di “cerchi” pari al numero di atomi, disposti in modo compatibile con la struttura elettronica.

CATEGORIA F

chiamata “non rispondono” individua 3 soggetti che non forniscono alcuna risposta.

Tale quesito rivela che 7 soggetti su 15 non riescono a rappresentare la molecola di bromo secondo gli assiomi del modello particellare, anche se il gruppo contiene posizioni eterogenee contemplando sia coloro che non rispondono proprio e sia coloro che disegnano qualcosa che vorrebbe appartenere a una visione più sofisticata della struttura molecolare.

I risultati del quesito 2 del secondo questionario sono riassunti nella tabella 4.

Le tre categorie con le quali si è provato a interpretare i disegni rivelano che: I 9 studenti della categoria a disegnano una bottiglia segnando il livello del liquido. Nella massa del liquido sono disegnati in modo disordinato dei cerchi isolati che presumibilmente, rappresentano molecole di bromo (Fig. 3).

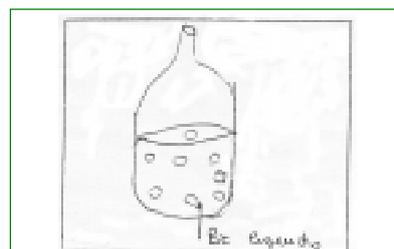


Figura 3

Testo del secondo questionario per rilevare la padronanza del modello particellare

1) La molecola di bromo ha formula Br_2 . Se dovessi disegnarla senza usare simboli chimici, come te la immagini?

2) Immagina una bottiglia che contiene bromo liquido. Mi faresti un disegno della bottiglia di bromo evidenziando il liquido così come immagini che sia un liquido?

I risultati del quesito 1 del secondo questionario sono riassunti nella seguente tabella 3.

Tab. 3. Risultati del quesito 1 del secondo questionario

Categoria	N° degli allievi	Interpretazione
A	5	“modello particellare 1”
B	3	“modello particellare 2”
C	1	“nube elettronica”?
D	3	“incompatibili”
E	3	“non rispondono”
TOTALE	15	

parte degli studenti.

Le cinque categorie con cui sono stati interpretati i disegni degli allievi ri-

soggetti su 15 che rappresentano, ad esempio, una configurazione trapezoidale di cerchi, uniti da brevi seg-

Tab.4. Risultati del quesito 2 del secondo questionario

Categoria	Numero di allievi	Interpretazione
a	9	“confondono MACRO e MICRO”
b	2	“distinguono MACRO e MICRO”
c	4	“solo MACRO”
TOTALE	15	

I 2 studenti della categoria b disegnano due bottiglie: nella prima, o segnano il livello del liquido o colorano di scuro la parte liquida; nella seconda rappresentano invece un ammasso di cerchi che presumibilmente rappresentano le molecole di bromo (senza segnare il livello del liquido, ma disegnando sempre il recipiente come in Fig. 4).

I 4 studenti della categoria c disegnano una bottiglia piena, segnando il livello di liquido, disegnando delle onde, colorando di scuro la parte della bottiglia piena di liquido, ecc.

VALUTAZIONE FINALE

Al fine di rendermi conto dell'effetto dell'intervento didattico ho utilizzato uno strumento costituito da tre item, riportati nella figura 3, che si riferi-

scono agli aspetti qualitativi dell'equilibrio. In questo resoconto, ho fatto emergere, ancora una volta, le concezioni difformi degli allievi. Ne deriva quindi un quadro deformato rispetto ai risultati complessivi, peraltro abbastanza soddisfacenti.

Ho raccolto informazioni sulla capacità di astrazione degli allievi proponendo il quesito 1), che prevede cinque opzioni possibili, all'interno delle quali occorre scegliere la risposta (tabella 5). Si tratta di una domanda piuttosto complessa a cui si risponde esattamente scegliendo la risposta c.

Tutte le risposte, salvo la 3), presentano caratteristiche dell'equilibrio che non sono generali. Un allievo che si colloca all'interno del gruppo di maggioranza (risposta 2) giustifica così la sua risposta: “Non sempre un equi-



Figura 4

brio è costituito da due corpi in movimento ed esso non necessariamente si trova a un livello macroscopico. Inoltre anche la velocità esercita una forza e l'equilibrio non deve essere obbligatoriamente statico, ma può essere anche un equilibrio dinamico”. Degna di attenzione è l'idea che “anche una velocità esercita una forza”. L'allievo, come tanti altri, conclude ragionamenti impliciti di senso comune confondendo velocità e forza, probabilmente in virtù dell'associazione della forza d'urto di un corpo macroscopico in movimento.

Un'allieva, che ha scelto correttamente la risposta 3), giustifica così la sua scelta: “Ho scelto la seguente risposta, in quanto in ogni modello le grandezze macroscopiche rimangono costanti nel tempo. Però questo non vuol dire che le grandezze microscopiche restino costanti, in quanto se si prende in considerazione una reazione chimica macroscopicamente (concentrazione e calore) rimangono costanti, mentre microscopicamente le molecole si muovono”.

Le affermazioni dell'allieva fanno dubitare sulla correttezza delle sue concezioni riguardanti il calore, che probabilmente confonde con la temperatura.

Il quesito 2 si riferisce a una tipica reazione di equilibrio, la sintesi dello ioduro di idrogeno, partendo da una condizione non stechiometrica, nella quale il diidrogeno (un gas incolore) è presente in concentrazione dieci volte superiore al diiodio (un gas di colore violetto). Si è richiesto agli allievi di proporre un'ipotesi su che cosa poteva succedere in termini di proprietà macroscopiche, come il colore della miscela.

Si possono individuare cinque tipologie di risposte a questo rompicapo [6]. Gli allievi che forniscono delle risposte nelle quali viene applicata la teoria dell'equilibrio sono 9 su 18 presenti. L'esempio più tipico di que-

Terzo questionario per la valutazione finale dell'intervento

1) Abbiamo visto varie situazioni di equilibrio (l'altalena, la bilancia con i pesi, la scala mobile e una reazione chimica), che hanno tutte qualcosa di comune. La situazione di un generico equilibrio è:

- una parità di velocità due forze uguali o opposte
- uno stato nel quale alcune grandezze macroscopiche restano costanti
- una situazione dove niente si muove
- un'asta orizzontale

Giustifica la tua scelta:

2) Descrivi qualitativamente, per iscritto, che cosa potresti osservare con i tuoi occhi durante il passare del tempo quando fai reagire a 450°C gas idrogeno (incolore, 10 moli) e gas iodio (violetto, 1 mole) in un reattore trasparente di vetro Pirex. Spiega il più possibile ciò che affermi in max. 30 righe.

3) Descrivi che cosa pensi che succeda a livello microscopico con il passare del tempo nella reazione di equilibrio $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2 HI$, descrivendo la “storia” del sistema per iscritto o facendo dei disegni.

Tab.5. Risultati del quesito 1 del terzo questionario

	Numero di allievi	Interpretazione
Risposta a	1	“equilibrio dinamico”
Risposta b	8 (10)	“equilibrio statico”
Risposta c	5	“comprensione”
Risposta d	1 (2)	situazione di quiete”
Risposta e	0	“asta orizzontale”
Totale	15 (18) ¹	N. di allievi presenti 18

¹ Per una comparazione significativa ho riportato i risultati dei 15 allievi che avevano già risposto ai precedenti questionari. Tuttavia, il mio lavoro interessava anche coloro che erano stati assenti in occasione delle prime valutazioni. Così ho indicato tra parentesi il numero effettivo di risposte, comprendendo nel conteggio tutti coloro che, anche se precedenti assenti, si collocavano in una certa categoria.

sta categoria è rappresentata dalla risposta di un allievo che scrive: “Credo in una situazione del genere, dato il rapporto fra mol H_2 e mol I_2 , già in partenza il colore viola dello iodio sarà piuttosto “diluito”. Inoltre, con il procedere della reazione il colore viola dello I_2 andrà ulteriormente a indebolirsi sino ad arrivare ad un punto in cui il colore dello I_2 non diminuirà più, ma nemmeno aumenterà. Da queste osservazioni posso capire che la reazione ... ha raggiunto l’equilibrio ...”.

Le risposte più interessanti da un punto di vista “error friendly”¹ ipotizzano invece la formazione di una miscela gassosa incolore. Questo gruppo è tuttavia molto eterogeneo per quanto riguarda il modo con cui si forma la miscela gassosa senza colore. Ad esempio, un’allieva sostiene che “iodio e idrogeno reagiranno formando ioduro di idrogeno allo stato gassoso. Il tutto si presenterà incolore. A causa dello sbalzo di temperatura si formerà della condensa, quindi passerà tutto da stato gassoso a liquido formando una soluzione”. Un’altra allieva afferma invece che “l’idrogeno e lo iodio, reagendo, fanno diventare la reazione incolore”, assieme alla quale “svetta” una compagna che sostiene candidamente la trasmutazione delle sostanze con lo stile paradossalmente sperimentale che deriva dalle tante relazioni di laboratorio. Ella scrive: “metto dentro il pallone H_2 , aggiungo lo iodio che è di color violetto, in questo modo, lo H_2 che è di color incolore [sic!] diventa viola (a temp. 25°C). Quando noi portiamo a 450°C possiamo vedere lo iodio sparire e diventare di nuovo H_2 , cioè la soluzione diventa trasparente.” In questo gruppo di allieve è presente un soggetto che sostiene, a differenza delle sue compagne, qualcosa di molto più sensato, e cioè: “All’inizio vedrò i due gas separati, da una parte 10 mol di idrogeno incolore e dall’altra 1 mol di iodio color viola. Quando poi vengono uniti a 450°C saranno mescolati, e il tutto si presenterà incolore. Questo perché c’erano 10 mol di idrogeno e 1 mol

di iodio violetto, quindi troppo poco iodio perché questo miscuglio.² possa venir di color viola”.

Altri 5 soggetti o rispondono in modo vago o fanno (o vanno in) confusione, giungendo a confondere i colori delle sostanze, e quindi a dire che “con la reazione tra H e I si ottiene acido iodidrico, che è violetto”.

Un soggetto, infine, risponde al quesito 2) come se si trattasse del quesito 3), confondendo il piano fenomenico con quello interpretativo. Dai commenti immediatamente successivi alla verifica ho scoperto che si tratta della punta di un iceberg. I quesiti 2) e 3) sono stati inseriti proprio per valutare la capacità di distinguere il livello empirico di interpretazione da quello submicroscopico, la cosiddetta distinzione tra MICRO e MACRO. Se non si riesce a distinguere già dal primo anno di scuola secondaria superiore (se non prima) i due livelli, si rischia che la chimica risulti un’astrusa congerie di formule, molto simili all’abracadabra di un apprendista stregone. E’ degno di attenzione, inoltre, rilevare la coincidenza tra le concezioni difformi degli allievi (i quali credono a una reale possibilità di vedere con il microscopio atomi e molecole) e le affermazioni di due libri di testo (il primo dei quali adottato nella classe in oggetto), che, assieme alle “fotografie”, sostengono che gli atomi sono visibili con il microscopio elettronico ad effetto tunnel, scoperto nel 1983 [7,8]. L’atteggiamento scientifico, invece, contempla il dubbio e l’incertezza, il pensiero e la responsabilità, la cautela e la provvisorietà [9]. Un’educazione alle scienze più sensibile evidenzerebbe che le fotografie ottenute con il microscopio elettronico sono interpretazioni della realtà compatibili con le idee di atomo e di molecola, le quali appartengono all’iperuranio, ovvero al cosiddetto “Mondo 3” di Popper [2].

Nel quesito 3 si sono ottenute invece solo tre tipologie di risposte. La più interessante tra queste caratterizza la reazione chimica come se esistessero tre stadi, indicati con “PRIMA, DURANTE, DOPO”, nei quali lo stadio intermedio è lo stato di equilibrio. Nel primo stadio, infatti, gli allievi “vedo-

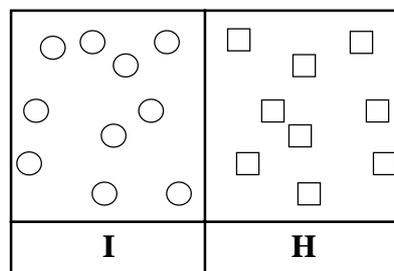
Le peripezie di un costruttivista novizio

no” le molecole di iodio separate dalle molecole di idrogeno. Tale rappresentazione della miscela gassosa, che evidenzia come i ragazzi avessero la necessità di una barriera anche mentale tra i due gas puri per individuare il “prima” della reazione, è già presente nei disegni presentati da Stavridou e Solomonidou nel loro lavoro [10]. Nel secondo stadio, poi, si forma l’equilibrio nel quale sono presenti H_2 , I_2 , HI, mescolati o separati. Infine, nel terzo stadio, è presente solo ioduro di idrogeno.

