

Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana



CNS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA

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

**LO STATO DI SALUTE
DELL'INSEGNAMENTO**

**SISTEMI COMPLESSI
E
UNITÀ AUTOPOIETICHE**

**APPROFONDIMENTO
SUL CONCETTO DI
ATTIVITÀ**

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



Anno XXVI
Marzo - Aprile 2004

Direttore responsabile

Pierluigi Riani

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale
Via Risorgimento, 35 - 50126 Pisa
Tel. 0502219398 - fax 0502219260
e-mail: riani@dcci.unipi.it

Past-Editor

Paolo Mirone

e-mail: paolo.mirone@fastwebnet.it

Redattore

Pasquale Fetto

Dipartimento di Chimica "G.Ciamician"
Via Selmi, 2 - 40126 Bologna
Tel. 0512099521 - fax 0512099456
e-mail: pasquale.fetto@unibo.it

Comitato di redazione

Liberato Cardellini, Marco Ciardi, Pasquale Fetto,
Paolo Mirone, Ermanno Niccoli, Fabio Olmi,
Pierluigi Riani, Paolo Edgardo Todesco, France-
sca Turco, Giovanni Villani

Comitato Scientifico

Luca Benedetti, Rinaldo Cervellati, Rosarina
Carpignano (*Presidente della Divisione di Didat-
tica*), Luigi Cerruti, Giacomo Costa, Franco
Frabboni, Gianni Michelon, Ezio Roletto

Editing

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

Periodicità: bimestrale (5 fascicoli all'anno)

Abbonamenti annuali

Italia • 48 - Paesi comunitari • 58

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

Miglioriamo la nostra rivista **33**
di *Pierluigi Riani*

Indirizzo di saluto **34**
di *Rosarina Carpignano*

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

La chimica e le ricerche sulla complessità
I. Sistemi complessi e unità autopoietiche **37**
di *Luigi Cerruti*

ESPERIENZE E RICERCHE

Lo stato di salute dell'insegnamento
come risulta dallo studio Pisa 2000 **45**
di *Liberato Cardellini*

Contro il cosiddetto "Metodo Scientifico":
riflessioni intorno a metodologie didattiche
empiristiche superate **51**
di *Eleonora Aquilini, Daniela Basosi*

LABORATORIO E DINTORNI

Preparare il reattivo di Fehling:
uno stimolo all'osservazione **55**
di *Pier Antonio Biondi*

Un approfondimento sull'attività
di *Roberto Soldà, Livia Mercato* **57**

RUBRICHE

LETTERE AL LETTORE **60**

La Didattica della Chimica
di *Ermanno Niccoli*

LETTERE A CnS **62**

Imitare non è copiare
di *Ermanno Niccoli*

I buoni e i cattivi
di *Giovanni Lentini*

ACHILLE E LA TARTARUGA **64**

L'insegnamento efficace
di *Francesca Turco*

Miglioriamo la nostra rivista

In questo editoriale vorrei provare a compiere un'analisi della situazione attuale della rivista e a proporre alcune iniziative per le quali è già stato debitamente compiuto il necessario studio di fattibilità. Penso infatti che sia bene che i lettori vengano posti a conoscenza del percorso che direzione e redazione intendono seguire.

CnS è una rivista che ha una base di lettori oggettivamente non molto ampia, ma altrettanto oggettivamente ampliabile in misura consistente: si tratta di riuscire a fornire materiale che la renda appetibile presso un pubblico sempre più vasto. Che fare, quindi?

Un punto dovrebbe immediatamente balzare agli occhi: CnS è rivista didattica della Società Chimica Italiana, non della sola Divisione di Didattica Chimica. La motivazione della scelta è evidente: la didattica non deve interessare solo gli addetti ai lavori, ma tutta la comunità dei chimici: senza una buona didattica si scoraggiano infatti i giovani a intraprendere il nostro indirizzo di studi. Questo dato alimenta il circolo perverso che tanti danni sta recando alla nostra disciplina: pochi studenti si iscrivono ai corsi di laurea a indirizzo chimico, pochi si laureano, di questi pochi solo una ristrettissima minoranza si dedica all'insegnamento nella scuola secondaria, e il cerchio si chiude. Quindi, un caldo invito a tutti gli iscritti alla SCI: sottoscrivete l'abbonamento a CnS e tenetevi informati riguardo a ciò che bolle nella pentola della didattica. Fra l'altro, una buona parte dei soci SCI sono docenti universitari, a pieno titolo implicati nella didattica; per essi CnS può diventare sia un serbatoio di idee per migliorare il loro prodotto, sia una fonte di informazione per capire che cosa ci si può aspettare dagli studenti come formazione pregressa.

Il problema della didattica della Chimica diventa assolutamente pressante nelle Scuole di specializzazione per l'insegnamento secondario (SSIS). Conosciamo tutti le vicende di questa struttura universitaria, faticosamente istituita e successivamente cancellata (*de iure*, per ora non

de facto) senza aver effettuato alcuna indagine sui prodotti. Al momento attuale le SSIS procedono nel loro lavoro, con la speranza che una buona parte del cambiamento proposto (da Scuola di specializzazione a Laurea specialistica) si risolva prevalentemente in un cambiamento di facciata e non di sostanza. Giova comunque ricordare che, secondo le normative approvate, il tirocinio verrebbe spostato fuori della Laurea specialistica, con evidenti conseguenze sui rapporti Università – Scuola che hanno in genere costituito uno degli aspetti più positivi per le SSIS.

CnS intende procedere alla pubblicazione di un numero speciale dedicato appunto ai problemi della Chimica nella formazione iniziale degli insegnanti. Quella dei numeri speciali dovrebbe essere una delle principali novità della nostra rivista: fascicoli assai corposi, a carattere monografico, che dovrebbero essere prodotti con una cadenza grosso modo annuale. Speriamo che il pubblico apprezzi.

Occorre però andare oltre, e su questa strada la redazione si sta muovendo per cercare di smuovere le acque. La rivista di un sodalizio assolve bene al suo compito se diventa anche un contenitore di dialogo. Ecco quindi la rubrica "Lettere a CnS", per la quale è stata rinnovata la presentazione, e per la quale la redazione si augura una buona partecipazione dei lettori. Il verbo è proprio quello: augurarsi. I redattori possono contribuire al lancio, ma se i lettori non li seguiranno attivamente, aprendo nuove discussioni e partecipando alle discussioni già aperte, la rubrica sarà costretta a languire.

Per concludere, un ulteriore appello: docenti di ogni ordine e grado interessati alla chimica, se avete esperienze didattiche che ritenete degne di essere comunicate, inviatele a CnS. Ma come si fa a scrivere un articolo, anche breve, per una rivista didattica? Già, è questo il punto: per una persona che non ha una certa pratica al riguardo, scrivere un articolo è un'impresa abbastanza difficile; occorre quindi renderla meno difficile. Una

promessa, allora: in uno dei prossimi numeri verrà presentato una nota sull'argomento "Come scrivere un articolo". Dopo la metaconoscenza, arriva il "metaarticolo"!

Saluto del Presidente della Divisione di Didattica

Care colleghe e cari colleghi, all'inizio del mio mandato come Presidente della Divisione Didattica della SCI mi è gradito inviare a tutti i Soci un cordiale saluto e un ringraziamento per la fiducia accordatami.

Il lavoro da fare è impegnativo, soprattutto in questo periodo in cui stanno per realizzarsi numerosi mutamenti nella Scuola e nell'Università e la partecipazione e collaborazione di tutti i Soci è quanto mai necessaria..

Non posso che esprimere il massimo apprezzamento per i risultati realizzati nel passato triennio soprattutto ad opera del Presidente Giacomo Costa e della Vicepresidente Eleonora Aquilini, e su questa linea ritengo si debba continuare.

I legami stabiliti con il MIUR, che hanno portato al riconoscimento della Divisione come soggetto qualificato per la formazione del personale della scuola, dovranno essere mantenuti e rafforzati anche coinvolgendo le Direzioni degli Uffici Scolastici Regionale mediante protocolli di intesa allo scopo di coordinare in modo più efficace e capillare strategie di azione rivolte ai docenti di discipline scientifiche di tutti i livelli scolari.

La collaborazione con le altre Associazioni, in particolare con l'AIF e l'ANISN, si sta consolidando ed è fondamentale per un'azione comune volta al recupero della cultura scientifica nel nostro Paese.

Parimenti si dovranno curare i rapporti con la Sede centrale della SCI, le altre Divisioni e le Sezioni Locali.

Il sito della Divisione www.ciam.unibo.it/didichim/, curato dal collega Pasquale Fetto, è aggiornato sollecitamente e costituisce un importante centro di informazione.

La rete COREFAC già è attiva in diverse regioni grazie all'opera di colleghi che, come referenti locali, mantengono il collegamento tra il Consi-

glio Direttivo e i soci insegnanti della propria regione, promuovendo inoltre attività di formazione ed aggiornamento. La rete dovrà essere estesa anche alle altre regioni coinvolgendo altri colleghi disponibili.

Un obiettivo importante da perseguire è sicuramente quello di aumentare la consistenza della Divisione e la sua visibilità all'esterno sia organizzando seminari e giornate di studio, sia partecipando ad iniziative culturali nazionali o internazionali promosse da altri enti.

Il prossimo appuntamento sarà la IV Conferenza Nazionale della Divisione, prevista nell'autunno probabilmente a Potenza.

Con l'auspicio di riuscire a stabilire relazioni più capillari e più efficaci con gli operatori della scuola in modo che la Divisione possa diventare un punto di riferimento per il miglioramento e la valorizzazione dell'insegnamento e apprendimento della Chimica, invio a tutti un saluto cordiale e l'augurio di un proficuo lavoro.

Rosarina Carpignano
Presidente della Divisione

Raffaele Piria

Scilla, 1814 - Torino 1865



Nacque a Scilla in Calabria il 20 agosto 1814. Avviato agli studi di medicina si iscrisse quindicenne al Collegio medico-chirurgico di Napoli, dove divenne aiutante di F. Lancellotti che vi insegnava chimica. Dal 1831 frequentò l'Università, laureatosi in medicina nel 1835 si recò a Parigi dove fu iniziato alle ricerche più avanzate di chimica organica nel laboratorio di J.-B. Dumas, uno dei chimici più famosi dell'epoca. Rimase nella capitale francese fino alla fine del 1839, e in questo periodo compì memorabili ricerche su composti organici naturali, fra cui la salicilina. Tornato a Napoli si dedicò all'insegnamento privato e alla pubblicistica scientifica, di cui fu sempre appassionato, curando con il mineralista A. Scacchi una *Antologia di Scienze naturali*.

Nel 1842 gli fu affidata la cattedra di chimica dell'Università di Pisa. Si trattò di una scelta attuata da Leopoldo II nell'ambito di un'ampia manovra accademica volta a porre a livello di eccellenza la sede pisana. In quegli stessi anni infatti vennero chiamati a Pisa il fisico matematico Ottaviano Fabrizio Mossotti, il geologo Leopoldo Pilla, il fisico e fisiologo Carlo Matteucci. Sono di questo periodo importanti ricerche sull'asparagina.