Dagli scritti si evince che in questi allievi la situazione di equilibrio chimico non viene distinta dal concetto di reazione completa. Essi tentano di trovare la maniera per integrare il nuovo concetto nel sapere preesistente fornito dall’insegnante di ruolo che, a quel punto della programmazione, contemplava la sola conoscenza di reazioni che producevano una miscela ormai del tutto priva dei reagenti (reazione completa). In questo tentativo di integrazione, lo stadio di equilibrio diviene lo stadio intermedio di un percorso di reazione che parte comunque dai reagenti puri per concludersi nei prodotti puri.

Una concezione difforme sulla “storia” del sistema, piuttosto tipica, emerge dai disegni di un’allieva che scrive a mo’ di didascalia alle figure: “Inizialmente, in base alla mia immaginazione, lo I (iodio) e l’H (idrogeno), che ho descritto, rispettivamente, con dei pallini e dei rettangolini separati. Durante la reazione, secondo me, lo iodio e l’idrogeno si avvicinano in modo da unirsi e infine si fondono diventando una sola cosa (da me rappresentato con una specie di ovale).” La rappresentazione iconica è la seguente:

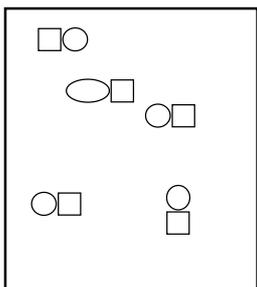
PRIMA



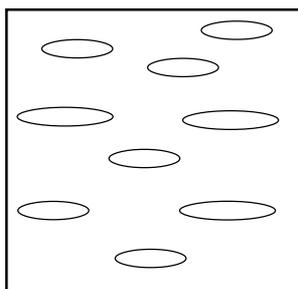
¹ “Error friendly” definisce un atteggiamento dell’insegnante che si astiene da giudizi di merito sulle idee degli allievi, grazie al quale è possibile mettere in luce le concezioni difformi degli allievi. L’insegnante si pone in un atteggiamento di attesa fino al momento sommativo della valutazione, predisponendo le condizioni ottimali (“setting”) affinché si realizzi qualcosa di nuovo nella mente dell’allievo.

² Come si nota, ai ragazzi manca una parola precisa (e usano termini come “soluzione” o “miscuglio”, più usati per altri stati della materia) per definire quel qualcosa che i chimici chiamano “miscela gassosa”.

DURANTE



DOPO



I (iodio) e H (idrogeno)

Nella molecola di ioduro di idrogeno, rappresentata con un ovale, gli atomi dei due elementi non esistono più, perché “si fondono diventando una cosa sola”. La rappresentazione è molto personale, senza alcun riferimento alla simbologia chimica, nel quale ogni simbolo corrisponde ad un tipo di atomo. Bisognerebbe chiedere all’allieva: “Secondo te, che cosa rimane costante in una reazione chimica?”

In un altro caso, invece, pur essendo specificato che si tratta di specie gassose, l’allieva ipotizza in modo diffidente dalle attese che cosa succede mescolando diidrogeno gassoso e diiodio a 450°C. La sequenza degli eventi è: 1° fase) “Io ho I₂ dentro un becker sigillato”; “inserisco dell’H₂ all’interno del becker (alcune gocce) e tappo di nuovo”; 2° fase: “agito il becker e osservo cosa capita quando i due reagenti si uniscono assieme”; 3° fase: “la reazione si mette a friggere fino a quando lo iodio si è sciolto”. Tale descrizione conferma quanto espresso da Ezio Roletto e Carlo Fiorentini nel loro articolo nel quale sostengono che “i gas rappresentano lo stato della materia più complesso psicologicamente” (11); i gas, infatti, non hanno “sostanza” per la gran parte dei “profani” della chimica (compresi molti adulti). Per non avere a che fare con i gas, la soluzione di molti allievi è la stessa

dell’allieva citata che trasforma la specie gassosa in sostanze più familiari che somigliano molto a quelle interessate dalla reazione tra carbonato di sodio e acido cloridrico (oggetto di una delle esperienze di laboratorio), come evidenziano i termini usati (soluzione, gocce, ecc.).

Un’allieva, inoltre, ha fornito la dimostrazione che gli studenti, qualora non vengano educati all’interpretazione dei fenomeni mediante modelli compatibili con il sapere scientifico, li inventano semplicemente a partire dai problemi che incontrano quotidianamente. Rispondendo al quesito 3 del terzo questionario, l’allieva cerca di giustificare il cambiamento del colore della soluzione. Il disegno è la rappresentazione dell’eclisse dell’idrogeno (il quadrato), che rappresenta “l’elemento incolore”, mentre copre lo iodio (il cerchio), che rappresenta “l’elemento colorato”. Gradualmente l’elemento colorato (lo iodio) si sovrappone all’elemento incolore (l’idrogeno) determinando il colore della miscela.



L’allieva scrive: “Lo I si allarga e copre lo H, quindi il viola prenderà il posto dell’incolore, determinando la tinta della soluzione”

CONCLUSIONI

Devo riconoscere che affrontare il tirocinio “attivo” con un progetto di dieci ore e poi farne ventisette non giova alla didattica. Le domande dei questionari, ad esempio, non sono sempre state formulate in modo efficace in ragione dei tempi strettissimi di programmazione. Mi riferisco in particolare alla domanda 2) del secondo questionario che richiede un disegno laddove occorrerebbe farne due, uno per la visione “macro” e uno per l’immagine “micro”; come, peraltro, hanno riconosciuto di dover fare alcuni allievi (cfr. Fig. 4). Inoltre, l’uso del questionario per rilevare le concezioni iniziali può essere, da un punto di vista epistemologico, facilmente criticato per via di un approccio troppo quantitativo, alla ricerca spasmodica di dati “duri” che spesso non rendono pienamente giustizia della complessità della realtà umana inda-

gata. Tuttavia, è stato importante provare che cosa significa fare l’insegnante e improvvisare un intervento, come la somministrazione di un questionario, in seguito ad emergenze didattiche non prevedibili sulla base della programmazione generale.

Inoltre, “sfiorare” negli aspetti quantitativi dell’equilibrio mi ha permesso di valutare, da un punto di vista didattico – pedagogico, il forte legame che esiste tra la comprensione degli aspetti qualitativi e la comprensione degli aspetti quantitativi del concetto di equilibrio chimico.

In qualche caso, si è raggiunta una comprensione vicina al sapere condiviso in ambito scientifico, come dimostra il diario di bordo del 1 dicembre 2000 di un’allieva: “Per capire l’equilibrio ci ho messo un po’ più di tempo, ma ragionando un po’ a casa ho capito che nell’equilibrio chimico è presente sia un equilibrio statico, sia un equilibrio dinamico, in base a diversi punti di vista. Noi che stiamo all’esterno di ciò che avviene in una

reazione percepiamo un equilibrio statico, mentre nelle molecole c’è un equilibrio dinamico in quanto si combinano e si muovono per far avvenire la reazione.” Quando ho di nuovo incontrato la classe (15 dicembre 2000), la stessa allieva descrive così l’equilibrio chimico: “L’equilibrio chimico è presente in una reazione incompleta e reversibile, mentre è assente in una reazione completa. L’equilibrio chimico si verifica quando i reagenti si trasformano in prodotti con la stessa velocità con cui i prodotti si trasformano in reagenti. Le due reazioni sono incomplete.”

Ciò che mi pare curioso della mia esperienza è stato il continuo avvenire di messaggi significativi tra cattedra e gruppo classe che hanno permesso di stabilire un livello di concettualizzazione che tenesse conto della zona prossimale di sviluppo¹

¹ Vigotskij ha sostenuto che, se l’apprendimento è guidato da un esperto, il livello di problem – solving è superiore al livello autonomo. La distanza tra il livello autonomo e il livello di problem solving raggiunto con l’aiuto di un esperto costituisce la zona prossimale di sviluppo.

di ciascun allievo.

Il risultato è stato, secondo me, un buon compromesso tra ciò che è un sapere scientifico e le possibilità di comprensione di un adolescente.

I 2/3 degli allievi hanno espresso buone prestazioni nella valutazione finale dimostrando di saper usare il cervello, se stimolati e guidati a farlo.

Il livello di concettualizzazione potrebbe essere così espresso: dal momento gli allievi sapevano che esistono reazioni complete che partono con i reagenti puri ed arrivano ai prodotti puri, hanno potuto facilmente accettare l'idea che questo "sentiero" possa essere percorso solo in parte dal sistema che finisce per "fermarsi" a una miscela di prodotti e di reagenti come situazione finale. Quanto espresso, non è naturalmente la definizione del concetto di equilibrio; tuttavia, mi pare un buon presupposto affinché possa "sbocciare", con il proseguimento degli studi nel triennio, un concetto più maturo di equilibrio chimico.

Forse, nel mio intervento didattico, non sono stato in grado di staccarmi del tutto dal modello di apprendimento "trasmissivo", in quanto in più di un'occasione ho concettualizzato al posto degli allievi. Mi sono pure reso conto, con il senno di poi, che avrei dovuto progettare un percorso più analitico, affrontando con maggior gradualità le difficoltà che emergevano con le discussioni in classe. Con ogni probabilità, se avessi fatto lavorare gli studenti su un numero maggiore di situazioni problematiche, sarei riuscito a far sì che tutti accedessero ad un livello soddisfacente di comprensione dell'equilibrio chimico. Tale risultato è stato reso problematico anche dal fatto che le loro conoscenze chimiche erano essenzialmente mnemoniche e quindi non operative, tanto è vero che risultava difficile utilizzarle anche per problemi molto semplici. In particolare, è sembrato molto problematico l'uso del modello particellare; molte delle difficoltà incontrate dagli allievi dipendevano dal fatto che non riuscivano a rappresentarsi i sistemi chimici a livello microscopico. Nel diario di bordo, dopo 5 ore di discussione (non consecutive), un'allieva esprime così tutta la sua

meraviglia per la scoperta di un mondo meraviglioso: "Riguardo all'equilibrio chimico, in laboratorio avevo già visto delle reazioni, però non avevo mai pensato che quando magari noi osserviamo che macroscopicamente non succede più nulla in essa, microscopicamente sta succedendo ancora qualcosa. Ad esempio, mettendo in una soluzione di Ag^+ una lamina di Cu , noi sappiamo che Cu diventa Cu^{++} perché vediamo che la soluzione pian piano diventa azzurrina, ma se essa non assumesse quel colore (anche se è impossibile) noi tutti non avremmo mai potuto dire che Cu diventava Cu^{++} , perché visivamente non succedeva più nulla, ma invece non era così perché microscopicamente la reazione avveniva, non so se sono riuscita a spiegarmi.²"

Pur con questi limiti, l'intervento ha scosso gli allievi che hanno accolto in modo positivo l'assaggio di una scuola diversa che vuole renderli protagonisti dell'apprendimento. Naturalmente il cambiamento ha portato qualche inconveniente, inevitabile quando un soggetto abituato ad ascoltare viene posto nella condizione di pensare, di lavorare con il proprio intelletto. Così una allieva ha scritto nel diario di bordo del 15 dicembre: "La prima lezione nella quale abbiamo introdotto il concetto di equilibrio sia statico che dinamico è stata una lezione pesantissima e sinceramente non sono riuscita a seguirla tutta." Tuttavia, un'allieva che "dopo quattro lezioni" ritiene "di poter dare un giudizio", scrive: "Dunque! Devo ammettere che preferisco di gran lunga questo modo di svolgere le lezioni, rispetto a quello mondano [sic!], per un semplice motivo: si arriva a un concetto (come quello di equilibrio), passo per passo arrivandoci piano piano, partendo dai concetti più semplici (come quello di altalena), per arrivare al concetto finale (quello di equilibrio chimico); ragionando e confrontando le nostre opinioni con gli altri e non solo con quelle della professoressa". Pure positiva è l'impressione di un'altra allieva che, al termine di un lavoro in classe, scrive: "Io penso che queste lezioni ci servono, in quanto ci aiutano a riflettere il perché e il

Le peripezie di un costruttivista novizio

modo in cui avvengono certe cose, che possono sia riguardare la scuola, sia la vita in generale. Ci aiutano inoltre a non fermarci all'apparenza delle cose, ma ci spronano a capire un significato più profondo."

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il mio Supervisore, il Professor Claudio Alessandro Vicari, la Professoressa Margherita Buonficio e la Professoressa Caterina Bussolo. Senza il loro impegno questo lavoro non sarebbe stato possibile.

BIBLIOGRAFIA

- [1] P.H. Miller, *Teorie dello sviluppo psicologico* (1983), Il Mulino, Bologna, 1994, pag. 41
- [2] D. Antiseri, *Didattica delle scienze* (1977), Armando, Roma, 1999, pp. 31 – 35
- [3] L. Mason, *Valutare a scuola. Prodotti, processi, contesti dell'apprendimento*, Cleup, Padova, 1996, pag. 67 – 87
- [4] M. Crahay, *Psicopedagogia* (1999), La Scuola, Brescia, 2000, pag.224
- [5] P. Mirone, "Perché la chimica è difficile?", *CnS – La Chimica nella scuola*, 1999, **XXI** (3), pp. 116 – 121
- [6] T. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* (1962), Einaudi, Torino, 1999, pp. 56 – 64
- [7] G. Braccini, D.L. Spielberg, K.A. Phillips, *Fondamenti di chimica*, Le Monnier, Firenze, 1999, pag. 54
- [8] P. Pistarà, *Corso di chimica. Progetto Modulare*, Atlas, Bergamo, 2000, pag. 66
- [9] G. Blandino, *Le capacità relazionali. Prospettive psicodinamiche* (1996), Utet, Torino, 2000, pag. 156
- [10] H. Stavidrou, C. Solomonidou, *Représentations et conceptions des élèves grecs par rapport au concept d'équilibre chimique*, *Didaskalia*, 2000, **XVI**, pp. 107 - 134.
- [11] C. Fiorentini, E. Roletto, "Ipotesi per un curriculum di chimica", *CnS – La chimica nella scuola*, 2000, **XXII** (6), pp. 158 - 168

² L'allieva fa un'osservazione discutibile: dire che "visivamente non succedeva più nulla" non è corretto, dal momento che lo ione argento riducendosi macchierebbe la lastra di rame anche in assenza di una colorazione della soluzione. Tuttavia, l'importanza pedagogica dell'intervento sta nel piacere intellettuale della scoperta di un adolescente del significato di eventi che, in assenza di un modello mentale, potrebbero anche sembrare insignificanti.

IL RUOLO DELL'INSEGNAMENTO SCIENTIFICO NELLA SCUOLA

Senza entrare nel merito della qualità delle proposte ministeriali presentate per la riforma della scuola in questi ultimi anni, fino alla recentissima del dicembre 2001, si vuole qui focalizzare l'attenzione sull'importanza della cultura scientifica e riflettere sul ruolo dell'insegnamento scientifico nella Scuola.

Innanzitutto è opportuno ricordare che i compiti istituzionali della Scuola sono sostanzialmente due: quello di garantire la formazione culturale dei cittadini e quello di assicurare, coerentemente con i bisogni della società, un adeguato inserimento degli studenti nelle varie attività lavorative.

Per rispondere a queste sempre crescenti richieste di specificità, provenienti dal mondo del lavoro, già da anni si è consolidata l'idea della flessibilità ed è maturata la convinzione che solo i curricoli sviluppati su buone basi culturali, attraverso il contributo delle materie dell'area comune, possano garantire il diritto alla mobilità culturale e lavorativa e supportare l'approfondimento degli elementi caratterizzanti le differenze e gli specialismi all'interno dei vari settori dal primario al terziario.

Le differenziazioni saranno tanto più facili ed efficaci quanto maggiore sarà la possibilità offerta agli studenti di orientarsi, di scegliere e quanto più ampie saranno le opportunità didattiche affinché ciascuno eserciti le sue capacità intellettuali nel modo più congeniale ed acquisisca i principi organizzatori e le strategie che permettono di collegare i saperi e dare loro un senso.

La Scuola quindi deve preparare persone capaci di autonomia e di senso critico e in grado di studiare autonomamente per ricercare approfondimenti successivi; persone capaci di

ELEONORA AQUILINI (*)
 FAUSTA CARASSO (**)

riutilizzare il proprio bagaglio culturale per riqualificarsi all'occorrenza. Il ruolo dell'insegnamento delle scienze in questo contesto diventa estremamente importante.

C'è bisogno di insegnamento scientifico a tutti i livelli scolari, non solo perché introduce i saperi delle varie discipline ed abitua ai linguaggi specialistici contribuendo allo sviluppo culturale dei cittadini e diminuendo il distacco fra i significati di senso comune e quelli scientifici, ma anche perché educa al pensiero scientifico rendendo comprensibile un mondo che lo sviluppo tecnologico sta rendendo sempre più incomprensibile. Una migliore e più approfondita cultura scientifica è, in questo periodo storico, centrale per la formazione degli alunni, perché fornisce gli strumenti per la comprensione di aspetti fondamentali del mondo che ci circonda. I modi di vivere sono legati alla scienza e alla tecnica sempre più sofisticata, specialistica e incomprensibile dai più.

C'è stata l'illusione che usufruire degli effetti della scienza e della tecnologia equivallesse al dominio della ragione, della razionalità, sull'ignoranza e il pregiudizio. La scienza ha contribuito a migliorare le condizioni di vita delle persone, ha facilitato le comunicazioni, aumentato il benessere materiale. Tuttavia ciò non si è automaticamente tradotto in apertura mentale perché la scienza è rimasta fuori dell'orizzonte culturale della grande maggioranza degli individui. Gli oggetti, i prodotti della tecnica e della tecnologia sono scatole magiche a cui diamo un nome, ma a cui non facciamo corrispondere nessun significato reale. Di un frigorifero generalmente si sa "a cosa serve" ma pochissimi sanno come funziona. Lo

stesso vale per la televisione o il computer, tanto per citare "macchine" usati da tutti.

Quindi, per l'uomo di oggi, c'è necessità di ristabilire i confini fra scienza e tecnica, comprendere i legami e le differenze. E' importante capire, attraverso lo studio, della chimica della fisica della biologia come nascono le idee, come si sviluppa il pensiero scientifico, non per poter capire "tutto" ma per avere l'idea che il mondo della scienza e della tecnologia ha reti logiche che possono essere ritrovate quando ci si avvicina ad uno studio specialistico. Non è possibile sapere tutto ma è possibile in questo modo capire che non viviamo in un mondo fatto di magie interpretabile con un pensiero magico, irrazionale.

C'è bisogno di nuove forme di organizzazione delle conoscenze, di sistematizzazione e riassetto intenzionale dei saperi, che portino ad una vera "formazione scientifica", non ad una "informazione" vaga e destrutturata. Diciamo quindi che c'è bisogno di scuola come istituzione, perché questa è la sola che ha come riferimento, nell'elaborazione dei suoi percorsi, tutti i cittadini e non interessi particolari, o ideologie di gruppi.

Con spazi orari adeguati, sarebbe possibile rivalutare il valore formativo di ciascuna disciplina scientifica, anche attraverso l'analisi delle nuove problematiche affrontate attualmente nei vari ambiti disciplinari; ciò aiuterebbe a formare menti più preparate a pensare, a ricercare, a ipotizzare soluzioni di problemi ed a sollecitare i collegamenti tra cultura scientifica e umanistica.

La Chimica per la sua capacità interpretativa della realtà, per la possibilità che dà di illustrare i metodi della scienza, dà un forte contributo allo sviluppo della cultura scientifica.

Negli ultimi 50 anni si sono sviluppate nuove scienze come l'ecologia, le scienze della terra e la cosmologia che

(*) ITC "C. Cattaneo" S. Miniato (PI)

28 e-mail: ele.aquilini@tin.it

(**) CIRED - Università di Venezia

e-mail: carassof@unive.it

per la loro natura pluridisciplinare hanno portato a superare l'approccio riduzionista nello studio dei sistemi reali, dimostrandone l'inadeguatezza nel caso dei sistemi complessi,

e possono offrire il contesto ideale per sviluppare una nuova cultura scientifica.

Per questi scopi vale proprio la pena che si attivino le forze migliori. Le As-

sociazioni delle discipline scientifiche che si occupano già da anni della ricerca didattica hanno elaborato delle proposte ed è questo il momento per riaprire un dibattito costruttivo.

APPELLO

L' Appello, è stato elaborato dalle tre associazioni culturali:

DDC- SCI (Divisione di Didattica Chimica della Società Chimica Italiana),

AIF (Associazione per l'Insegnamento della Fisica),

ANISN (Associazione Nazionale degli Insegnanti di Scienze Naturali).

Il Presidente della Divisione di Didattica ed il Direttivo sollecitano pertanto gli Esponenti del mondo della scuola, dell'università e della ricerca e tutte le persone che hanno a cuore il problema della scuola e del futuro del nostro Paese di inviare la propria adesione (Modulo in III di copertina) al Sig. Fetto Pasquale, redazione di CnS,

FAX: 051 2099456

APPELLO DEI DOCENTI DI DISCIPLINE SCIENTIFICHE CONTRO L'IMPOVERIMENTO CULTURALE E MATERIALE DELL'ITALIA

Al Presidente della Repubblica Italiana Carlo Azeglio CIAMPI

Al Presidente del Consiglio dei Ministri Silvio BERLUSCONI

Al Ministro dell'Istruzione, Università e Ricerca Letizia MORATTI

Al leader dell'opposizione On. Francesco RUTELLI

Ripetutamente in questi anni abbiamo sollevato la questione dell'inadeguatezza delle politiche scolastiche che penalizzavano, in particolare, l'insegnamento scientifico nella scuola italiana: oggi siamo ancora di più convinti che non c'è cultura vera e piena senza una solida formazione scientifica che parta dalla scuola dell'obbligo. Il nostro modo di vivere è legato alla scienza e a una tecnologia sempre più sofisticate, ma incomprensibili ai più: c'è stata l'illusione che usufruire degli effetti della scienza e della tecnologia equivalesse al dominio della ragione e della razionalità sull'ignoranza e sul pregiudizio. La scienza invece è rimasta fuori dall'orizzonte culturale della maggioranza degli individui. La mancanza di centralità del ruolo della conoscenza scientifica all'interno della discussione alla base del progetto di riforma del sistema formativo insieme al taglio dei finanziamenti alla ricerca scientifica e alla scuola è fonte di forte preoccupazione. Il collegamento tra scuola e ricerca è uno dei più importanti investimenti in capitale umano e la loro insufficienza porta all'impovertimento culturale e materiale del nostro Paese.

L'incapacità di investire sul capitale umano ci allontana dalle prospettive europee anche nell'ambito strettamente economico come ha sostenuto il premio Nobel per l'economia Gary S. Becher. Il progetto Bertagna, al contrario, non considera centrali le risorse umane: bambini, ragazzi, giovani e docenti. Il potenziamento dell'impegno nei confronti dell'insegnamento scientifico è reso necessario e inderogabile anche dai risultati non certo esaltanti dei nostri studenti, come risulta dal recente rapporto OCSE sull'istruzione. Emerge invece un disegno di depotenziamento del sistema formativo nel suo complesso che sicuramente non porterà all'inversione della tendenza al calo delle iscrizioni alla Università, in particolare nelle facoltà scientifiche.

Il documento Bertagna sembra vincolato a una pedagogia che ripropone vecchie antinomie epistemologiche: cultura umanistica - cultura scientifica, licei - istituti, sapere disinteressato - sapere professionale e così via. In queste condizioni la scuola perde la funzione fondamentale di contestualizzare i saperi e di integrarli nei loro insiemi naturali.

L'indebolimento di una percezione del globale conduce all'indebolimento della responsabilità, in quanto ognuno tende ad essere responsabile soltanto del suo compito specializzato, nonché all'indebolimento della solidarietà, in quanto si perde il legame con i concittadini. Occorre costruire una scuola che distingua e che collega e non una che separa e che riduce.

Chiediamo quindi un investimento politico/culturale forte che parta da quello che in questi anni la scuola stessa al suo interno ha costruito rigenerandolo democraticamente, puntando sull'istruzione e sulla formazione anche come volano per uno sviluppo equilibrato del nostro Paese.