Anche a Pisa Piria curò l'attività editoriale fondando con Mossotti e Matteucci *Il Cimento* che visse dal 1843 al 1847. Ma ben più rilevante fu l'aspetto 'didattico' della sua pratica di laboratorio. Egli infatti fu raggiunto nel 1845 da Stanislao Cannizzaro, che divenne suo preparatore straordinario, e nel 1846 da Cesare Bertagnini, come 'studente apprendista'. Durante le lunghe giornate di lavoro Piria impartiva solo ordini ai suoi giovani collaboratori, muovendosi come un maestro elegante, silenzioso, autorevole. Alla sera Piria spiegava ai suoi allievi ogni dettaglio sperimentale, in lunghe appassionate discussioni che sempre andavano oltre i temi scientifici per entrare nell'ambito della cosa pubblica, con al centro il tema insoluto della frammentazione politica dell'Italia. Fu in questo ambiente favorevole

ai più alti ideali che fra Bertagnini e Cannizzaro, malgrado l'estrema diversità di temperamento e di sentimenti religiosi, si strinse un importante sodalizio di ricerca, e di amore per la scienza e per la comune Patria italiana.

Il 1848 fu vissuto da Piria e dai suoi giovani allievi secondo quanto avevano prefigurato nelle serate pisane: Cannizzaro partecipò come Deputato al Parlamento siciliano e come ufficiale di artiglieria ai fatti politici e militari dell'Isola; Bertagnini come semplice soldato e lui stesso come capitano si arruolano nel battaglione degli studenti pisani che combattè a fianco dell'esercito piemontese nei dintorni di Goito, a Curtatone e Montanara. Dopo la parentesi militare Piria e Bertagnini ripresero subito il lavoro, mentre Cannizzaro costretto all'esilio a Parigi dalla repressione borbonica poté riallacciare i rapporti di ricerca solo dopo la sua chiamata ad Alessandria, nel 1851, come docente di fisica e di chimica nel locale Collegio. Per Piria gli anni dal '51 al '55 sono ricchi di risultati, fra i quali vanno ricordati la messa a punto di una reazione generale (che porta il suo nome) di preparazione di acidi amminosolfonici e arisolfamminici a partire da nitroderivati aromatici, il perfezionamento del metodo di determinazione del carbonio nell'analisi elementare organica, e ricerche sulla populina. Il 1855 fu un anno importante per Piria. Con Matteucci e il botanico Giuseppe Meneghini riprese ancora una volta il progetto di un giornale scientifico italiano di ampio respiro, e nel marzo 1855 fu pubblicato il primo fascicolo del *Nuovo Cimento, giornale di fisica, chimica e scienze naturali*. In autunno, per il pensionamento di Gian

Lorenzo Cantù si aprì la corsa alla cattedra di chimica generale dell'Università di Torino. Malgrado la presenza di un forte e qualificato candidato locale (Sobrero), e contro la decisione del Consiglio superiore della pubblica istruzione, nel gennaio 1856 Piria fu chiamato a Torino per intervento diretto del Ministro Giovanni Lanza. Come quella di Leopoldo II una quindicina di anni prima, si trattò di una scelta motivata da diversi ordini di motivi: il valore scientifico di Piria, e forse ancor più la sua fama europea, avrebbero dato lustro all'Ateneo; le sue qualità di ricercatore e di maestro avrebbero stabilito una vera scuola di chimica nell'Università; infine - e questa certamente non era stata un'intenzione del Granduca di Toscana - Lanza e Cavour intendevano sottolineare la candidatura di Torino a capitale culturale di un'Italia finalmente laica e liberale.

Purtroppo il contributo di Piria allo sviluppo scientifico dell'Ateneo torinese non fu pari alle grandi speranze, nutrite da molti anni di attesa e di pressioni politico-culturali. Fin dal momento della chiamata Piria aveva ottenuto da Lanza un finanziamento straordinario per attrezzare il Laboratorio, e per poter aprire agli studenti una

scuola pratica di chimica, tuttavia i lavori si prolungarono nel tempo, per cui l'attività di Piria rimase essenzialmente sul piano didattico ed editoriale, avendo egli mantenuto la direzione del *Nuovo Cimento*.

Con il sopraggiungere della seconda guerra contro l'Austria, e con la liberazione del Mezzogiorno dal dominio borbonico, Piria fu direttamente coinvolto nelle vicende politiche calabresi e napoletane. Giunto nel paese natale, per incarico di Cavour diresse il plebiscito che portò all'annessione al Piemonte; entrò anche nel governo provvisorio con il portafoglio di Ministro della Pubblica Istruzione. Nelle elezioni generali del 1861 fu eletto deputato al Parlamento nazionale per il collegio di Palmi. Tornato a Torino, fu nominato senatore nel 1862, ma l'aggravarsi di una malattia di fegato gli impedì di riprendere a pieno la sua attività scientifica.

Morì a Torino, in difficili condizioni economiche e personali, l'8 luglio 1865.

Fonte bibliografica. A. Gaudiano in: *Scienziati e tecnologi dalle origini ai nostri giorni*, vol. II, Milano: Mondadori, 1975, *ad vocem*.



La chimica e le ricerche sulla complessità

I. Sistemi complessi e unità autopoietiche

I have yet to see any problem, however complicated, which, when you look at it the right way, did not become more complicated.

Poul Anderson¹

LUIGI CERRUTI*

Riassunto

La complessità è una delle tematiche più dibattute nella scienza e nella cultura contemporanea, e negli ultimi decenni la chimica contemporanea è diventata una chimica della complessità. Dopo aver considerato la definizione di complessità in diverse discipline, la stessa chimica e le altre discipline sono trattate come sistemi complessi, secondo il modello delle unità autopoietiche. Si deduce che l'insegnamento della chimica non può essere semplificato in un elenco di nozioni, ma deve tener conto della complessità del 'sistema chimica'.

Abstract

Complexity is one of the most debated subjects in contemporary science and culture, and in the last few decades the contemporary chemistry turned into a chemistry of complexity. Several definitions of complexity, in different disciplines, are considered, and the same chemistry and the other scientific disciplines are treated as complex systems, according to the autopoietic model. A first conclusion is that chemistry teaching must not be simplified in a notion list, but has to consider the complexity of the 'chemistry system'.

Nella pratica didattica più consueta la chimica non sembra essere altro che un magazzino di definizioni, di formule, di problemini numerici. Per di più gli articoli di questo magazzino rimangono polverosi anche dopo la volenterosa distribuzione agli allievi, perché quasi mai sono inseriti in un contesto conoscitivo e pragmatico che li renda interessanti, fruibili. È drammatico il contrasto fra la conoscenza che molti allievi hanno della chimica e la realtà storica e sociale della disciplina. Non solo la chimica è una grande, ininterrotta avventura conoscitiva, ma è anche una impresa collettiva di enorme portata sociale ed economica. Tutto questo è ben noto ai lettori di *Chimica nella Scuola*, ma il nostro impegno di comprendere le linee di evoluzione della disciplina non deve subire ritardi anche rispetto ad altri fattori, che assumono un significato importante nell'ambito dell'edu-

cazione scientifica. Mi riferisco al ruolo attuale della chimica sul fronte di avanzamento della scienza, e alla sua interazione con la fisica e la biologia, le altre grandi discipline sperimentali. La comprensione degli allievi del grande fenomeno 'scienza' passa anche attraverso una loro cognizione esatta delle relazioni che intercorrono fra le discipline scientifiche, matematica compresa, laddove le uniche relazioni presentate sono quasi sempre quelle gerarchiche, basate su un rigido riduzionismo. Un argomento di attualità si presta bene a soddisfare queste nostre molteplici esigenze ed è quello della complessità.

La complessità è ormai diventata una delle tematiche più dibattute nella scienza e nella cultura contemporanea, per tutta una serie di motivi che diventeranno più chiari nel corso della nostra ricerca. Fin d'ora possiamo dire che della complessità si interessano tutti i campi scientifici, dall'informatica alla ecologia e alla medicina, e buona parte delle discipline 'umanistiche', dalla filosofia all'economia politica. La conferma di questa moltitudine di interessi viene dai moltissimi convegni tenuti sul tema in ogni parte del mondo;² si tratta certamente di una ricchezza di approcci diversi, e tuttavia viene il sospetto che una simile ecumenicità nasconda anche qualcosa di simile ad una moda. In ogni caso la mia ricerca intende muoversi in limiti abbastanza ristretti, proprio per rendere i suoi risultati 'spendibili' nella nostra autoformazione e possibilmente nella didattica.

La questione della complessità è stata al centro della mia attenzione da quando ho considerato, come storico, quale potesse essere una trama interpretativa degli ultimi decenni di storia della chimica del Novecento. Non certo a caso è emersa dalla ricerca storica un'indicazione piuttosto precisa: da molte direzioni, in diverse specialità, la nostra disciplina si avviava ad essere una *chimica della complessità*.^[1] Qui, seguendo le nostre intenzioni didattiche ed educative, ho considerato il rapporto fra chimica e complessità da due diversi punti di vista. Innanzi tutto ho cercato di esplicitare quale sia la *complessità della chimica*, e qui mi sono trova-

* Dipartimento di Chimica Generale e Organica Applicata - Università di Torino - C.so M. D'Azeglio, 48 - Torino

¹ "Devo ancora trovare un problema che, per quanto sia complicato, non diventi ancora più complicato se lo considerate nel modo giusto"; Poul Anderson (1926-2001) è stato un grande scrittore di fantascienza.

² Si possono consultare in Rete programmi che vanno dal passato ("International Conference on Complex Systems", 21-26 settembre 1997, Cambridge, MA, URL: http://necsi.org/html/ICCS_Program.html) al futuro della prossima stagione congressuale ("Complexity in the Living: a problem-oriented approach", 28-30 settembre 2004, Roma, URL: http://w3.uniroma1.it/cisb/complexity/default_fr.htm).

to di fronte alla necessità di trattare la chimica nella sua interezza, come disciplina scientifica, e di analizzare le sue procedure conoscitive. Gli esiti della ricerca sulla struttura disciplinare della chimica sono esposti nella presente nota, che propone anche un'analisi preliminare della 'complessità della complessità'. L'indagine sulle procedure conoscitive della chimica ha messo in rilievo una complessità originaria della chimica, così una seconda nota tratterà i fondamenti ontologici ed epistemologici della complessità disciplinare.

Le proprietà dei due livelli ontologici che ci interessano, il macroscopico e il microscopico, e le peculiarità delle nostre procedure conoscitive caratterizzano in modo inequivocabile tutti gli aspetti della *complessità in chimica*, il secondo dei punti di vista cui accennavo prima. Ho quindi preso in considerazione cinque temi significativi, dalle strutture di Turing alla teoria di Gaia, che sono altrettanti punti di forza della nostra disciplina nell'ambito degli studi sulla complessità, e che stanno contribuendo potentemente ad una rinascita del prestigio disciplinare della chimica. Questa fase della mia ricerca, sulla complessità in chimica, sarà esposta in note successive.