NOTA: Si sollecitano i docenti che non hanno aderito per via telematica ad utilizzare l'apposito modulo (vedi III di copertina)

Attività antiossidante di bevande Esperimenti per le scuole secondarie superiori

Riassunto

Il tema “radicali liberi e antiossidanti” è interessante sia dal punto di vista della ricerca attuale sia dal “quotidiano”.

Questo articolo presenta una semplice possibilità per la determinazione dell'attività antiossidante di diverse bevande utilizzando la reazione oscillante di Briggs-Rauscher. In presenza di salda d'amido le oscillazioni possono essere seguite attraverso il cambio periodico del colore: incolore → giallo → blu → incolore ...

L'aggiunta di una bevanda che contiene antiossidanti a una miscela oscillante di Briggs-Rauscher fa cessare subito le oscillazioni ma dopo un certo tempo ricominciano di nuovo. Questo tempo, detto “di inibizione” dipende linearmente dalla quantità di antiossidanti contenuti nella bevanda e può essere misurato con un contasecondi.

Con questo esperimento è possibile confrontare le attività antiossidanti di diverse bevande in un laboratorio scolastico anche poco attrezzato.

L'esperimento non è costoso e utilizza materiali e sostanze a disposizione in qualsiasi laboratorio didattico.

Abstract

Antioxidant Properties of Drinks – Experiments for high school students

The topic “free radicals and antioxidants” is very popular from

(*) Technische Universität Braunschweig, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Abteilung Chemie und Chemiedidaktik, Pockelsstrasse 11, D-38106 Braunschweig, e-mail: k.hoener@tu-bs.de

(**) Dipartimento di Chimica “G. Ciamician”, Università degli Studi di Bologna, Via Selmi 2, I-40126 Bologna, e-mail: rcerv@ciam.unibo.it

KERSTIN HÖNER(*)
RINALDO CERVELLATTI(**)

the point of view of the actual research and from that of mankind life. This article provides an examination of the antioxidant activity of different drinks using the oscillating Briggs-Rauscher reaction. In the presence of starch the oscillations can be observed by periodic colour changes: colourless → yellow → blue → colourless ... etc.

The addition of a drink containing antioxidants to the active mixture above stops the oscillations immediately, but after a certain time the oscillations starts again. This ‘inhibition time’ linearly depends on the amount of antioxidants in the drink added and can be measured with a stopwatch. With this experiment the antioxidant activity of different drinks can be evaluated. The experiment is inexpensive and utilises materials and substances that are usually available in every student laboratory.

Introduzione

Attualmente nell'insegnamento della chimica a livello di scuola secondaria è molto importante scegliere temi che interessano gli studenti e che permettano loro di considerare la chimica meno “ostica” e realizzare che i suoi principi stanno alla base delle scienze naturali. Molte indagini hanno mostrato che gli studenti si interessano soprattutto a temi legati alla vita quotidiana. Inoltre, nel nostro mondo complesso diventano sempre più importanti le conoscenze interdisciplinari. Il tema “antiossidanti e radicali liberi” presentato qui è adatto a trattare diversi aspetti chimici,

biologici e fisiologici che fanno parte della nostra vita quotidiana. Gli integratori vitaminici e altri cibi dietetici con ingredienti “attivi” contro i radicali liberi sono arrivati dagli Stati Uniti anche in Europa. Nelle erboristerie si trovano per esempio capsule di tè verde (figura 1).



Tè verde – un regalo della natura !

Tè verde, la scoperta della Cina che mantiene il benessere in generale.

Gli effetti positivi del tè verde sono conosciuti in Asia già da secoli. Il tè verde contiene una grande quantità di sostanze che giocano un ruolo importante per la nostra salute: **Polifenoli, Flavonoidi, Vitamina C**, queste sostanze difendono le cellule dall'attacco dei **radicali liberi**.

Figura 1. Pubblicità di capsule di tè verde

Tè verde – un regalo della natura - così dice la pubblicità. Il tè verde viene esaltato per favorire il benessere in generale, si parla degli effetti positivi già conosciuti da secoli e dei componenti di grande valore che possono proteggere le cellule dall'attacco dei radicali liberi.

Nelle erboristerie si trovano anche capsule di vino rosso (figura 2).



capsule di vino rosso

Con **sostanze bioattive**.
Il vino rosso è più di una bevanda con tanti vantaggi per la salute.

Le **sostanze bioattive** contenute possono difendere le cellule dai **danni**.

I francesi sono debitori della loro salute cardiovascolare grazie alla loro preferenza per il vino rosso.

Le capsule non contengono alcool.

Contenuto: 300 mg polvere di vino rosso/capsula

Figura 2: Pubblicità di capsule di vino rosso

Anche qui si parla delle sostanze bioattive e dei loro vantaggi per la salute perchè possono difendere l'organismo dai danni prodotti dai radicali. Vengono nominati anche i francesi che sarebbero debitori della loro salute grazie alla loro preferenza per il vino rosso, ma c'è anche scritto che le capsule non contengono alcool. Che cosa vuol dire tutto questo ?

Uno degli scopi di questo articolo è dare una risposta a questa domanda, un altro scopo è presentare un esperimento didattico adatto per l'introduzione del tema "radicali liberi e antiossidanti" nelle scuole secondarie superiori. Oltre ad aspetti diversi viene illustrato un semplice metodo analitico con cui diventa possibile determinare l'attività antiossidante di miscele o di sostanze pure in qualsiasi laboratorio scolastico.

Considerazioni preliminari

I radicali liberi godono oggi di una grande popolarità e tutti li conoscono e li sentono ricordare dalla pubblicità, sia quella televisiva sia quella che si trova su riviste e giornali, che propaga prodotti "miracolosi" contro i "radicali liberi", entità misteriose definite con termini pittoreschi, dai quali risulta chiaro che si tratta di specie infide da cui bisogna ben guardarsi perché responsabili di numerosi misfatti, come la comparsa di rughe, la caduta dei capelli, i prematuri segni di invecchiamento, e così via. In effetti i radicali liberi possono provocare danni ben peggiori; essi sono infatti ritenuti responsabili di numerose forme patologiche molto gravi tra le quali, oltre a disfunzioni cardiocircolatorie, sono ad esempio l'arteriosclerosi, la cataratta, l'artrite reumatoide e certe forme di cancro [1, 2].

Secondo un rapporto dell'Organizzazione Mondiale della Sanità ci sono stati nel 1998 più di 12 milioni di casi di morte a causa delle malattie cardiocircolatorie e di questi casi più di 7,3 milioni sono stati dovuti a gravi disfunzioni coronariche.

Nei Paesi industrializzati, le malattie cardiocircolatorie sono la principale causa di morte, esse sono in aumento anche nei Paesi in via di sviluppo. L'analisi dei dati statistici di 14 Paesi europei, dell'Australia, del Canada, della Nuova Zelanda e degli Stati Uniti ha dato un risultato sorprendente: un consumo moderato di alcool mostra un effetto protettivo contro le malattie coronariche [3]. Questo fatto è anche conosciuto sotto il nome di "Paradosso francese" [4]. L'indagine ha mostrato che esiste una dipendenza lineare tra il numero di casi di morte causati dalle malattie coronariche e il consumo giornaliero di grassi per molti Paesi, ma la Francia è fuori dalla retta [4]. Con più o meno lo stesso consumo di grassi come in Francia, l'incidenza delle malattie coronariche è 5 volte maggiore in Inghilterra. La spiegazione è stata: per l'alto consumo di vino rosso dei francesi. Sicché, all'inizio, i ricercatori avevano concluso che l'alcool è un fattore di protezione contro le malattie coronariche. In uno studio danese (Copenhagen City Heart Study [5]) in cui 13000 donne e uomini sono stati controllati per 12 anni, questo risultato è stato confermato: un consumo di circa un mezzo litro di vino rosso al giorno può

diminuire l'incidenza di infarti cardiaci del 60 %.

Ma attenzione ! Anche un consumo giornaliero di vino più alto di mezzo litro aumenta il rischio di un infarto cardiaco. E così anche in questo caso vale la frase di Paracelsus:

"Qualsiasi sostanza è velenosa. Non c'è niente di non tossico. Solo la dose fa che una sostanza non dia un effetto velenoso" [6].

Gli effetti positivi diretti dell'assunzione di quantità moderate di alcool sono stati attentamente esaminati. L'alcool ha un'influenza positiva sui valori dei grassi nel sangue. I valori per il colesterolo "buono", cioè non dannoso (HDL = High Density Lipoproteine) vengono aumentati e contemporaneamente quelli del colesterolo "cattivo", cioè dannoso (LDL = Low Density Lipoproteine) vengono diminuiti. Si sa anche che l'alcool rende il sangue più coagulabile perché diminuisce l'aggregazione dei globuli, evitando il rischio della formazione di un embolo [7].

Ma oltre agli effetti positivi diretti dell'alcool ci deve essere anche qualcos'altro nei vini perchè, come dice la pubblicità, le capsule di vino rosso non contengono alcool, bensì le sostanze bioattive, i cosiddetti antiossidanti. Si tratta di un gruppo di sostanze particolari che hanno attirato l'interesse dei ricercatori.

Queste sostanze sono sottrattori di radicali liberi e possono evitare lo stress ossidativo causato da essi, che è molto dannoso per l'organismo. Esempi di questi antiossidanti sono i flavonoidi, gli stilbenoidi, i derivati idrossilici dell'acido cinnamico e i derivati idrossilici dell'acido benzoico. I processi ossidativi come l'ossidazione delle lipoproteine da parte dei radicali liberi sono fattori fondamentali nell'insorgenza di diverse malattie come l'arteriosclerosi. Le strutture delle lipoproteine del lato interno delle arterie che sono ricche di colesterolo vengono modificate da processi ossidativi. Queste modificazioni causano la resistenza corporea e i macrofagi consumano le particelle ossidate delle lipoproteine e formano cellule 'schiumose'. Un accumulo di queste cellule 'schiumose' nel lato interno delle arterie fa crescere le cosiddette 'striscie di grasso'. Lo strato interno dell'arteria si rompe e causa un aumento di tessuto connettivo e il deposito di lipidi. Alla fine l'arteria è

chiusa totalmente e può subentrare l'infarto cardiaco [8]. La protezione dei lipidi dall'ossidazione è quindi un fattore importante per prevenire le malattie del sistema cardiocircolatorio. Una definizione del termine radicale libero tra le varie possibili è quella più generale che definisce come radicale libero qualsiasi specie chimica che possiede uno o più elettroni spaiati. Secondo questa definizione vanno considerati radicali liberi sia l'ossidrilico (HO^\bullet), sia l'anione superossido ($\text{O}_2^{\bullet-}$) e anche l'ossigeno molecolare nel suo stato di tripletto.

A causa della presenza dell'elettrone spaiato i radicali mostrano una reattività molto accentuata. Ma i diversi radicali presentano differenti reattività. Il radicale ossidrilico (HO^\bullet) è molto reattivo e cerca di attaccare qualsiasi molecola incontri sul suo cammino. Il superossido ($\text{O}_2^{\bullet-}$) è reattivo solo moderatamente e reagisce solo con poche molecole biologiche ma circola con il sangue e può trovarsi dappertutto. Poi dà luogo a radicali perossidi (ROO^\bullet) e idroperossili (HOO^\bullet) i quali sono precursori sia di radicali alcossili (RO^\bullet) sia dell'ossidrilico (HO^\bullet). L'acqua ossigenata non è un radicale e non è troppo reattiva come specie contenente ossigeno ma può attraversare le membrane e può portare alla formazione di radicali ossidrilici tramite la reazione di Fenton.

Nell'organismo ci sono strade diverse che portano alla formazione di radicali liberi [1]:

- Un'importante fonte sono le radiazioni elettromagnetiche ad alta energia, cioè raggi cosmici, raggi gamma, raggi X e radiazioni ultraviolette.
- Una seconda strada che porta alla formazione di radicali liberi *in vivo* è la reazione di Fenton e le reazioni a questa collegate: $\text{HOOH} + \text{Fe}^{++} \rightarrow \text{Fe}^{+++} + \text{HO}^- + \text{HO}^\bullet$. Queste reazioni che danno luogo ai radicali liberi più reattivi che si conoscano, cioè gli ossidrilici, hanno bisogno di ioni metallici, sempre presenti negli organismi viventi.
- Una strada ulteriore è rappresentata dalla reazione di riduzione dell'ossigeno molecolare (o atmosferico) a superossido catalizzata dagli enzimi e dai coenzimi della catena respiratoria.
- Anche la formazione di altre specie radicaliche centrate sull'ossigeno reattive con enzimi specifici gioca un

ruolo importante per la trasformazione di sostanze in altre.

Naturalmente ci sono anche altre possibilità ma per la loro complessità non è possibile affrontarle in questo articolo.

Va infine detto che non tutti i radicali liberi di rilevanza nei sistemi biologici sono sinonimo di danno. Per esempio si conoscono alcuni intermedi radicalici della catena respiratoria la cui presenza è indispensabile alla vita degli organismi stessi.

Naturalmente gli organismi per poter sopravvivere hanno sviluppato dei meccanismi di difesa contro queste specie reattive, in genere sotto forma di enzimi specifici (v. figura 3).

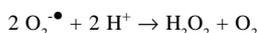
anche altri fenoli e polifenoli (indicati genericamente Ar-OH) giocano un ruolo fondamentale [2]. Ad esempio essi reagiscono con i radicali idroperossili e diventano radicali loro stessi. I radicali degli antiossidanti sono molto meno reattivi dei radicali idroperossili, e si trasformano in prodotti non dannosi per l'organismo.

La concentrazione degli antiossidanti nei tessuti dell'organismo dipende da una nutrizione adatta. In molti casi si può far uso di opportuni integratori. Un livello alto di antiossidanti può aiutare ad evitare le malattie cardiocircolatorie.

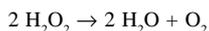
Ma sicuramente nell'insegnamento nelle scuole non è consigliabile fare

Meccanismi di difesa contro $\text{O}_2^{\bullet-}$ e H_2O_2

Superossido dismutasi (SOD)



Catalasi, (glutazione perossidasi)



Antiossidanti a basso peso molecolare (indicati genericamente Ar-OH)

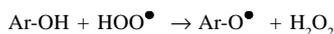


Figura 3: Meccanismi di difesa dai radicali liberi

Per esempio l'enzima superossidodismutasi è in grado di eliminare il radicale anione superossido catalizzando la reazione di dismutazione che porta ad acqua ossigenata e ossigeno molecolare. A sua volta l'acqua ossigenata viene rimossa per effetto dell'azione della catalasi mediante la reazione mostrata in fig. 3, che porta ad acqua e ossigeno.

Oltre agli enzimi ci sono anche antiossidanti a basso peso molecolare che possono difendere l'organismo contro i radicali (v. figura 3). Per la difesa dall'ossidazione lipidica la vitamina E è l'antiossidante più importante ma

la pubblicità per il consumo di vino rosso e le capsule che si possono acquistare in erboristeria sono costose. Rimane la domanda "c'è una buona alternativa?"

Per fortuna non solamente il vino contiene i polifenoli ma anche altre bevande senza alcool, specialmente il tè verde e il tè nero. Anche un succo di ribes nero contiene una grande quantità di antiossidanti attivi. In Tabella 1 è mostrato il contenuto totale di fenoli e le attività antiossidanti in valori TAS (Total Antioxidant Status) che sono valori relativi in confronto a una sostanza scelta come standard [9].

Tabella 1. Contenuti di fenoli e attività antiossidante di bevande

bevande	contenuto di fenoli (mg/L)	attività antiossidante TAS
vino rosso	2000	10
tè verde	1560	10
tè nero	1590	9,2
succo di ribes nero	1430	6,7
succo d'uva rossa	1070	3,3
succo di pompelmo	830	2,3
succo d'arancia	750	2,1

Già da molti anni l'attenzione dei ricercatori si è concentrata sulle sostanze antiossidanti efficaci, in grado di proteggere l'organismo dai danni. Per valutare la capacità di sostanze a contrastare i radicali è necessario avere metodi adatti per la misura della loro attività antiossidante. Numerosi metodi sono stati sviluppati per la determinazione *in vitro* dell'attività di miscele o di sostanze pure [10-14]. Si ritiene infatti che le sostanze attive nei sistemi *in vitro* siano anche attive *in vivo*. La maggior parte dei metodi analitici lavora ad un pH di 7,4 che è il pH del sangue. Ma ci sono anche altri che lavorano a pH diversi.

Tutti i metodi sono basati su reazioni che formano radicali liberi le cui caratteristiche (spettroscopiche, chemiluminescenza, ecc.) vengono misurate in modo adeguato. L'aggiunta di un antiossidante alla miscela di reazione inibisce la formazione dei radicali diminuendone la quantità in confronto ad una misura "in bianco". L'entità dell'inibizione è linearmente dipendente dalla concentrazione dell'antiossidante e serve per la determinazione della sua attività, normalmente in confronto a una sostanza scelta come standard [10-14].

Le differenze principali tra i metodi sono:

- Il modo in cui il radicale viene formato
- Il tipo di radicale che è il substrato dell'ossidazione
- Il metodo di determinazione delle caratteristiche del radicale

Il metodo TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity [10, 11]), è diventato il metodo più comune perché la ditta Radox Laboratories (Irlanda) produce e commercializza un test kit, ma questo test kit è abbastanza costoso: 100 misure costano sui 500 euro. Lo standard è il Trolox, un analogo della vitamina E. L'applicazione di questo metodo (e anche degli altri) nella pratica didattica di laboratorio nelle scuole secondarie superiori è pressoché impossibile perché vengono utilizzate apparecchiature e sostanze molto costose.

Una possibilità semplice, poco costosa e applicabile in qualsiasi laboratorio scolastico è il metodo basato sulla reazione oscillante di Briggs-Rauscher (reazione BR).

La reazione di Briggs-Rauscher. Parte per l'insegnante

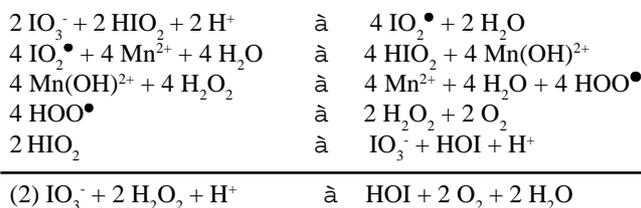
Gennaio - Febbraio 2002

La reazione di Briggs-Rauscher è stata scoperta nel 1973 [15]. Questo sistema oscillante consiste nella iodurazione e ossidazione di un substrato organico (in generale acido malonico e suoi derivati C2 sostituiti) da parte di ioni iodato in ambiente acido in presenza di perossido di idrogeno con ioni Mn(II) come catalizzatore. La reazione BR può essere considerata come un 'ibrido' fra le ben note reazioni di Belousov[16]-Zhabotinsky[17] e di Bray [18]-Liebhafsky [19].

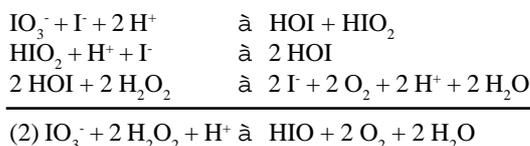
Il sistema BR mostra, in condizioni opportune, una variazione periodica delle concentrazioni degli intermedi e del catalizzatore. I principali intermedi le cui concentrazioni oscillano sono: gli ioni ioduro, lo iodio molecolare, le specie ossioduro HOI, HIO₂ e IO₂[•] e i radicali idroperossili HOO[•]. Il coinvolgimento e il ruolo importante giocato dai radicali HOO[•] nel far insorgere le oscillazioni è stato riportato in altre riviste [20, 21]. Quando sostanze antiossidanti sottrattori di radicali liberi vengono aggiunte a una miscela BR in pieno regime oscillante, le oscillazioni cessano immediatamente, ma dopo un certo tempo esse ricominciano. La dipendenza del tempo di inibizione (cioè il tempo trascorso fra la cessazione e la ripresa delle oscillazioni) dalla concentrazione di antiossidanti aggiunti, è di tipo lineare in un ampio intervallo di concentrazione [20-23].

In presenza di salda d'amido come indicatore, le oscillazioni sono 'visibili' in modo spettacolare: la miscela cambia periodicamente di colore nella sequenza: **incoloro** à **giallo** à **blu** à **incoloro** ...

Il meccanismo della reazione BR è molto complicato. Un primo 'schele-



Il cammino non-radicalico del processo (2) è interpretabile dalla somma dei seguenti stadi:

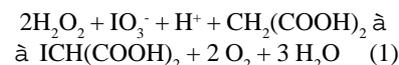


Il processo (3) accoppia i due cammini con cui può avvenire il processo (2) attraverso gli stadi (3') e (3''):

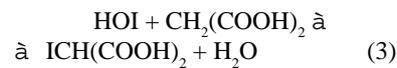
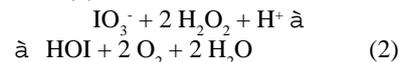
tro' di meccanismo, proposto nel 1982 da R.M. Noyes e S. D. Furrow (modello NF [24]), fu in grado di riprodurre alcuni degli aspetti principali delle oscillazioni nel sistema. Recentemente, questo meccanismo è stato modificato da S.D. Furrow, R. Cervellati e G. Amadori [21], in base alle evidenze sperimentali che hanno dimostrato il ruolo importante che i radicali HOO[•] giocano nell'instaurarsi del regime oscillante [20, 21].

Una semplice interpretazione del comportamento oscillante è la seguente:

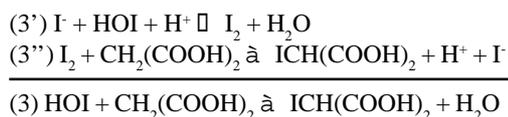
La reazione globale della reazione BR durante il regime oscillante è:



L'acido iodomalonic può decarbossilarsi al termine del regime oscillante formando diossido di carbonio e iodio molecolare. I principali processi che rendono conto della reazione globale (1) sono:



Il processo (2) può avvenire seguendo un veloce cammino radicalico o seguendo un lento cammino non-radicalico. Quale di questi due cammini predomina nel processo (2) viene regolato dalla concentrazione di ioni ioduro nella miscela. Quando la [I⁻] è bassa predomina il cammino radicalico, invece quando la [I⁻] è alta, diviene predominante il cammino non-radicalico. Il cammino radicalico del processo (2) è interpretabile dalla somma dei seguenti stadi:



generando così il regime oscillante. Infatti, quando per il processo (2) è dominante il cammino radicalico veloce, la miscela di reazione è gialla perché viene formato iodio dalla reazione (3'), e resta gialla fino a che $[\text{HOI}] > [\text{I}]$. Quando $[\text{HOI}]$ diventa minore di $[\text{I}]$ la miscela, in presenza di salda d'amido, diviene blu perché si produce una sufficiente quantità di ioni $\text{I}_3^- (\text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-)$ per formare il tipico complesso amido- I_3^- di colore blu. Quando la $[\text{I}]$ diviene abbastanza alta, il processo (2) passa sotto la predominanza del cammino non-radicalico lento. Il colore blu sparisce perché I_2 viene consumato dallo stadio (3'') più velocemente di quanto ne viene formato dallo stadio (3'), sicché la miscela diviene incolore. La somma degli stadi (3') e (3'') consuma quindi così tanto HOI fino che a un certo punto la concentrazione degli ioni I diviene sufficientemente bassa per far ritornare il processo (2) sotto la predominanza del cammino radicalico. Il colore della miscela diventa giallo e il ciclo si ripete.

Nel cammino non radicalico si forma anche l'intermedio HIO_2 e durante il cammino radicalico si producono radicali IO_2^\bullet e HOO^\bullet . Le reazioni redox del catalizzatore avvengono nel cammino radicalico perché IO_2^\bullet è in grado di ossidare Mn(II) a Mn(III) e il perossido di idrogeno è in grado di ridurre Mn(III) a Mn(II).

Nel sistema di Briggs-Rauscher entrambi i cammini – radicalico e non-radicalico – hanno la stessa stechiometria ma due diversi meccanismi. Il processo (3), regolando la concentrazione degli ioni ioduro, permette l'instaurarsi del regime oscillante fra i due diversi cammini del processo (2).

Per scopi di ricerca i comportamenti oscillanti nel sistema BR vengono seguiti per via spettrofotometrica (andamento oscillante dell'assorbanza di I_2 a 460 nm [25]) o per via elettrochimica potenziometrica (andamento oscillante del potenziale della soluzione utilizzando una coppia elettrodo di platino – elettrodo di riferimento o andamento oscillante della concentrazione degli ioni I utilizzando una coppia elettrodo ionosensibile – elettrodo di riferimento [20, 23]. In questo caso non è necessaria la sal-

da d'amido.