Brevi articoli come quelli qui presentati non sono certo in grado di fornire un quadro generale delle problematiche connesse alla complessità, concludo perciò queste osservazioni introduttive rinviando per una visione d'insieme della complessità ad un bellissimo saggio del *Dizionario asimmetrico* pubblicato recentemente da Pietro Greco.[2]

1. La complessità: alla ricerca di una definizione

Un famoso conteggio condotto nel 1995 elencò 31 diverse definizioni di complessità,³ dopo questa data credo che si sia rinunciato ad un censimento esaustivo, anche se è costante il richiamo alla difficoltà di elaborare una qualsiasi definizione che sia applicabile a tutti i campi in cui emergono, o sembrano emergere, i problemi tipici della complessità – primo fra tutti l'intrattabilità all'interno di un unico modello.⁴ La situazione conoscitiva si presenta quindi estremamente aperta, e possiamo quindi avviare l'indagine sulla complessità sapendo fin dall'inizio che ci possiamo muovere con grande libertà fra una pluralità di posizioni teoriche diverse, e però spesso egualmente interessanti. In breve, cercheremo di definire il nostro oggetto di ricerca nel modo più conveniente allo scopo di delineare i contorni della complessità in chimica.

La complessità logico-matematica di Kolmogorov

Tutto il campo della complessità è ricco di paradossi, fin dalla definizione rigorosa di complessità data dal matematico sovietico Kolmogorov⁵. La definizione riguarda le stringhe, cioè sequenze di caratteri alfabetici e numerici come quelle che costituiscono il testo di questo articolo. La complessità di Kolmogorov di una stringa è la lunghezza del minimo programma che eseguito da un certo computer dà come *output* la stringa. Tutto sembra semplice, comprensibile ed eseguibile. Sulla 'semplicità' è meglio sorvolare, perché i matematici hanno opinioni diverse dalle nostre a proposito della semplicità, ed è nata una intera branca di ricerche sulla complessità di Kolmogorov, mentre sulla comprensibilità siamo aiutati dal fatto che l'associazione

fra stringa e minimo programma può essere pensata come una compressione ottimale della stringa, 'zippata' al meglio. "Purtroppo", ci dice Stefano Galatolo, "questa associazione non può essere fatta da nessun algoritmo (da nessuna procedura effettiva finita). Più precisamente si può dimostrare che non pur esistere nessun programma (scritto in un qualsiasi linguaggio di programmazione) che calcoli la complessità di Kolmogorov delle stringhe".[3] La complessità di Kolmogorov è in effetti uno strumento teorico molto potente, che fra l'altro consente di dimostrare elegantemente teoremi fondamentali come il famoso teorema di incompletezza di Gödel, ma non è utilizzabile nella pratica computazionale. Più precisamente si può dimostrare che non può esistere nessun programma, scritto in un qualsiasi linguaggio di programmazione, che sia in grado di calcolare la complessità di Kolmogorov delle stringhe. In una discussione sulla possibilità di avere misure quantitative dell'auto-organizzazione⁶ Cosma Shalizi ha sostenuto che "il ruolo usuale della complessità di Kolmogorov in discussioni come questa è di essere esibita solennemente e, altrettanto solennemente, di essere messa da parte inutilizzata, dal momento che è bellamente (*pretty much*) impossibile calcolarla per qualcosa di *reale*".[4]

Nel nostro attuale contesto di ricerca la funzione retorica della definizione di Kolmogorov è di mettere in evidenza tre punti diversi: (a) non c'è nesso fra rigore e praticabilità; (b) il contributo di Kolmogorov ha portato a risultati importanti 'altrove' rispetto alla sua destinazione, il calcolo della complessità; (c) l'analisi della praticabilità della definizione porta ad una dichiarazione di *impossibilità*. Su questo aspetto cruciale dell'impossibilità tornerò tra breve, ma prima di passare all'analisi della complessità in ambito biologico, devo chiarire perché non dedico uno spazio anche minimo alla complessità in fisica. Per i nostri scopi limitati l'analisi della complessità in fisica si colloca all'interno degli interessi della fisica statistica; propellente di questi interessi è la *teoria algoritmica dell'informazione* che risale ai contributi di Kolmogorov (1965) e a quelli immediatamente successivi di Gregory J. Chaitin (1966).⁷ Tutto sommato qui la fisica sembra rimanere sotto il dominio assoluto della logica e della matematica, possiamo quindi permetterci di trascurarla.

La complessità biologica

Se l'efficacia conoscitiva della complessità di Kolmogorov ci è sembrata paradossale, almeno due cosiddetti paradossi sono stati rintracciati nella ricerca di quantificare la diversità in biologia. Entrambi i paradossi sono presentati in un articolo di Taft e Mattick che risale al dicembre 2003.[5] I due ricercatori iniziano l'articolo affermando che la mappatura completa del genoma umano ha prodotto un nuovo dilemma (*quandary*) che deve essere ancora risolto. Fino a tempi recenti si stimava che il patrimonio genetico umano corrispondesse alla sintesi di un numero di proteine variabile, a seconda delle stime, fra le 40.000 e le 120.000. Sembrava piuttosto che i geni che codificano proteine siano non più di 30.000, un numero simile a quello del genoma del topo o del pesce palla, e minore di quello del riso. Veniva così a cadere del tutto la congettura che la complessità biologica potesse essere misurata dal numero di geni (*g-value*) presenti nel genoma di una specie, e si creava un *g-value*

38 3-4 Parlerò di questo conteggio nella prossima nota, dove accennerò alle origini multidisciplinari della/delle complessità.

5 Andrey Nikolaevich Kolmogorov, 1903-1987.

6 Nel terzo articolo di questa serie uno dei punti centrali sarà proprio l'auto-organizzazione.

7 Chaitin pubblicò i suoi primi risultati quando era un diciottenne studente della City University di New York.

paradox, anche se i proponenti di questo termine ammettevano che: “Le assunzioni e lo sciovinismo implicito in questa questione – che gli umani siano di gran lunga più complessi degli altri eucarioti [...] e che quindi abbiano un corredo di geni commensurabilmente più ampio – sono difficili da argomentare chiaramente e ancora più difficili da giustificare a livello biologico”. [6] Il secondo paradosso citato da Taft e Mattick è di più antica data, ed è stato battezzato *C-value enigma* o *paradox*. In questo caso si riteneva che la quantità di DNA per cellula desse una misura dell’informazione genetica, e che questa – a sua volta – corrispondesse alla complessità biologica dell’organismo. Il fatto che alcuni protozoi, che piante e anfibi avessero cellule con una quantità di DNA maggiore dei mammiferi, era perciò sembrato paradossale. La successiva scoperta dell’esistenza di una parte addirittura prevalente di DNA non codificante,⁸ ha seriamente indebolito l’urgenza di risolvere l’enigma, che d’altra parte si spostava sulla questione della ‘funzione’ delle vaste porzioni di DNA spazzatura (*junk DNA*), quelle appunto studiate da Taft e Mattick.

È evidente che i paradossi del *g-value* e del *C-value* nascono non solo dalla convinzione che gli umani costituiscono il vertice della complessità biologica, ma anche che la storia della vita sulla Terra sia stata una vicenda scandita dalla crescita continua della complessità, in una lotta sempre più vincente contro la pressione entropica. Il contenuto ideologico di questa convinzione non è interessante per la nostra ricerca, mentre lo è il fatto che finora non sia stato possibile stabilire un metodo di calcolo quantitativo della complessità biologica. Indicazioni molto rilevanti ci vengono invece da altre ricerche condotte nel contesto della biologia teorica.

Nel 1978 Robert Rosen scriveva: “Un sistema è complesso se possiamo descriverlo in una molteplicità di modi diversi, ciascuno dei quali corrisponde a un sotto-sistema distinto. La complessità allora cessa di essere una proprietà intrinseca di un sistema, ma è piuttosto una funzione del numero di modi con cui possiamo interagire con il sistema e del numero di descrizioni separate richieste per descrivere queste interazioni”. Di seguito era data questa definizione operativa di sistema complesso “Quindi un sistema è semplice fintantoché un singola descrizione è sufficiente per rendere conto delle nostre interazioni con il sistema; nella misura in cui questo cessa di essere vero il sistema è complesso”. [7] Una implicazione immediata e importante di questa definizione è che rende impraticabile qualsiasi riduzionismo ‘duro’, che per essere tale deve usare un unico linguaggio formale, e tuttavia Rosen si manteneva ontologicamente cauto, quando affermava che data la soggettività delle descrizioni la complessità cessava di essere una proprietà intrinseca di un sistema. La ‘cautela’ di Rosen è in effetti una scelta filosofica di fondo perché lascia supporre che potrebbe essere possibile un’unica descrizione del sistema ‘complesso’ che allora diventerebbe docilmente ‘semplice’. In ogni caso la barriera posta da Rosen è stata successivamente rimossa da altri teorici della biologia. Donald Mikulecky ha pienamente apprezzato le indicazioni di Rosen, ma ha proposto un impegno ontologico del tutto opposto: “La complessità è la proprietà di un sistema del mondo reale che si manifesta nell’impossibilità per ogni formalismo di catturare in modo adeguato tutte le sue

proprietà. Ciò richiede che troviamo modi differenti distintamente per interagire con il sistema. Differenti distintamente nel senso che quando costruiamo modelli che hanno successo, i sistemi formali necessari per descrivere ogni aspetto distinto NON sono derivabili l’uno dall’altro”. [8]

Nel leggere la definizione di Mikulecky un chimico è irrispettabilmente attratto nel richiamo insistito alla negatività della definizione stessa: la complessità è strettamente connessa ad una *impossibilità epistemica*, così come i tre principi della termodinamica sono altrettante dichiarazioni di *impossibilità fattuale*. Se l’impossibilità di Mikulecky è rigida come le impossibilità di Kelvin, Clausius e Nernst, un sistema complesso è intrattabile all’interno di un unico modello⁹ non per nostra ignoranza ma per la sua stessa natura complessa. Quest’ultimo aspetto epistemico può essere reso esplicito affermando che per un sistema complesso l’impossibilità di avere un unico modello esplicativo rimane “anche se si ha una informazione completa sui suoi componenti singoli e sulle loro interazioni”. [9] Arriviamo così ad un punto fondamentale della nostra indagine: persino una conoscenza totale sulle singole parti e sulle loro relazioni reciproche non è sufficiente perché questa conoscenza riguarda ancora un sistema privo di un tratto essenziale, il *funzionamento come un tutto*: “l’irruzione di novità non banali è il segno della complessità, in contrasto con la semplicità di ciò che può essere dedotto da una procedura algoritmica”. [10] Il tutto è più della somma delle parti perché *funziona/vive* come un tutto, e Nicolis e Prigogine arrivano a dire che “è più naturale, o meno ambiguo, parlare di *comportamento complesso* piuttosto che di sistemi complessi”. [11]

Aggiungo che per uno storico la posizione di Rosen-Mikulecky è assolutamente condivisibile, in quanto i molti, moltissimi processi che costituiscono il divenire complessivo delle entità che studia non sono certo riconducibili ad un unico modello. Gli storici scrivono biografie, storie di impianti e di sostanze, di società scientifiche, imprese industriali, università e laboratori, ecc. ecc. In Tabella 1 sono elencati i componenti principali del ‘sistema chimica’, e ad ognuno di essi potrebbe essere fatta corrispondere una o più specialità di ricerca storiografica, sociologica, economica, ciascuna delle quali ha i propri metodi di indagine e i propri modelli esplicativi (non formali, per carità). Dunque, già dal punto di vista di Rosen-Mikulecky la chimica è un sistema complesso.