Per scopi didattici, le oscillazioni possono essere seguite misurando, con un contasecondi, l'intervallo di

tempo che intercorre fra due successive variazioni di colore (ad esempio fra due successive colorazioni blu).

Come già detto, l'aggiunta di un antiossidante (o di estratti contenenti antiossidanti) a una miscela BR in pieno regime oscillante, blocca immediatamente le oscillazioni che poi riprendono dopo un certo tempo. Questo effetto inibitorio è dovuto all'azione sottrattiva dei radicali HOO^\bullet da parte dell'antiossidante.

Il tè verde gode di particolare considerazione per il suo contenuto di antiossidanti, ma recenti ricerche indicano che anche il tè nero contiene una grande quantità di antiossidanti [26, 27]. Perciò ci sembra opportuno proporre una ricerca sulle diverse qualità di tè anche nelle scuole secondarie superiori. Si possono anche studiare le proprietà antiossidanti di diversi succhi di frutta e di alcuni vini.

Approccio didattico

Come riportato nelle Considerazioni Preliminari, la reazione BR può essere utilizzata come metodo per la determinazione dell'attività antiossidante di bevande nei laboratori didattici delle scuole secondarie superiori.

Ciò che segue è una descrizione molto semplice che può essere utilizzata in classe (o direttamente in laboratorio) senza entrare nei dettagli del complicato meccanismo di reazione. L'insegnante può fornire e discutere con gli allievi le seguenti informazioni:

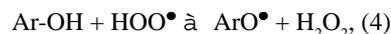
- L'equazione globale (1) della reazione BR.
- Gli ioni manganese(II) catalizzano la reazione (1).
- Importanti intermedi di reazione sono: I_2 , I e HOO^\bullet .
- Le caratteristiche dei radicali (atomi o gruppi atomici con almeno un elettrone spaiato) e la loro elevata reattività che può provocare gravi danni alla salute.
- I cambiamenti di colore (oscillazioni) nelle miscele BR sono dovuti a variazioni periodiche di concentrazioni degli ioni ioduro e dello iodio. Quando le concentrazioni di ioni ioduro e di iodio sono entrambe basse la miscela di reazione è incolore. Quando $[\text{I}_2]$ è alta e $[\text{I}]$ è bassa compare nella miscela il colore giallo tipico dello iodio. Quando anche la $[\text{I}]$ è alta si for-

mano ioni poliioduro ($\text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$) che si legano all'amido formando il tipico complesso di colore blu:

$[\text{I}_2]$	$[\text{I}]$	Colore
bassa	bassa	incolore
alta	bassa	giallo*
alta	alta	blu**

*(colore dello iodio) **(colore del complesso degli ioni poliioduri I_3^- con l'amido)

• Gli antiossidanti sono composti contenenti gruppi fenolici e possono essere genericamente indicati come Ar-OH. Essi sono sottrattori di radicali liberi e reagiscono con i radicali idroperossili:



sicché il meccanismo della reazione BR viene disturbato e le oscillazioni cessano.

• Le oscillazioni ricominciano quando tutto l'antiossidante aggiunto ha reagito diventando esso stesso radicale durante la reazione (4). I radicali ArO^\bullet decadono poi a prodotti stabili e non dannosi.

Parte sperimentale

Materiali:

- Perossido di idrogeno (H_2O_2) al 30 % (Attenzione ! Maneggiare con guanti e occhiali di sicurezza perché l'acqua ossigenata a questa concentrazione provoca danni se viene a contatto con la pelle o con gli occhi, **R:8-34, S3-28-36/39-45**)
- Amido solubile
- Iodato di sodio (NaIO_3)
- Acido solforico 0,077 mol/L (Attenzione ! Se per preparare questa soluzione si adopera H_2SO_4 concentrato, usare le stesse precauzioni come per il perossido di idrogeno, **R:35, S29-S30-S45**)
- Solfato di manganese(II) monoidrato ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- Acido malonico
- Sodio metabisolfito
- Diversi tè (in bustine di 1,75 g)
- Diversi succhi di frutta
- Un vino rosso, un vino bianco
- Vetreria (matraci e pipette tarate, bechers, ...)
- agitatore magnetico
- foglio di carta bianca
- contasecondi

Preparazione delle soluzioni per una serie di misure

- Soluzione d'amido

In un becher da 250 mL aggiungere 3 g di amido solubile a 100 mL di acqua distillata. Scaldare la miscela fino all'ebollizione poi lasciare raffreddare.

La soluzione deve essere preparata di fresco.

• Soluzione di iodato

In un matraccio tarato da 100 mL porre 3,96 g di NaIO_3 , sciogliere e portare a volume con una soluzione di H_2SO_4 0,077 M (per preparare 100 mL di H_2SO_4 0,077 M porre in un matraccio tarato 50 mL di acqua distillata e aggiungere 7,7 mL di H_2SO_4 1 M. Portare a volume.) Questa soluzione è 0,2 M in IO_3^- e 0,077 M in H_2SO_4 .

• Soluzione di acido malonico

In un matraccio da 50 mL porre 1,57 g di acido malonico. Sciogliere con acqua distillata e portare a volume. Questa soluzione è 0,3 M in acido malonico.

• Soluzione di solfato di manganese

In un matraccio da 20 mL porre 0,135 g di $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Sciogliere con acqua distillata e portare a volume. Questa soluzione è 0,04 M in Mn^{2+} .

Esperimenti con tè diversi:

Preparazione degli estratti acquosi di tè:

a) Una bustina di tè (contenuto: 1,75 g) viene posta in 100 mL di acqua bollente per 5 minuti. Dopo 5 minuti la bustina viene tolta dall'acqua. Il modo di estrarre la bustina deve essere sempre lo stesso per ogni tè.

b) Per il confronto di tè diversi alla stessa diluizione gli estratti concentrati preparati come sopra (a) vengono diluiti 2:100 con acqua distillata.

c) Per la determinazione della dipendenza del tempo di inibizione dalla concentrazione gli estratti concentrati preparati come sopra (a) vengono diluiti a: 3:100, 4:100, 5:100, ... con acqua distillata.

Esperimenti con succhi di frutta diversi:

I succhi di frutta vengono diluiti nell'intervallo 2:100 – 10:100.

Esperimenti con due vini:

Preparare le diluizioni da 2:100 a 7:100 di un vino rosso e da 2:10 a 7:10 di un vino bianco con acqua distillata.

Precauzioni di sicurezza Al termine del regime oscillante, la reazione procede con decomposizione del prodotto iodurato (acido iodomalónico) per dare CO_2 e abbondante precipitazione di iodo molecolare. Questa miscela non può essere versata nei lavandini. Si deve quindi approntare, sotto cappa con buona aspirazione, un recipiente da almeno 1 L contenente 500 mL di soluzione concentrata di sodio metabisolfito. In questa soluzione vanno

aggiunte le miscele finali (lo iodio viene ridotto a I^- e si produce SO_2). Anche i becher devono essere lavati con la soluzione di metabisolfito e risciacquati con abbondante acqua. Quando la soluzione di metabisolfito non reagisce più con lo iodio (colore giallo paglierino) si deve eliminare versandola in un recipiente contenente acqua e tale miscela può essere versata negli scarichi, facendo fluire abbondante acqua.

Procedimento sperimentale

Sull'agitatore magnetico si mette un foglio di carta bianca per far osservare meglio i cambiamenti di colore.

Si deve anzitutto osservare il comportamento oscillante di una miscela BR di riferimento (senza aggiungere una bevanda ma aggiungendo 1 mL di acqua distillata.)

Per ogni prova si deve preparare la seguente miscela poco prima della misurazione.

In un becher da 50 o 100 mL porre i volumi delle soluzioni nell'ordine riportato in Tabella 2:

Tabella 2. Ordine di aggiunta delle soluzioni

Soluzione	Volume
salda d'amido	1 mL
acqua distillata	2 mL
Perossido di idrogeno	10 ml
Acido malonico	5 mL
Iodato acido	10 mL
Per far partire la reazione	
Solfato di manganese(II)	2 mL
Nel momento in cui la miscela diventa per la seconda volta blu aggiungere, facendo contemporaneamente partire il contasecondi:	
Acqua distillata o la diluizione di una bevanda	1 mL

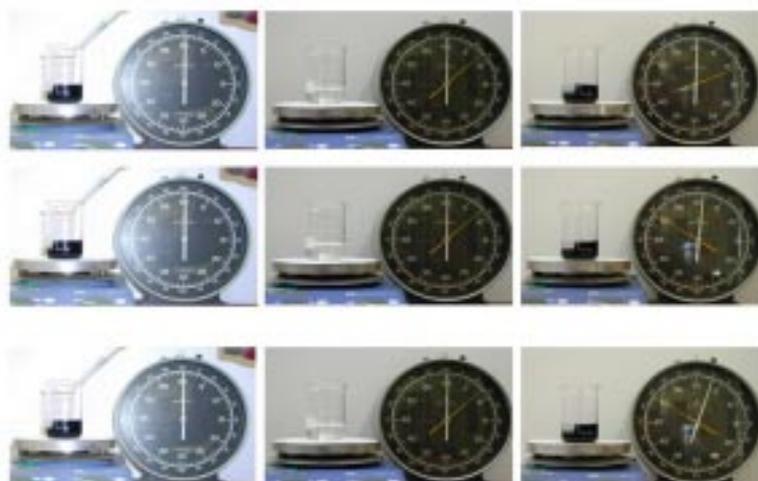


Figura 4. Fotografie di sequenze sperimentali

Si può notare che i tempi fra i due blu sono 11 secondi per la prova in bianco e 50 secondi per il tè (prima e seconda riga di Fig. 4 rispettivamente). Il tè usato in questo esperimento è un tè rosso diluito 2:100.

I tempi di inibizione dipendono dalla temperatura: al crescere della temperatura diventano più bassi e perciò è importante assicurarsi che durante esperimenti successivi che si vogliono confrontare la temperatura ambiente rimanga più o meno la stessa.

Risultati e discussione

I risultati di questi esperimenti permettono di rendere 'visibili' le differenze dell'attività antiossidante di tè diversi sempre diluiti nello stesso modo (2 : 100).

Si possono per esempio riassumere i risultati in un grafico come quello riportato in figura 5.

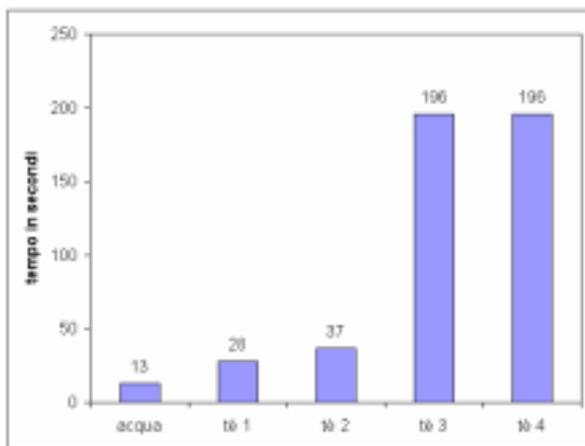


Figura 5. Diagramma a barre dei tempi di inibizione per quattro tipi di tè (diversi da quelli di Tabella 3) Tè 1 = tè alla frutta, Tè 2 = tè rosso (Puh Erh tè), Tè 3 = un tè nero, Tè 4 = un tè verde

Oltre a paragonare i diversi tè alla stessa diluizione si possono anche studiare gli effetti inibitori a diverse diluizioni per uno stesso tè.

Si preparano soluzioni a cinque o sei diluizioni diverse di un tè partendo dall'estratto concentrato e si eseguono le misure del tempo di inibizione come descritto in precedenza. In Tabella 3 sono riportati i dati di una tipica serie di esperimenti con quattro tipi di tè¹.

I grafici tempo di inibizione/concentrazione mostrano una dipendenza lineare fra queste grandezze (figura 6). Negli esempi riportati nella figura 6 sono stati studiati due tè neri che sono più attivi del tè verde.

Tabella 3. Risultati di una serie di misure per quattro tipi di tè

Concentrazione (unità arbitrarie)*	tempo tra il secondo e il terzo "blu" (secondi)			
	Tè 1 (nero)	Tè 2 (nero)	Tè 3 (verde)	Tè 4 (frutta)
0,01	40	45	30	22
0,02	136	108	76	38
0,03	226	198	126	58
0,04	316	287	186	79
0,05	416	365	238	95
0,1	853	825	503	211

*La concentrazione è espressa in termini di diluizione dell'estratto concentrato, sicché 0,01 sta per diluizione 1:100, 0,02 sta per 2:100, ecc.