2. La chimica come sistema complesso

Usando una metafora, logora ma efficace, il cuore pulsante della chimica è la ricerca di laboratorio,¹⁰ ed è proprio l’analisi del funzionamento di un laboratorio che ci permette di individuare quasi tutti i componenti della chimica come sistema complesso (Tabella 1). La prima cosa che colpisce l’osservatore in un laboratorio è l’insieme di apparecchi, strumenti, reagentari che ne costituiscono l’attrezzatura (com-

⁹ Ho discusso alcuni aspetti di questo articolo con mio fratello Umberto, docente di algebra all’Università di Torino. Giunti a questa pluralità di ‘modelli’ mi ha chiesto di dare una definizione precisa di ‘modello’. Adottando i termini di Mikulecky ho assunto questa posizione: modello = descrizione in un linguaggio formale + interpretazione della descrizione, ad esempio, un modello termodinamico, un modello quantistico, un modello statistico oppure ancora un modello della reattività organica basata sulla teoria di Ingold e soci. Allora un sistema è complesso quando non è sufficiente un solo linguaggio formale per descrivere i diversi aspetti del suo comportamento, ad esempio un sistema in cui avvenga una ‘semplice’ reazione di nitratozione.

¹⁰ Sono ovviamente inclusi i laboratori informatici.

⁸ I ‘geni’ costituiscono dal 3 al 5% del DNA umano.

ponenti C ed E). Vi sono poi gli scienziati (componente B), che usano spesso documentazione di vario tipo (componente D) e che si scambiano di continuo informazioni (componente A). Tutto ciò si vede o si sente con immediatezza; se poi facciamo ‘mente locale’ ci accorgiamo che il comportamento degli scienziati è dettato da norme precise, che regolano l’uso degli strumenti, la scelta dei dati, la scrittura degli articoli, e più a monte la scelta dei temi da trattare dentro e fuori del laboratorio. Tutte queste regole sono molto varie

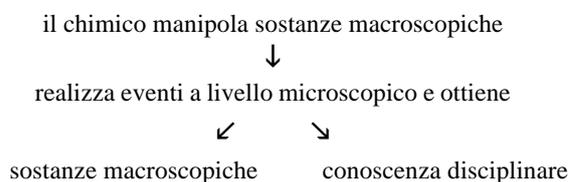
di contenuto, e mostrano qualche diversità da laboratorio a laboratorio, e tuttavia nel loro insieme costituiscono l’*ethos* disciplinare (componente G), un vicolo rigido che separa la comunità dei chimici dalle altre comunità scientifiche, non meno di quanto faccia una membrana cellulare tra cellula e cellula. Infine, è facile appurare che gli scienziati non posseggono nulla di ciò che utilizzano in laboratorio, e che qualche istituzione (ancora il componente C) fornisce loro i mezzi di ricerca e di sostentamento.

Tabella 1
Il ‘sistema chimica’

Componente del sistema		Descrizione sommaria e commento
A	Conoscenza	La conoscenza chimica intesa come informazione rappresenta il livello più astratto della disciplina. Proprio a causa di questa astrattezza il più delle volte per ‘chimica’ si intende ‘conoscenza chimica’.
B	Scienziati	Sono i produttori della conoscenza. Non esisterebbe conoscenza chimica senza i chimici; occorre ricordarlo perché troppe volte si presenta una scienza disincarnata, senza attori umani.
C	Strumentazioni, laboratori, istituzioni	Questi tre componenti del sistema sono fra loro eterogenei, ma sono essi che nell’insieme permettono agli scienziati di compiere il loro lavoro conoscitivo e di riprodursi in quanto scienziati.
D	Documentazione e mezzi specializzati di comunicazione	La documentazione consiste sia dei supporti materiali che registrano i testi, sia dei testi di ogni tipo in cui viene depositata la conoscenza prodotta. La chimica è stata la prima disciplina scientifica che alla fine del Settecento si è data delle riviste specializzate. Giornali, riviste, libri fanno circolare la conoscenza all’interno del sistema.
E	Sostanze e materiali	Sostanze e materiali sono utilizzati, indagati, e prodotti dai chimici. Senza la manipolazione delle sostanze la chimica come disciplina non esisterebbe; nessun laboratorio chimico può funzionare senza accesso ad una grande varietà di sostanze e materiali.
F	Impianti industriali	Producono sostanze/materiali per il mercato, dati numerici/analogici per il controllo e la ricerca. Non si può dubitare che gli impianti facciano parte integrante della chimica come sistema (vedi il testo dell’articolo).
G	Ethos	L’ <i>ethos</i> disciplinare è dato dall’insieme di regole di comportamento dei membri della comunità dei chimici. Questo <i>ethos</i> controlla anche il comportamento epistemico dei chimici.
N.B. Tutti i componenti elencati in Tabella sono ritenuti dagli storici della scienza argomenti di ricerca professionale; la stessa possibilità di scrivere compiutamente e separatamente la storia di A , B , ..., G , implica una ‘individuabilità’ dei componenti.		

L’unico componente del ‘sistema chimica’ (Tabella 1) che non ritroviamo in laboratorio è il componente **F**, gli impianti industriali, ma questa assenza non significa affatto che essi siano estranei alla produzione di conoscenza chimica. Ingegneri chimici e chimici industriali guardano agli impianti come la verifica sperimentale (la più ardua) di quanto hanno progettato basandosi prima sugli esperimenti di laboratorio, e poi sul lavoro con i reattori e gli impianti pilota. La produzione con un impianto su scala industriale è una conquista conoscitiva, talora estremamente difficile; a sua volta l’impianto funziona come un complesso, smisurato strumento che produce anche dati oltre a sostanze e materiali, uno strumento che deve essere ‘tarato’ di continuo e le cui prestazioni possono essere sempre migliorate.

L’elenco di Tabella 1 è certamente incompleto, è altresì chiaro che appartengono alla chimica componenti estremamente diversi, dai più ‘astratti’ ai più ‘concreti’. Tutti i componenti sono portati ad una particolarissima ‘unità’ (che fra poco chiameremo autopoietica) dal contribuire in modo indispensabile al funzionamento della *relazione epistemica e pragmatica* fondamentale della chimica:



La relazione fondamentale ha una doppia aggettivazione (pragmatica e epistemica) perché essa descrivere una procedura che è nello stesso tempo un *fare* e un *conoscere*. Questo tipo di duplice, parallela attività è comune a tutte le altre discipline scientifiche, ma a questo proposito va anche notato che non sempre si ricorda che i chimici *producono contestualmente sostanze e conoscenza*, e che quindi il loro fare/conoscere ha una particolarissima connotazione in quanto porta anche, e inevitabilmente, a (nuovi) individui chimici. La Tabella 1 elenca sette componenti del 'sistema chimica', facilmente individuabili e descrivibili, ciascuno dei quali è a sua volta complesso. Si palesano così due caratteristiche dei sistemi complessi che non avevamo ancora discusso. La prima è stata chiamata da John Casti con uno di quei terribili termini astratti di cui è troppo ricco l'inglese: *decomposability* (in un italiano sbieco dovremmo forse scrivere un improbabile [disconnettibilità], ma opterei per un più agevole [separabilità]).[12] Dal momento che i componenti di un sistema semplice interagiscono debolmente possiamo separare uno o più dei componenti dal sistema e il sistema stesso si comporta più o meno come prima. Un sistema complesso con il suo alto grado di interazioni interne è invece molto sensibile a questi cambiamenti, e in realtà se si interrompono le connessioni di uno o più componenti con gli altri componenti del sistema, questa separazione produce drastici cambiamenti o addirittura la disgregazione del sistema. Nessuno dei componenti di Tabella 1 è separabile dagli altri sei (e da altri non elencati) senza che il 'sistema chimica' smetta di funzionare. Non si possono cancellare i laboratori, e nemmeno gli scienziati, e così via fino agli impianti industriali: senza tutti i componenti di Tabella 1 la chimica come disciplina semplicemente non esisterebbe. Una seconda caratteristica dei sistemi complessi può essere chiarita prendendo come paradigma di riferimento la teoria dei frattali. I frattali sono invariati per scala, godono cioè dell'*auto-similarità*, "la proprietà di avere lo stesso aspetto se visti a qualunque ingrandimento, poiché ogni piccola parte possiede una struttura molto simile a quella dell'insieme: si possono avere due tipi di auto-similarità, esatta o statistica in base al fatto che su scale diverse le strutture si ripetano perfettamente identiche o conservino solo le qualità statistiche del disegno".[13] Nei casi che ci interessano nell'immediato, quelli dei componenti di Tabella 1, non si può certamente parlare di auto-similarità nel senso tecnico della teoria dei frattali, ma le creature di Benoit Mandelbrot ci forniscono una meravigliosa immagine metaforica della complessità. Un chimico fra i centomila della comunità scientifica non ci sembra meno complesso della stessa comunità a cui appartiene, un singolo articolo scientifico sottoposto ad una stringente analisi linguistica non presenta difficoltà semantiche e referenziali minori di quelle che si incontrano nell'uso professionale di un manuale. Tutto dipende dalle modalità di indagine e dalla 'profondità' a cui essa è spinta.

3. La chimica come unità autopoietica

*Todo conocer es hacer, todo hacer es conocer.*¹¹

Humberto Maturana, Francisco Varela

Il modello autopoietico

Il passo successivo della nostra ricerca si muove verso il modello autopoietico di sistema complesso, un modello che è stato fra i più fertili degli ultimi due decenni, avendo tro-

vato applicazione nei campi più diversi, dalla biologia, dove è stato originariamente proposto, al *management* delle grandi imprese. Personalmente l'ho utilizzato a livello storiografico, in quanto per interpretare la storia della chimica del Novecento ho sentito la necessità di un approccio che mi permettesse di cogliere quali aspetti caratterizzassero *il divenire nel tempo della chimica nella sua interezza* (per intenderci, è la chimica di Tabella 1).

Con la proposta del modello di *unità autopoietica* i biologi cileni Maturana e Varela hanno fornito una straordinaria definizione operativa di vivente, e hanno delineato le caratteristiche fondamentali ed unificanti di entità le più diverse (dal paramecio alla Microsoft). Il punto focale della loro proposta è la definizione di "macchina autopoietica": "è un sistema omeostatico" che "continuamente genera e specifica la sua propria organizzazione mediante il suo operare come sistema di produzione dei suoi propri componenti, e lo fa in un turnover senza fine di componenti in condizioni di continue perturbazioni e di compensazione di perturbazioni".[14] Nella comprensione della definizione interviene la netta distinzione che gli Autori fanno fra *organizzazione* e *struttura*. "L'organizzazione denota quelle relazioni che devono esistere fra le componenti di un sistema affinché esso sia un membro di una specifica classe", "La struttura denota i componenti e le relazioni che effettivamente costituiscono una particolare unità e rendono reale la sua organizzazione".[15] La realizzazione fisica di una unità si attua con la 'materializzazione' della struttura, il "turnover senza fine di componenti" non implica la sostituzione di un 'pezzo' con un altro identico. I 'pezzi' possono essere di costituzione fisica anche molto diversa, purché possano funzionare all'interno dell'unità mantenendo le relazioni interne al sistema, e in primo luogo quelle più importanti che definiscono il sistema stesso. Il 'sigillo' dell'intera costruzione teorica è dato dalla *chiusura operativa* delle unità autopoietiche. Essendo entità operanti nel mondo quale lo conosciamo le unità autopoietiche seguono le leggi della termodinamica, e dato che scambiano energia e materia con l'ambiente sono *sistemi aperti*. Possiamo notare qui che essendo *sistemi aperti e omeostatici* le unità autopoietiche cercano di operare in regime di *stato stazionario*, termini quest'ultimi che designano tecnicamente il più emotivo "turnover senza fine" di Maturana e Varela. Quindi le unità autopoietiche non solo sono aperte, ma *devono* essere aperte, per potersi mantenere costantemente lontane dall'equilibrio. In effetti la *chiusura operativa* si riferisce allo scambio di un tipo particolare di informazioni fra l'unità e il resto del mondo: "le macchine autopoietiche non hanno *input* o *output*. Esse possono essere perturbate da eventi indipendenti [da loro] e passano attraverso cambiamenti strutturali interni che compensano queste perturbazioni. [...] Qualsiasi serie di cambiamenti interni abbia luogo, tuttavia, essi sono sempre subordinati al mantenimento dell'organizzazione della macchina, condizione che è definitoria delle macchine autopoietiche".[16] Siamo ad un punto su cui è importante essere chiari, particolarmente in vista delle notevoli conseguenze che nascono da questa chiusura quando si considera (e si rispetta) l'autopoiesi di sistemi complessi come la scuola [17] o come il singolo allievo che ci sta davanti. Detto in termini secchi: non si possono dare ordini ad una unità autopoietica, aspettandosi poi che l'unità segua i nostri precetti come un calcolatore esegue i passi di un programma. Se le informazioni che giungono dall'ambiente all'unità autopoietica sono intese come perturbazioni, a cui l'unità risponde in funzione

¹¹ "Tutto il conoscere è fare, tutto il fare è conoscere".

della propria omeostasi, allora le informazioni risultano interpretate in modo strettamente auto-referenziale,¹² e tutte le azioni che l'unità sembra compiere verso l'esterno in 'risposta' alle informazioni sono in realtà rivolte a mantenere la propria integrità rispetto alle perturbazioni ambientali. Una frase di Varela è particolarmente efficace nel delineare la situazione che deriva dalla chiusura operativa: "Le conseguenze delle operazioni del sistema sono le operazioni del sistema". Francesca Magni ci spiega il significato dell'aforisma di Varela: "presenta bene il concetto di chiusura operativa, che non vuol dire per nulla isolamento, ma è legato a un autocomportamento in cui le operazioni di un sistema complesso, costituito da elementi interconnessi, hanno come risultato un'operazione che cade ancora entro i confini del sistema stesso e della propria dinamica interna".[18]

Infine è essenziale il concetto di *accoppiamento strutturale*. Secondo i nostri Autori si ha "accoppiamento strutturale ogni qual volta vi è una storia di interazioni ricorrenti che porta ad una congruenza strutturale fra due (o più) sistemi".[19] Questo accoppiamento rende realizzabile in casi particolari il 'riconoscimento' reciproco di due unità autopoietiche,¹³ e se l'interazione è sufficientemente intensa e duratura per unità di lunga durata (le specie viventi, ad esempio) si può giungere a parlare di co-evoluzione.

La chimica come unità autopoietica e la co-evoluzione con l'ambiente

Assumiamo ora la 'chimica' come una immensa unità autopoietica, e riprendiamo i tratti più importanti del modello di Maturana e Varela. L'*organizzazione* della chimica si articola tutta sulla *relazione epistemica e pragmatica* fondamentale che abbiamo discusso poco sopra; la *produzione di conoscenza* accomuna la chimica alle altre discipline scientifiche, la *produzione di sostanze* la differenzia in modo inequivocabile. La *struttura* della chimica comprende tutto quanto elencato sopra, in Tabella 1, e anche qui notiamo che se stilassimo simili elenchi per altre discipline sarebbe una forzatura includervi una 'industria fisica' o una 'industria biologica'. Consideriamo ora l'*accoppiamento strutturale* fra la 'chimica' e la 'società', e giungiamo immediatamente a importanti conclusioni. La chimica e la società industriale si sono co-evolute, influenzandosi reciprocamente, e non c'è alcun dubbio che le maggiori perturbazioni alla società sono giunte da quel costituente della 'chimica' che chiamiamo 'industria chimica'. La 'industria chimica' è di per sé una imponente unità autonoma, di grande complessità, e così socialmente rilevante che il suo comportamento diventa rappresentativo di quello dell'intera 'chimica'. Le 'perturbazioni' generate dall'industria chimica sulla società hanno migliorato enormemente le condizioni di vita nei paesi industrializzati, ma ciò che a partire dagli anni 1970 è entrato con sempre maggior forza nell'opinione collettiva è l'immagine di una 'chimica' (senza aggettivi) devastante dell'ambiente e pericolosa per la persona. Che questa sia oggi l'immagine prevalente è addirittura fuori discussione, e la teoria di Maturana e Varela ci aiuta a comprendere la situazione. Per i due biologi cileni la "realtà cognitiva" di una unità è sempre circoscritta alla nicchia in cui si viene a trovare l'unità, e questa realtà è 'percepita' come un insieme di

"classi di interazioni", fra l'unità e l'ambiente.[20] Nella "realtà cognitiva" dei cittadini delle società industriali la 'chimica' agisce attraverso l'interazione con il suo componente più forte, attivo, e invadente, l'industria chimica. Raramente l'interazione è immediata come la 'puzza' portata dal vento, ma arriva attraverso "classi di interazioni" diverse: il comportamento delittuoso di certe direzioni aziendali, la perenne malinformazione giornalistica, la disinformazione pubblicitaria, il semplice sentito dire. Il declino dell'immagine della chimica corrisponde puntualmente al declino dell'immagine dell'industria chimica.

Il rapporto fra le discipline scientifiche e la loro co-evoluzione

Quanto detto per la chimica come unità autopoietica si applica egualmente bene a tutte le altre grandi discipline scientifiche, così come ai diversi settori disciplinari. Ogni disciplina è definita da particolari relazioni epistemiche, e possiede una struttura non meno complessa di quella descritta nei dettagli per la chimica.¹⁴ Emerge così un quadro stimolante dei rapporti fra discipline e fra settori disciplinari, sia che si consideri questo modello di interazione dal punto di vista epistemologico, sia che lo si applichi al divenire storico delle scienze. Nella proposta di Maturana e Varela l'interazione fra unità autopoietiche può essere schematizzata in un modo assai stimolante per le nostre riflessioni: ogni unità 'sente' le altre come facenti parte dell'ambiente. Non solo la singola unità e l'ambiente co-evolvono, ma la co-evoluzione coinvolge in modo più o meno rilevante tutte le unità autopoietiche che appartengono al medesimo ambiente. Le conseguenze interpretative sui rapporti fra le discipline sono immediate, illuminanti:

♦ **Epistemologia:** si fa giustizia di ogni pretesa riduzionista. L'indipendenza di una disciplina si articola al livello dell'organizzazione, dominata e regolata dalle relazioni epistemiche fondamentali proprie della disciplina stessa. Il rapporto con le altre discipline avviene attraverso le strutture, e sarà tanto più forte quanto maggiore sarà l'accoppiamento strutturale. Le gerarchie scompaiono, e alla classica successione *matematica* → *fisica* → *chimica* → *biologia* viene sostituito un habitat sociale (antropologico), la *cultura scientifica*, in cui le discipline convivono come le diverse alghe in una insenatura.

♦ **Storia:** la complessità strutturale delle discipline giustifica il divenire lento ed ineguale delle scienze. La dinamica rivoluzionaria delle scienze è in gran parte un abbaglio ideologico e storiografico. Innovazioni di enorme rilevanza conoscitiva hanno effetti sulla struttura complessiva della disciplina diluiti nel tempo, ed anche poco significativi in settori rilevanti (penso all'impatto della chimica supramolecolare sulla chimica in generale). La *co-evoluzione di tutte le scienze sperimentali* risalta chiaramente in molti episodi di rilevanza storica, dai modelli atomici di inizio Novecento all'ingegneria genetica di fine secolo.

Possiamo ora cercare di trarre qualche conclusione per la didattica, in un campo ben più difficile della ricerca storica e della ricerca epistemologica.

42 ¹² Il termine auto-referenziale va inteso in un senso totalmente privo di sfumature antropomorfe o (addirittura) etiche.

¹³ Altrimenti non esisterebbe il sesso e l'infinità di rapporti sociali intessuti da buona parte degli esseri viventi.

¹⁴ Un settore disciplinare, ad esempio la 'chimica organica', non è meno complesso della 'chimica': questo aspetto è empiricamente dimostrabile, ed è spiegabile a livello teorico con l'auto-similarità dei sistemi complessi.

4. Conclusioni didattiche: semplificazione e incomprensibilità

Innanzitutto vorrei mettere in rilievo il significato educativo, più ancora che semplicemente didattico, dei risultati epistemologici e storici ottenuti considerando le scienze come unità autopoietiche. Il significato profondo e essenziale è che si deve abbandonare qualsiasi ordinamento gerarchico fra le scienze, come se la matematica fosse più importante della biologia, o la biologia più rilevante della chimica. La storia della scienza ci insegna che la cultura scientifica è una sola. Questi risultati appartengono ancora a quella che potremmo chiamare ricerca didattica. Se però per didattica intendiamo la *didattica reale* che facciamo in classe o in laboratorio il discorso diventa delicatissimo.

L'analisi epistemologica, la narrazione storica e la ricerca didattica hanno come primi destinatari dei lettori 'incorporei' e quasi sempre sconosciuti, per cui l'interazione fra chi emette il messaggio e chi lo riceve è debole. La didattica reale risulta invece in una interazione forte fra allievi e docenti, interazione che alla luce del modello autopoietico vede confrontarsi sistemi auto-referenziali, impenetrabili all'informazione fornita e richiesta secondo le modalità di *input* e di *output*. L'auto-referenzialità dei nostri allievi è evidente, la nostra di educatori è un tantino più nascosta ma non meno attiva – non potrebbe essere altrimenti. Questo aspetto è di tale rilevanza, anche etica, da dover essere trattato con attenzione e separatamente. Ciò che invece possiamo trarre subito dall'argomentazione precedente è che un insegnamento che tocchi soltanto un pugno di nozioni appartenenti al componente A della Tabella 1 è destinato ad avere un esito *nullo* per gli aspetti didattici e *negativo* per gli aspetti educativi. La chimica è ben altro che una somma di nozioni, e a dire il vero non è nemmeno la somma di nozioni e di pratiche di laboratorio, anche se in questo caso si potrebbero notare forti miglioramenti dal punto di vista educativo.