Facendo esperimenti con altre marche di tè verde si potrà concludere che il tè nero contiene in media più o meno la stessa quantità di antiossidanti del tè verde. Questo è in buon d'accordo con i risultati di recenti ricerche [25, 26].

Anche succhi di frutta diversi mostrano un'attività antiossidante differente. In Tabella 4 sono riportati i dati per cinque succhi.

Sono state trovate le diluizioni opportune per avere tempi di inibizione tra 35 e 400 secondi che danno una dipendenza lineare dalla diluizione. Tempi più bassi di 35 secondi sono fuori della linearità. Tempi più lunghi stanno nelle rette ma non sono adatti per esperimenti didattici perché diventa troppo noioso (e troppo lun-

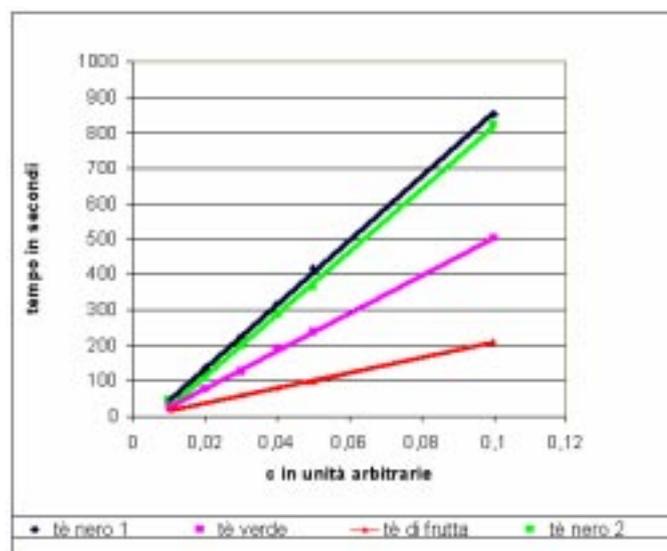


Figura 6. Rette di regressione lineare tempo di inibizione vs concentrazione per i quattro tè (dati di Tabella 3)

¹ I dati riportati qui si riferiscono a una temperatura ambiente di 19 °C.

Tabella 4: Risultati di una serie di misure per cinque succhi di frutta

c in unità arbitrarie	succo di ribes nera	succo d'uva rossa	succo di mela	succo d'arancia	succo di pompelmo
0,0075	43	..**	..**	..**	..**
0,0125	131	..**	..**	..**	..**
0,0175	262	..**	..**	..**	..**
0,0225	382	..**	..**	..**	..**
0,05	..*	62	37	45	48
0,07	..*	138	69	142	115
0,09	..*	198	103	186	202
0,1	..*	235	119	231	223

* tempi troppo lunghi

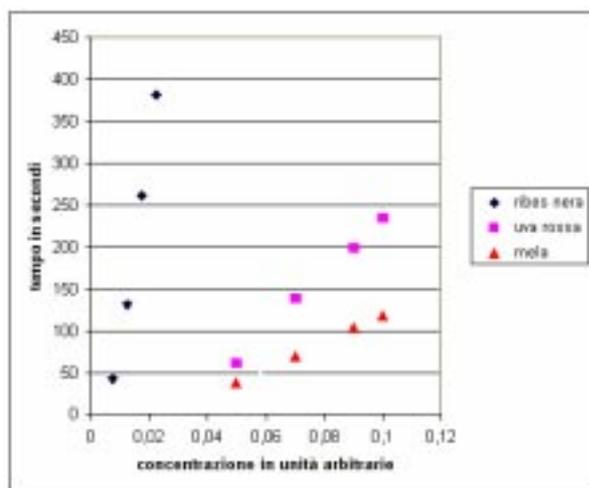
** tempi troppo bassi, fuori della linearità della rette

go) per gli studenti aspettare più di 6 o 7 minuti fino alla ripresa delle oscillazioni.

Il succo di ribes nera normalmente non ha un contenuto in frutta del 100 %. Nel nostro caso abbiamo usato un succo di ribes nera al 25 % di frutta. Sono state preparate le diluizioni da 3:100 a 9:100 che danno, divise per 4, le concentrazioni finali arbitrarie da 0,0075 a 0,0225.

Tutti gli altri succhi sono al 100 % (dichiarato) di frutta.

I grafici riportati in Figura 7 mostrano la dipendenza del tempo di inibizione dalla diluizione per tre succhi.

**Figura 7.** Dipendenza del tempo di inibizione dalla concentrazione per tre succhi di frutta

Si può notare il seguente ordine dell'attività antiossidante: succo di ribes nera >> succo d'uva rossa > succo di mela. Questo ordine è in buon d'accordo con i risultati della ricerca at-

² I dati riportati qui si riferiscono a una temperatura ambiente di 19 °C.

tuale. Le attività antiossidanti del succo d'arancia e del succo di pompelmo (v. Tabella 4) stanno fra quelle del succo d'uva rossa e del succo di mela.

In Tabella 5 sono riportati i dati di una tipica serie di esperimenti con un vino rosso e un vino bianco².

I risultati mostrano che il vino rosso è più attivo del vino bianco. Facendo l'esperimento con vini bianchi e vini rossi diversi ci si può accorgere di grandi differenze fra vini rossi diversi e anche fra vini bianchi diversi. Comunque i vini rossi sono sempre molto più attivi di quelli bianchi.

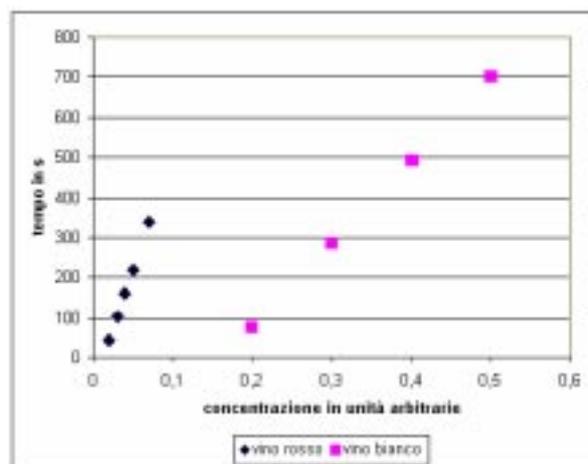
I dati della tabella 5 sono riportati anche sotto forma di grafici in figura 8. Sotto le concentrazioni usate qui i tempi di inibizione deviano dall'andamento lineare curvando e tendendo a zero.

Alcune considerazioni finali

Si possono pianificare gli esperimenti insieme agli studenti. Ad esempio per i tè, i parametri importanti da considerare al fine di ottenere risultati

Tabella 5. Risultati di una serie di misure su due tipi di vini

concentrazione in unità arbitrarie	tempo tra il secondo e il terzo "blu" in s vino rosso	concentrazione in unità arbitrarie	tempo tra il secondo e il terzo "blu" in s vino bianco
0,02	42	0,2	75
0,03	101	0,3	284
0,04	160	0,4	493
0,05	220	0,5	701
0,07	338	—	—

**Figura 8.** Dipendenza del tempo di inibizione dalla concentrazione per due tipi di vini

coerenti sono:

- il peso del tè;
- il volume e la temperatura dell'acqua per preparare l'estratto concentrato;
- il modo di estrarre la bustina del tè;
- il tempo di infusione della bustina del tè;

• la temperatura dell'ambiente durante le misure dei tempi di inibizione. Riteniamo che il tema "antiossidanti e radicali liberi" sia interessante sia dal punto di vista del "quotidiano" sia da quello della ricerca attuale. Nella pratica didattica, oltre all'estrema semplicità dell'attrezzatura, ci sono altri vantaggi dell'esperimento seguito visivamente rispetto a quello effettuato per via potenziometrica [28]. Anzitutto, disponendo di un laboratorio anche poco attrezzato è possibile far lavorare gli studenti a piccoli gruppi, ma anche in una scuola priva di laboratorio, tutta la classe può partecipare direttamente all'esperimento effettuato a banco dall'insegnante. Inoltre, gli alunni non hanno bisogno di conoscenze di elettrochimica, il che permette di focalizzare maggiormente l'attenzione sulla possibilità di sviluppare un metodo analitico per la determinazione dell'attività di sostanze antiossidanti.

Bibliografia

- [1] Cross, C. E.; Halliwell, B.; Borish, E. T.; Pryor, W. A.; Ames, B. N.; Saul, R. L.; McCord, J. M.; Harman, D., Oxygen radicals and human disease. *Ann. Intern. Med.*, **107**, 526, 1987
- [2] Rice-Evans, C.A.; Packer, I., New York: *Flavonoids in Health and Disease*. New York: Marcel Dekker 1998.
- [3] St. Leger, A.S., Cochrane, A.L., Moore, F., Factors associated with cardiac mortality in developed countries with particular reference to the consumption of wine. *Lancet*, **1**, 1017-1020, 1979
- [4] Renaud, S.; De Lorgeril, M., Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet*, 339, 1523, 1992
- [5] Copenhagen City Heart Study: <http://www.uthsca.edu/gastro/chilton9-6/sld042.htm>
- [6] Paracelsus (Theophrast von Hohenheim), Sieben Defensiones. In: K. Sudhoff, *Klassiker der Medizin*, Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1915
- [7] Roche Lexikon Meizin. Hoffmann-La Roche AG und Urban & Schwarzenberg, München 1995
- [8] <http://www.cardionews/archiv/cardio799/cardio24.htm>
- [9] <http://www.nutrifood-complex.de/sps/antioxidativ.html>
<http://www.universimed.com/fofiaca/fol19990308s.html>
- [10] Miller, N. J.; Rice-Evans, C.A.; Davies, M. J.; Gopinathan, V.; Milner, A., A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.*, **84**, 407-412, 1993
- [11] Baderschneider, B.; Luthria, D.; Waterhouse, A. L.; Winterhalter, P., Antioxidants in white wine (cv. Riesling): I. Comparison of different testing methods of antioxidant activity. *Vitis*, **38**, 127-131, 1999
- [12] Frankel, E.N.; German, J. B.; Davis, P. A., He adspace gas chromatography to determine human low-density-lipoprotein oxidation. *Lipids*, **27**, 1047-1051, 1992
- [13] Marco, G. J., A rapid method for evaluation of antioxidants. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **45**, 594-598, 1968
- [14] Pryor, W. A.; Cornocelli, J. A.; Deva, L. J.; Tait, B.; Trivedi, B. K.; Witiak, D. T.; Wu, M., Rapid screening test to determine the antioxidant potencies of natural and synthetic antioxidants. *J. Org. Chem.*, **58**, 3521-3532, 1993
- [15] Briggs, T.; Rauscher, W., An oscillating iodine clock. *J. Chem. Educ.*, **50**, 496, 1973
- [16] Belousov, B. P., *Sb. Ref. Radiats. Med.za* 958, Medgiz, Moscow, **1**, 145, 1959 (in Russian). The English translation of Belousov's full paper is in: R. J. Field and M. Burger, Eds., 'Oscillations and Travelling Waves in Chemical Systems', New York: Wiley 1985, pp. 605-613.
- [17] Zhabotinsky, A. M., Periodic course of oxidation of malonic acid solution (An investigation of the kinetics of the reaction of Belousov. *Biophysics*, **9**, 329-335, 1964
- [18] Bray, W. C., A periodic reaction in homogeneous solution and its relation to catalysis. *J. Am. Chem. Soc.*, **43**, 1262, 1921
- [19] Liebhaftsky, H. A. ; Wu, L. S., Reactions Involving Hydrogen Peroxide, Iodine and Iodate ion. V. Introduction to the Oscillatory Decomposition of Hydrogen Peroxide. *J. Am. Chem. Soc.*, **96**, 7180, 1974
- [20] Cervellati, R.; Crespi-Perellino, N.; Furrow, S. D.; Minghetti, A., Inhibitory effects by soy antioxidants on the oscillations of the Briggs-Rauscher reaction. *Helv. Chim. Acta*, **83**, 3179-3190, 2000
- [21] Furrow, S. D. ; Cervellati, R.; Amadori, A. (2001). New substrates for the oscillating Briggs-Rauscher reaction. *J. Phys. Chem.* in corso di stampa.
- [22] Höner, K.; Cervellati, R.; Neddens, C. (2001). Measurements of the in-vitro antioxidant activity of German white wines using a novel method. *Eur. Food Res. Tech.* in corso di stampa, on-line DOI 10.1007/s00217-001-0443-4.
- [23] Cervellati, R.; Höner, K.; Furrow, S. D.; Neddens, C.; Costa, S. (2001). The Briggs Rauscher reaction as a test to measure the activity of antioxidants. *Helv. Chim. Acta*, **84**, 3533-3547, 2001.
- [24] Furrow, S. D. ; Noyes, R. M., The Briggs-Rauscher reaction. 3. A skeleton mechanism for oscillations. *J. Am. Chem. Soc.*, **104**, 45-48, 1982
- [25] Furrow, S.D., Comparison of Several Substrates in the Briggs-Rauscher Oscillating System. *J. Phys. Chem.*, **99**, 11131-11140, 1995
- [26] Engelhardt, U. H., Polyphenole in Tee. Habilitationsschrift, Technische Universität Braunschweig, 1995
- [27] Engelhardt, U. H., Polyphenole im Tee – eine Übersicht. *Lebensmittelchemie*, **49**, 134, 1995
- [28] Cervellati, R., Fetto, P., Effetto di sostanze sottrattrici di radicali liberi sulla reazione oscillante di Briggs-Rauscher, *CnS-La Chimica nella Scuola*, **XXII**, 22-26, 2000

Molti insegnanti, specialmente quelli più impegnati, manifestano da tempo un certo disagio: non vogliono rinunciare agli ultimi ritrovati della ricerca didattica ma non riescono a calare i dettami che ne derivano nella carne viva dei processi d'insegnamento e di apprendimento.