Credo che la semplificazione del 'sistema chimica', che da molto tempo è entrata anche nelle 'rappresentazioni' delle aule universitarie, renda la nostra disciplina incomprensibile. Certo, anche le altre 'scienze sorelle' non stanno meglio, tuttavia questo non ci consola. La prospettiva che abbiamo

di fronte è di un lungo lavoro, il più aperto possibile, a favore della cultura scientifica, un lavoro fatto con tutti i colleghi di tutte le discipline, dando un certo privilegio agli insegnanti di materie umanistiche. Al termine della presente ricerca vedremo che la chimica sta riacquistando un ruolo di primo piano sul fronte di avanzamento della scienza, proprio nel campo della complessità, però ciò che urge nella scuola, ancor prima che un *quantum satis* di cultura chimica, è un interesse generale verso la cultura scientifica. Il tema della complessità è così vasto e bello che si presta benissimo ad un approccio comune e sinergico fra le varie discipline.

Appendice

La complessità in Rete

Mi sono chiesto fino a che punto siano presenti in Rete discorsi pertinenti al tema della complessità o che, comunque utilizzino la parola |complessità| nella scrittura corrente. Una seconda domanda ha riguardato le possibili differenze culturali fra le varie comunità linguistiche presenti in Rete. Per quanto riguarda l'inglese si può dire che è una parola ben frequentata, se non addirittura di moda, dato che |complexity| è nettamente più popolare di |chemistry| e di |synthesis|, anche se quest'ultima parola viene usata in molti domini linguistici non specialistici. Diverse sorprese sono venute dalla comunità di lingua tedesca, dove |chemische Komplexität| spunta un magro punteggio di 9.290 pagine rispetto alle 438.000 pagine in cui compare |chemical complexity|, e alle 14.400 di |complessità chimica|. Nella comunità tedesca l'interesse verso la chimica sembra universale, dato che |Chemie| ha una presenza che è il 40% di quella di |Sex|, la parola regina della Rete, mentre nella comunità di lingua inglese |chemistry| ha una presenza che è il 25% di quella di |sex|, e |chimica| è presente il 21% di |sesso|. E tuttavia l'interesse non sembra essere di natura strettamente disciplinare, dato che |chemische Synthese| è in sole 22.500 pagine, a confronto delle 59.800 di |sintesi chimica| e al 1.150.000 totalizzato da |chemical synthesis|. Complessivamente si deve dire che, al di là del dominio dei siti di lingua inglese, i siti in italiano non sfigurano affatto rispetto ai siti di lingua tedesca.

Tabella 2
Censimento su Google, 31 gennaio 2004

Siti in lingua italiana		Siti in lingua inglese ¹⁵		Siti in lingua tedesca	
Lemmi	Pagine	Lemmi	Pagine	Lemmi	Pagine
complessità	137.000	complexity	4.520.000	Komplexität	140.000
complessità chimica	14.400	chemical complexity	438.000	chemische Komplexität	9.290
sintesi	378.000	synthesis	3.210.000	Synthese	134.000
sintesi chimica	59.800	chemical synthesis	1.150.000	chemische Synthese	22.500
chimica	440.000	chemistry	3.490.000	Chemie	1.270.000
sesso	2.070.000	sex	13.900.000	Sex	3.190.000

¹⁵ I risultati di Google per i siti di lingua inglese sono talvolta piuttosto diversi da quelli ottenuti con il solito comando "Cerca nel web"; con questo comando si ottengono per |chemistry| 4.450.000 pagine invece che 3.490.000.

Bibliografia

[1] L. Cerruti, *Bella e potente*, Roma: Editori Riuniti, 2003; quarta parte del volume.

[2] "Complessità", in: P. Greco, *Einstein e il ciabattino. Dizionario asimmetrico dei concetti scientifici di interesse filosofico*, Roma: Editori Riuniti, 2002, pp. 99-123.

[3] S. Galatolo, "L'informazione",

URL: <http://gamera.phc.unipi.it/galatolo/1.htm>.

[4] C. Shalizi, "Is the Primordial Soup Done Yet? Quantifying Self-Organization, Especially in Cellular Automata", URL:

<http://cscs.umich.edu/~crshalizi/Self-organization/soup-done>.

[5] R.J. Taft, J.S. Mattick, "Increasing biological complexity is positively correlated with the relative genome-wide expansion of non-protein-coding DNA sequences", URL:

<http://genomebiology.com/content/pdf/gb-2003-5-1-p1.pdf>.

[6] M.W. Hahn, G.A. Wray, "The g-value paradox", *Evolution & Development*, 4, n. 2, pp. 73-75 (2002), URL:

<http://www.duke.edu/~mwh3/Gvalue.pdf>.

[7] R. Rosen, *Fundamentals of Measurement and Representation of Natural Systems*, New York: North Holland, cit. da D. C. Mikulecky, "Life, complexity and the edge of chaos: cognitive aspects of communication between cells and other components of living systems", [1995], URL:

<http://www.people.vcu.edu/~mikuleck/rev.htm>.

Robert Rosen (1934-1998) ha dato importanti contributi alla epistemologia della biologia e alla biologia teorica; URL:

<http://www.kli.ac.at/theorylab/AuthPage/R/RosenR.html>.

[8] L'enfasi del NON corrisponde al NOT del testo originale; cfr. D. Mikulecky, "Definition of Complexity", URL:

<http://www.people.vcu.edu/~mikuleck/ON%20COMPLEXITY.html>;

una traduzione parziale si trova all'URL:

<http://web.tiscali.it/no-redirect-tiscali/vitaartificiale/compl-def.html>.

[9] R. Kutil, "Komplexität", URL:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Komplexität>.

[10] F.T. Arecchi, "Complexity and adaptation: a strategy common to scientific modeling and perception", URL:

<http://www.pabst-publishers.com/Psychologie/psyzeit/cogproc/1-2000/arecchi1.htm>.

[11] G. Nicolis, I. Prigogine, *La complessità. Esplorazioni nei nuovi campi della scienza*, Torino: Einaudi, 1991, p. 9.

[12] J.L. Casti, *Complexification. Explaining a Paradoxical World Through the Science of Surprise*, New York: Harper Collins, 1994; cit. da L.R. Senesac, "Complexity Is In The Eye Of The Beholder", URL:

<http://aurora.phys.utk.edu/~senesac/Complexity.html>. Il termine [separabilità] può rimandare correttamente al suo uso in fisica quantistica; cfr. F. Tarantelli, "Separabilità", URL:

<http://king.thch.unipg.it/~franc/ct/node53.html>.

[13] L. Maiolo, "I frattali come forma d'arte", URL: <http://host.uniroma3.it/riviste/start3/frattali.html>.

[14] H. Maturana, F. Varela, *Autopoiesi e cognizione. La realizzazione del vivente*, Venezia: Marsilio, 2001, p. 231.

[15] H. Maturana, H.; F. Varela, *The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding*, Boston: Shambhala, 1987, p. 47.

[16] H. Maturana, F. Varela, *Autopoiesi e cognizione*, cit. p. 134.

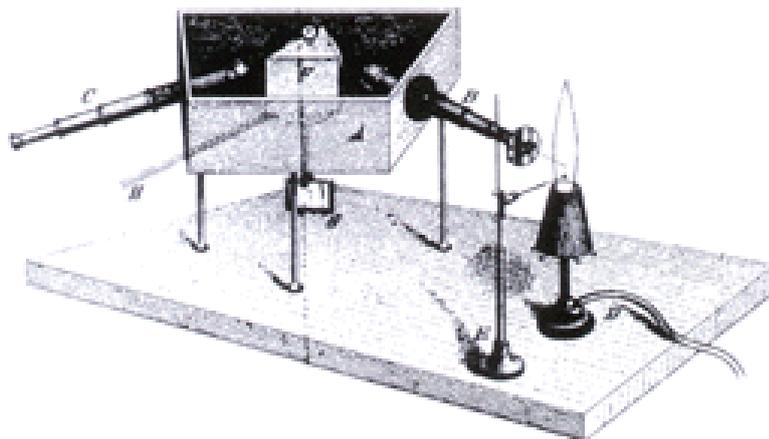
[17] Sulla scuola come sistema autopoietico si legga l'intervento di S. Tagliagambe, "Competenze", 22 ottobre 2002, URL:

www.napoa.it/documenti/documenti/Tagliagambe_22_10.doc

[18] F.E. Magni, "Francisco Varela, scienziato e filosofo", URL: <http://erewhon.ticonuno.it/riv/scienza/varela/varela.htm>.

[19] H. Maturana, H.; F. Varela, *The Tree of Knowledge*, cit. p. 75.

[20] H. Maturana, F. Varela, *Autopoiesi e cognizione*, cit., pp. 54-56.



LO STATO DI SALUTE DELL'INSEGNAMENTO COME RISULTA DALLO STUDIO PISA 2000

LIBERATO CARDELLINI*

Riassunto

L'indagine PISA 2000 (Programme for International Student Assessment) considera il grado di istruzione nella lettura, nella matematica e nelle scienze acquisito dagli studenti di 15 anni di età in 32 paesi, 28 dei quali membri dell'Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Da questo studio risulta che nelle capacità medie combinate dei tre domini di conoscenza considerati, gli studenti italiani si collocano ai livelli più bassi in Europa. Questa realtà poco edificante per la nostra scuola, forse può essere di sprone per considerare come necessari alcuni cambiamenti. Per avere delle indicazioni che risultino appropriate rispetto alla direzione da intraprendere, sarà necessario considerare come viene impartita l'istruzione scientifica nei paesi che raggiungono punteggi più elevati ed hanno una cultura simile alla nostra.

Abstract

The PISA 2000 assessment (Programme for International Student Assessment) was administered in 32 countries, all but four of them members of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). The results were reported in Knowledge and Skills for Life published in 2001. PISA assesses students' knowledge and skills in three "domains": reading literacy, mathematical literacy and scientific literacy. For example, scientific literacy in PISA was scored on a scale measuring students' capacity to use scientific knowledge, to recognise scientific questions, to identify what is involved in scientific investigations, to relate scientific data to claims and conclusions, and to communicate these aspects of science. From this study it appeared that Italian students perform at the lowest level: this consideration is very disappointing especially if we compare our results with other European countries. Some actions must be considered and taken in order to improve the knowledge and skills of our students.

Introduzione

Lo scopo di questo articolo è quello di considerare lo stato di salute dell'insegnamento in Italia, come risulta da uno studio internazionale molto serio. Vedremo in un prossimo articolo cosa viene fatto in alcuni paesi europei per migliorare l'insegnamento scientifico – con cenni specifici alla chimica – per trarne qualche utile insegnamento nel caso si scoprisse che in altri paesi la questione dell'istruzione riceve una considerazione maggiore che nel nostro. Sarebbe oltremodo utile a questo scopo poter paragonare dei risultati oggettivi conseguiti dagli studenti in differenti paesi, per

avere un'indicazione indiretta sull'efficacia didattica di noi insegnanti ed anche per rispondere alla domanda se ci sia ancora spazio per migliorare la qualità dell'insegnamento. Una valutazione internazionale riguardante le abilità e la conoscenza di studenti all'età di 15 anni esiste, ed è nota come Programme for International Student Assessment (PISA). Si tratta di uno studio rilevante, unico nel suo genere per diversi aspetti. Risulterà utile e necessario riportare alcune notizie riguardanti questo studio per due motivi: da un lato per farlo conoscere in quanto esso in Italia è praticamente sconosciuto e dall'altro per dimostrare l'attendibilità dei suoi risultati.

L'indagine PISA 2000

Questa indagine è stata svolta per la prima volta nel 2000, (da qui il nome PISA 2000) e la valutazione del grado di istruzione è stata fatta in 32 paesi, tutti ad eccezione di quattro (Brasile, Cina, Federazione Russa e Lettonia) membri dell'Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Di questa indagine ne ho sentito parlare per la prima volta alla conferenza internazionale dell'ESERA nel 2001 a Salonicco, senza comprendere la sua importanza. PISA è a tutt'oggi il più completo e rigoroso impegno internazionale per valutare le capacità degli studenti e anche per raccogliere dati utili sugli studenti, sulle loro famiglie e nel considerare i fattori istituzionali che possano essere di aiuto per comprendere e per spiegare le differenti prestazioni degli studenti.

Ma di cosa si occupa questa indagine? L'oggetto di studio sono gli studenti di 15 anni, ormai vicini alla fine della scuola dell'obbligo; attraverso questa indagine si vuole misurare il loro grado di istruzione, ovvero quanto questi studenti siano preparati per affrontare le sfide della società attuale.

Sono stati sottoposti all'indagine un grande numero di studenti (da 4.500 a 10.000) per ogni paese e i contenuti dell'indagine hanno riguardato tre domini: la lettura, il grado di istruzione in matematica e le conoscenze scientifiche. È importante notare che lo scopo di questo studio non è tanto quello di acquisire dati su quanto gli studenti hanno appreso in termini di conoscenza curriculare; piuttosto l'enfasi è stata posta sulle conoscenze importanti e sulle abilità necessarie nella vita di adulti: conoscenze che possono però risultare dalla frequenza scolastica. In buona sostanza, la risposta che si cerca riguarda la capacità degli studenti di gestire i processi, di comprendere i concetti e di mostrare le abilità necessarie per essere a proprio agio nelle varie situazioni che hanno a che fare con ciascuno dei tre domini. Gli strumenti utilizzati sono stati dei test carta e matita e l'accertamento prevedeva due ore di tempo per ciascuno studente. Sono stati utilizzati test a scelta multipla e questionari che richiedevano allo studente di costruire e spiegare le proprie risposte. Per questo studio sono stati progettati vari test, per un totale di 7 ore di tempo necessarie al loro completamento e studenti differenti hanno ricevuto differenti combinazioni di questi test. Oltre al test vero e proprio, ogni studente ha

* Università Politecnica delle Marche, Via Brecce Bianche, 60131 Ancona
libero@univpm.it

completato in 20-30 minuti un questionario sul quale venivano richieste informazioni personali e un altro questionario veniva completato dal Preside nel quale forniva informazioni sulla scuola. Di questo studio è prevista la sua ripetizione in cicli triennali e in ogni ciclo verrà approfondito un singolo dominio riservando ad esso due terzi del tempo per l'indagine: nel 2000 è stato approfondito il grado di istruzione nella lettura, nel 2003 in matematica e nel 2006 verrà valutato in maggior profondità il grado di istruzione nelle scienze.

Lo scopo principale di questo impegnativo studio è quello di fornire dati importanti e comparativi ai responsabili politici in ogni paese per governare e riformare i sistemi scolastici al fine di migliorarne i risultati. Naturalmente, è stata implicitamente fatta l'ipotesi che i responsabili politici abbiano molto a cuore che i loro studenti traggano profitto dall'insegnamento e attraverso esso imparino ad usare la testa al meglio, anche per diventare buoni cittadini.

Che cosa viene misurato da PISA

Ma come si è pensato di procedere per ottenere questi dati? Gli esperti internazionali (tra i quali il Prof. Manfred Prenzel, direttore del Department of Educational Sciences dell'IPN, University of Kiel e, forse un nome a noi chimici familiare, il Prof. Peter Fensham, della Monash University, Australia), scelti tra i paesi partecipanti all'OECD hanno definito in

modo operativo ciascuno dei tre domini – lettura, matematica e scienze – esaminati nello studio PISA 2000. Il concetto di grado di istruzione supera la nozione tradizionale della capacità di leggere e scrivere o far di conto. Il grado di istruzione è misurato su un continuum, piuttosto che come un qualcosa che un individuo possiede oppure non possiede. Questo studio viene intrapreso con la convinzione che il grado di istruzione è un processo che continua per tutta l'esistenza e l'acquisizione della conoscenza avviene non soltanto a scuola, ma anche attraverso l'interazione con altri, sia individui che comunità. Poiché il fine dell'istruzione a 15 anni è soprattutto quello di continuare ad imparare, le solide fondamenta della conoscenza nei tre domini devono poter coesistere con la capacità di comprendere i processi elementari e di usare i principi appresi in modo flessibile per adattarli alle varie situazioni del mondo reale. È per questa ragione che lo scopo di questo studio è quello di valutare l'abilità di risolvere difficoltà e problemi collegati alla vita reale, piuttosto che misurare il possesso di conoscenze specifiche. La Tabella 1 riassume le definizioni e gli scopi dell'indagine in ciascuno dei tre domini con le dimensioni che caratterizzano le varie parti dei test.

Va anche menzionato che l'ambizione di PISA 2000 è quella di esaminare per quanto possibile le competenze che attraversano i confini disciplinari, come le motivazioni degli studenti, la familiarità con il computer, aspetti ulteriori del-

Tabella 1. Definizione operativa dei tre domini e delle dimensioni / componenti che caratterizzano ciascun dominio.

Dominio	Capacità nella lettura	grado di istruzione in matematica	grado di istruzione nelle scienze
Definizioni	Comprendere, usare e riflettere sui testi scritti, per realizzare propri obiettivi, sviluppare la conoscenza personale e il suo potenziale, per partecipare nella società.	Identificare, capire e destreggiarsi con gli strumenti matematici e formulare giudizi ben informati circa il ruolo che la matematica comporta, come è necessaria per la vita attuale e futura dell'individuo come cittadino costruttivo, interessato e riflessivo.	Ragionare combinando la conoscenza scientifica con l'illustrazione delle conclusioni basate sulle prove e formulare delle ipotesi per capire e contribuire a prendere decisioni riguardanti il mondo naturale ed i cambiamenti ad esso fatti dalle attività degli uomini.
Componenti/ dimensioni del dominio	Lettura di generi differenti di testo: prosa continua classificata per tipo (per esempio, descrizione, narrazione) e documenti, classificati e diversificati dalla loro struttura.	Contenuto matematico – in primo luogo le “grandi idee” della matematica. Nel primo ciclo queste sono le idee di cambiamento e sviluppo, spazio e forma. Nei cicli futuri saranno anche usate le idee di probabilità, il ragionamento quantitativo, l'incertezza e i rapporti di dipendenza.	Concetti scientifici – per esempio conservazione dell'energia, adattamento, decomposizione – scelti tra i concetti principali della fisica, della biologia, della chimica, ecc. dove vengono applicati nelle argomentazioni che hanno a che fare con l'uso dell'energia, il mantenimento della specie o l'uso dei materiali.
	Effettuare differenti generi di funzioni correlate con la lettura, come il richiamo di informazioni specifiche, sviluppare un'interpretazione o riflettere sul contenuto o sulla forma del testo.	Competenze matematiche, ovvero modellizzazione, problem solving; suddivise nelle tre categorie: i) eseguire delle procedure, ii) fare i collegamenti e iii) i ragionamenti matematici e le generalizzazioni.	Abilità procedurali – per esempio identificare le evidenze, estrarre, valutare e comunicare le conclusioni. Queste non dipendono da un insieme prestabilito di conoscenze scientifiche, ma non possono essere applicate in assenza del contenuto scientifico.
	Leggere testi scritti per differenti situazioni, per esempio, per interesse personale o per esigenze di lavoro.	Usare la matematica nelle situazioni differenti, per esempio, problemi che riguardano gli individui, le comunità o il mondo intero.	Impiego della scienza in situazioni differenti, per esempio, problemi che interessano gli individui, le comunità o il mondo intero.

le attitudini degli studenti verso l'apprendimento, l'apprendimento auto-regolato e aspetti delle strategie degli studenti per gestire e controllare il proprio apprendimento. Ora che si ha un'idea un po' più precisa della complessità e della profondità di questa indagine, possiamo considerare nello specifico alcuni risultati dai quali, vista l'attendibilità dello studio, trarre alcuni suggerimenti con la speranza che possano incidere nella maniera in cui ogni giorno interagiamo con i nostri studenti.

I risultati

L'abilità nella lettura non misura quanto gli studenti di 15 anni leggano bene o come pronuncino o riconoscano le parole. Piuttosto viene misurata la capacità degli studenti di costruire, espandere e riflettere sul significato di ciò che si è letto, utilizzando un'ampia selezione di testi scritti comuni sia alla scuola che oltre la scuola. Lo studio assegna ciascu-

no dei studenti che hanno partecipato all'indagine a uno dei cinque livelli che descrivono la capacità nella lettura: uno studente viene assegnato al livello 1 se non supera 407 punti; al livello 2 se ha ottenuto da 408 a 480 punti; al livello 3 se il suo punteggio è compreso tra 481 e 552 punti, al livello 4 se ha ottenuto da 553 a 625 punti e al livello 5 se supera 625 punti. Il livello 5 richiede una abilità così elevata e sofisticata, che soltanto una minoranza in ciascun paese riesce a raggiungere; in Italia questo livello è stato raggiunto dal 5% di studenti.

I nostri studenti ottengono in media 487 punti come capacità nella lettura (la Finlandia, prima classificata, ha ottenuto 546 punti; il Perù, ultimo classificato, ha ottenuto 327 punti); 457 punti nelle abilità matematiche (il Giappone, primo classificato, ha ottenuto 557 punti; il Perù, ultimo classificato, ha ottenuto 292 punti) e 478 punti nelle conoscenze scientifiche (la Corea, prima classificata, ha ottenuto 552

punti; il Perù, ultimo classificato, ha ottenuto 333 punti): così possiamo dire che il risultato medio del grado di istruzione nei tre domini dei nostri studenti è di 474 punti.