In realtà le indicazioni della ricerca didattica hanno sortito alcuni effetti positivi sul lavoro scolastico. È innegabile che la programmazione, se realizzata con senso di misura e sulla scorta di obiettivi realistici, produce benefici effetti e soprattutto razionalità l'utilizzazione delle risorse; la verifica, se viene condotta senza improvvisazioni, utilizzando metodi differenti e mirati, se è seguita da una valutazione al riparo da rapporti troppo emotivi, offre alcune garanzie; il livello dell'insegnamento scientifico e la natura dei linguaggi usati alla luce di quanto si sa sullo sviluppo mentale degli alunni, finiranno per essere più adeguati.

Ma la trasmissione delle conoscenze, nei suoi intimi meccanismi, rimane in ombra, il momento magico durante il quale certe rappresentazioni mentali si generano nella mente dell'allievo per interazione con l'insegnante e con l'ambiente di studio, è tuttora indecifrate.

Le reazioni degli insegnanti alla difficoltà ad applicare le varie dottrine didattiche sono molto diverse.

Alcuni gettano alle ortiche i volumi di Piaget, di Vigotsky, di Ausubel, di Bloom o di Bruner, rinunciano a capire che cosa promette il Costruttivismo e tornano rassegnati a metodi di insegnamento tradizionali.

Altri insegnanti si ostinano ad applicare acriticamente modalità che pensano di avere ricavato dai sacri testi, tramutando il tutto in una frenetica attività programmatrice, mai completamente verificata nei suoi esiti, adottano un gergo professionale che conferirà loro una patina di professionalità.

Altri ancora si affidano alle indicazioni dei funzionari ministeriali, i quali chissà perché dovrebbero avere il potere di tradurre le complesse teorie psicopedagogiche in risolutivi atti concreti; questi insegnanti imparano ad usare termini burocratici, scarsa-

mente trasparenti e tramutano la loro attività in una serie infinita di "adempimenti".

A causa di questa situazione tra gli insegnanti comincia a serpeggiare un inconfessato senso di impotenza.

Come ormai si comincia a capire, si rende necessaria una ricerca applicata per creare la saldatura tra la ricerca didattica e la prassi dell'insegnamento disciplinare, a questo fine è indispensabile la figura dell'insegnante-ricercatore.

Il primo lavoro da fare è quello di liberare il campo da tutta una serie di incrostazioni e di impedimenti che una cultura pseudodidattica ha creato in questi anni.



La sedimentazione di pregiudizi, mode, antinomie e contraddizioni ha seppellito la lucidità di quegli insegnanti che sarebbero in grado di riscoprire i paradigmi fondamentali della loro professione ed a costruire strumenti didattici efficaci.

Tra le teorie cognitive e la prassi dell'insegnamento non c'è continuità, manca una saldatura, le innovazioni degli insegnanti più avanzati e delle loro ricerche nel campo della didattica disciplinare.

In ogni caso nonostante questi sforzi si stenta ad ottenere risultati superiori a quelli ottenuti con metodi di insegnamento tradizionali, naturalmente tutto ciò porta acqua al mulino degli insegnanti più conservatori.

Gli attori dello psicodramma chiamato valutazione spesso dimenticano che

oggetto della loro giudizio è un essere umano capace di intendere e di volere, capace di respingere o di accettare e al limite di simulare qualcosa di differente dalla realtà oggettiva.

Gli insegnanti, ma non solo gli insegnanti, tendono istintivamente a comportarsi come se in teoria fosse sempre possibile ottenere risultati positivi ma che successivamente i condizionamenti ambientali, quali l'organizzazione didattica, l'abilità dell'insegnante o l'influenza di fattori esterni alla scuola, ne limitassero gli esiti.

Si tende a rimuovere il parametro fondamentale cioè la libera scelta dello studente. Egli ad un certo momento deve fare i conti con la complessità della propria realtà interiore e del rapporto con il mondo e può decidere di non accettare quanto gli viene proposto.

La scarsa dominabilità del processo impedisce, oltre un certo limite, di aiutare l'alunno in difficoltà; per questa ragione il relativo insuccesso di un singolo alunno, o anche di una parte della classe, non si traduce automaticamente in un giudizio negativo sull'insegnante. Si crea così una zona grigia di indeterminatezza dove i cattivi insegnanti sopravvivono camuffandosi.

Il fatto che gli esiti del processo non siano automaticamente predeterminabili comporta tuttavia un risvolto positivo in quanto preserva la libertà individuale, che potremmo chiamare "libertà di non apprendere".

Si crea in questo modo una sorta di paradosso, vale a dire che un "metodo assolutamente efficace" sarebbe forse un pericolo per il discente in quanto finirebbe per soffocarne la libertà di scelta.

D'altro canto un "metodo assolutamente efficace" in mano ad un cattivo insegnante potrebbe produrre dei danni ed in mano di un insegnante affetto da integralismo ideologico potrebbe portare al plagio dell'allievo. I "metodi assolutamente efficaci" esistono e sono quelli utilizzati in quelle sette religiose di cui parlano le cronache ed i telefilm.

Tuttavia se l'incertezza dei risultati nell'attività didattica ci spingesse ad adottare metodi fortemente persuasivi ricordiamoci che possono dare da

esiti molto negativi, ad esempio l'abuso di strumenti di persuasione nella pubblicità commerciale che ha prodotto danni culturali rilevanti e produrrà di ben peggiori se verrà utilizzata in modo incontrollato per raccogliere il consenso politico, in questo caso sarebbe altamente lesiva per la democrazia; ancora maggiori saranno i danni se tale tecnica verrà utilizzata nell'educazione.

La persuasione per non essere lesiva deve essere frutto di un rapporto dialettico basato sul reciproco rispetto.

Nei rapporti interpersonali di tipo scolastico si può essere tentati di usare il nostro ascendente di adulti, mettendo in campo una certa arte della seduzione (naturalmente non in senso sessuale). In realtà questi meccanismi spesso si mettono in moto al di fuori dalla nostra volontà ma, se scientemente abusassimo di essi, non potremmo educare i nostri allievi all'autonomia ed alla consapevolezza. Concludendo nessuna metodologia didattica, rispettosa della personalità

dei discenti è efficace in assoluto e soprattutto dipende da come viene vissuta (accettata) dagli interessati; si impone cioè una collaborazione tra le parti in vista di comuni obiettivi che saranno, più o meno tacitamente, contrattati.

Si arriva a toccare con mano quella che Bruner chiama "la complessità degli obiettivi educativi", scopriamo cioè una delle antinomie fondamentali dell'insegnamento:

§ dobbiamo aiutare l'alunno a sviluppare la sua autonomia di giudizio, la sua capacità di valutazione, la consapevolezza delle sue potenzialità;

§ dobbiamo fare in modo che l'alunno assimili i numerosi elementi che compongono una cultura condivisa onde avere un soggetto capace di inserirsi senza conflitti nella società e nel mondo del lavoro.

La suddetta antinomia non è altro che il riflesso di una più ampia antinomia sociale, presente da sempre sulle scene del mondo, cioè la contrapposizione tra libertà individuale e bisogni della collettività.

I due aspetti interagiscono tra loro infatti da un lato la cultura per mantenersi vitale ha bisogno di individui maturi e consapevoli, dall'altro un individuo diviene consapevole e maturo operando all'interno di un contesto culturale esteso da lui accettato.

La soluzione che rispetta, per così dire, la libertà di non apprendere, può essere trovata in una sorta di "contrattazione": il soggetto in apprendimento prende coscienza di se stesso e dei problemi della società a cui appartiene, deve fare propri gli obiettivi da raggiungere, questi a loro volta devono apparire appetibili e ragionevolmente raggiungibili, si deve creare sintonia e sinergia tra docente e discente.

Questo processo si basa su fattori morali fondamentali quali la stima e il rispetto reciproco, esso viene indicato con la parola composita "insegnamento/apprendimento" per sottolineare la complementarità e l'inscindibilità dei due termini.

Ermanno Niccoli

Adeguamento dei prezzi in Euro del Progetto Seraphim

Il prezzo di ogni dischetto è di Euro 16; acquistando più di 10 dischetti il prezzo per ciascun dischetto scende a Euro 14; i Soci della Società Chimica Italiana godono di uno sconto del 15% (IVA compresa).

Per avere i dischetti occorre:

1) inviare l'ordine con l'elenco dei dischetti alla Società Chimica Italiana, Viale Liegi 48/c, 00198 Roma (Tel. 06-8549691 - Fax 06-8548734 - E-mail: soc.chim.it@agora.stm.it) specificando la Partita IVA o il Codice Fiscale dell'acquirente. La Promozione Attività e Servizi - SCI S.r.l. (Società di Servizi della SCI) emetterà regolare fattura. Il pagamento verrà effettuato al ricevimento della fattura.

2) Spedire inoltre una copia dell'ordine dei dischetti desiderati al Sig. Pasquale Fetto, c/o Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", Via Selmi 2 - 40126 Bologna (Tel. 051-2099521 - Fax 051-2099456 - E-mail: fpcns@ciam.unibo.it).

Chi desidera ricevere copia di un programma sorgente deve seguire le stesse modalità tenendo presente che il costo di ogni singolo programma sorgente è di Euro 10,35. Prima di chiedere un programma sorgente è necessario contattare il Sig. Pasquale Fetto (Tel. 051-2099521 - Fax 051-2099456 - E-mail: fpcns@ciam.unibo.it) dato che non per tutti i programmi è a disposizione il programma sorgente.

La Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana rende noto che l'intero pacchetto del Progetto Seraphim è disponibile su CD al prezzo di Euro 620 IVA e spese di spedizione comprese. Dal pacchetto è escluso solo il programma NMR.

Informa inoltre che continua la distribuzione del software su dischetti da 3 pollici con le modalità sopra indicate.

Le richieste per il CD devono essere inviate ai seguenti indirizzi:

1) Società Chimica Italiana, Viale Liegi 48/c, 00198 Roma (Tel. 06-8549691 - Fax 06-8548734 - E-mail: soc.chim.it@agora.stm.it) specificando la Partita IVA o il Codice Fiscale dell'acquirente. La Promozione Attività e Servizi - SCI S.r.l. (Società di Servizi della SCI) emetterà regolare fattura. Il pagamento verrà effettuato al ricevimento della fattura.

40 2) Sig. Pasquale Fetto, c/o Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", Via Selmi 2 - 40126 Bologna (Tel. 051-2099521 - Fax 051-2099456 - E-mail: fpcns@ciam.unibo.it).

**APPELLO DEI DOCENTI DI DISCIPLINE SCIENTIFICHE
CONTRO L'IMPOVERIMENTO CULTURALE E MATERIALE DELL'ITALIA**

ALLA DIVISIONE DI DIDATTICA della S.C.I.

Il sottoscritto

Nome.....

Cognome.....

Ente/Istituto.....

ADERISCE ALL'APPELLO

Data.....

Firma