L'impatto del sesso

Riconoscendo la grande rilevanza che l'istruzione ha nella competizione esistente nel mercato del lavoro, nella mobilità occupazionale e sulla qualità della vita, tutti i paesi sottolineano l'importanza di ridurre la disparità dell'istruzione tra maschi e femmine. Come risulta dalla Figura 1, sotto questo aspetto sono stati fatti progressi significativi. Oggi le giovani donne hanno una probabilità di gran lunga maggiore rispetto alle giovani di 30 anni fa di aver completato la qualificazione terziaria. In 13 dei trenta paesi dell'OECD con dati nel complesso paragonabili, più del doppio delle donne di età compresa tra 25 e 34 anni hanno com-

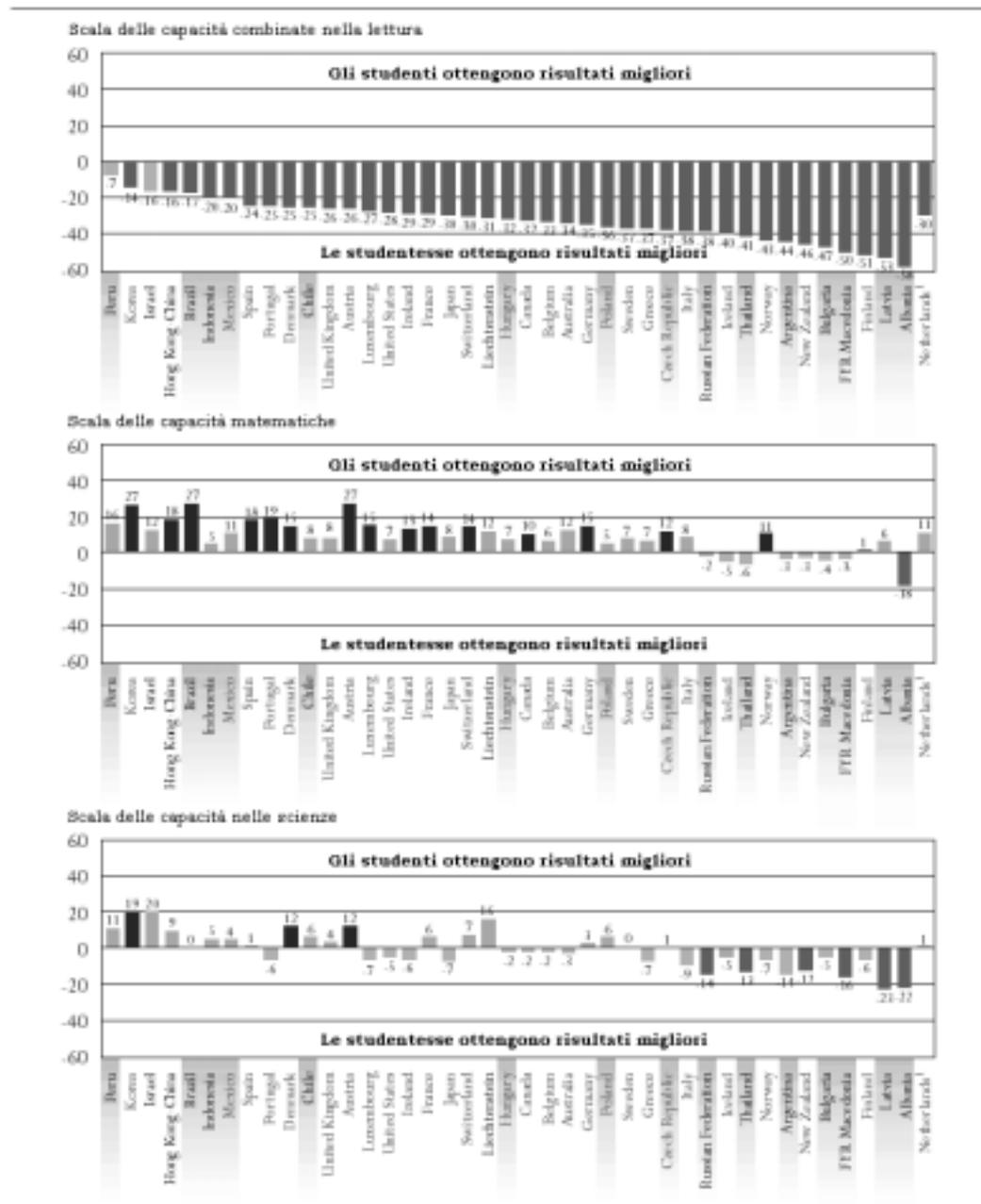


Figura 1. Differenze tra i sessi nelle capacità degli studenti (L'Italia si trova sui due terzi verso destra). Differenze statisticamente significative sono marcate in nero e rosso. (Fonte: OECD PISA database, 2003, Tables 4.10, 4.11, 4.12 and 4.13, *Literacy skills for the world: further results from PISA 2000; Executive summary*, © UNESCO 2003, p. 12. Figura riprodotta col permesso dell'UNESCO.

pletato gli studi universitari rispetto alle donne di età compresa tra 55 e 64 anni. Si può anche aggiungere che la percentuale delle donne laureate ora eguaglia o supera quella degli uomini in 17 dei 30 paesi dell'OECD e in tutti meno uno dei paesi non-OECD per i quali sono disponibili dati comparabili.

La Fig. 1 mostra che in media in ogni paese le studentesse raggiungono livelli più elevati nelle capacità di lettura degli studenti, con una differenza complessiva di 32 punti, che grosso modo corrisponde a metà di un livello di competenza. In matematica l'andamento si inverte e gli studenti ottengono risultati migliori nella maggior parte dei paesi, con una differenza nell'insieme di 11 punti. Nelle scienze risultano differenze minori tra maschi e femmine: gli studenti vanno meglio in tre paesi, le studentesse in sei, mentre nei restanti 33 paesi non risultano tra i sessi differenze statisticamente significative¹.

Il contesto economico

Lo studio prende in considerazione le capacità economiche dei vari paesi e le risorse che questi paesi destinano per l'istruzione e correla questi dati con la scala combinata del grado di istruzione in lettura, matematica e scienze. Questa analisi è molto corretta, perché la prosperità economica permette di destinare maggiori risorse all'istruzione e, se ci fosse una relazione di proporzionalità, ci si dovrebbe attendere che i risultati dell'istruzione siano migliori nei paesi che spendono di più: lo studio mostra che il 43% delle differenze tra i punteggi medi dei vari paesi può essere predetto sulla base del prodotto nazionale lordo pro capite. E se si esclude il Lussemburgo (le abbreviazioni usate per ogni paese studiato, sia nel 2000 che nel 2003, sono riportate nella Tabella 2), che col suo elevato reddito pro capite è nella parte più a destra della Fig. 2, il coefficiente di correlazione tra tutti i paesi partecipanti allo studio aumenta al 60%.

L'analisi fatta dallo studio PISA spiega che l'esistenza di una correlazione non significa necessariamente che ci sia una re-

lazione causale tra le due variabili e, certamente, è molto probabile che molti altri fattori siano coinvolti. Tuttavia, la Fig. 2 suggerisce che i paesi con reddito più elevato si trovano relativamente avvantaggiati e di questo va tenuto conto quando si considerano i punteggi dei paesi con basso reddito pro capite. Il prodotto nazionale lordo pro capite indica una misura della capacità di spendere per l'istruzione, ma non misura direttamente le reali risorse finanziarie investite per l'istruzione.

La Fig. 3 confronta il denaro che i vari paesi spendono in media per ciascun studente, dall'educazione elementare fino all'età di 15 anni, con le capacità medie valutate nei tre domini. Troviamo l'Italia (ITA) nell'ascissa vicino a 60 000, con l'ordinata di 474 punti. La spesa per studente è stata approssimata moltiplicando le spese (pubbliche e private) sulle istituzioni per l'istruzione di ogni studente nell'anno 1998, ad ogni livello di istruzione, per la durata teorica dell'istruzione al rispettivo livello, fino all'età di 15 anni.

Senza stabilire una relazione causale, la figura mostra che esiste una relazione proporzionale tra la spesa per studente e il punteggio medio dei vari paesi mediato tenendo conto dei tre domini valutati. Tuttavia, deviazioni dalla linea di tendenza fanno dire che una spesa modesta per studente non può essere automaticamente uguagliata ad una modesta efficacia dei sistemi educativi. Il rapporto prosegue, con una considerazione che tradotta suona come: "L'Italia spende circa due volte tanto per studente di quanto spende la Corea ma, mentre la Corea è fra i paesi con risultati migliori come grado di istruzione in ciascuno dei tre domini, l'Italia ottiene risultati significativamente sotto la media dell'OECD"². Mi sia concessa una parentesi per porre ad alta voce una domanda laterale: ma dove vanno a finire tutti questi soldi che spendiamo per l'istruzione, se noi professori percepiamo uno stipendio che è una frazione di quello che percepiscono molti nostri colleghi in Europa? Un altro mistero italiano!

La considerazione tra la Corea e l'Italia ed altre eccezioni simili permettono di affermare che la spesa per le istituzioni

Tabella 2. I nomi dei paesi sono stati abbreviati a tre lettere secondo lo standard ISO (International Standards Organisation).

ALB	Albania	FIN	Finlandia	LIE	Liechtenstein	SVK	Repubblica Slovacca
ARG	Argentina	FRA	Francia	LUX	Lussemburgo	ROM	Romania
AUS	Australia	DEU	Germania	MKD	Macedonia	ESP	Spagna
AUT	Austria	JPN	Giappone	MEX	Messico	USA	Stati Uniti
BEL	Belgio	GRC	Grecia	NOR	Norvegia	SWE	Svezia
BRA	Brasile	HKG	Hong Kong-Cina	NZL	Nuova Zelanda	CHE	Svizzera
BGR	Bulgaria	IDN	Indonesia	NLD	Olanda	THA	Tailandia
CAN	Canada	IRL	Irlanda	PER	Perù	TUR	Turchia
CHL	Cile	ISL	Islanda	POL	Polonia	HUN	Ungheria
KOR	Corea	ISR	Israele	PRT	Portogallo		
DNK	Danimarca	ITA	Italia	GBR	Regno Unito		
RUS	Federazione Russa	LVA	Lettonia	CZE	Repubblica Ceca		

¹ Questo risultato dello studio PISA, ovvero che nelle scienze non esistono differenze sostanziali tra i sessi, è molto importante e forse merita di essere commentato perché registra un cambiamento sostanziale rispetto al passato. Negli anni '80 molti studi hanno riportato delle difficoltà, ma sarebbe più appropriato parlare di scarsità, delle donne verso la scienza. Linn *et al.* [1] hanno studiato i risultati del rapporto NAEP (National Assessment of Educational Progress) del 1976-77 per le scienze e hanno trovato che le ragazze, in modo significativo, hanno risposto più spesso dei ragazzi "non lo so". E sono stati fatti altri studi per fornire delle spiegazioni a questa evidenza [2]. Per dare il giusto risalto al dato trovato nello studio PISA, vale la pena di menzionare che studiose di filosofia della scienza, femministe, sono arrivate al punto di rifiutare il requisito di obiettività o universalismo o, come Sandra Harding [3], a cercare una diversa versione di obiettività, che tenesse conto delle prospettive cognitive delle donne. Su questi punti si veda anche Michael Matthews [4].

² "Modest spending per student, however, cannot automatically be equated with poor performance of education systems. Italy spends about twice as much per student as Korea but, whereas Korea is among the best performing countries in all of the three literacy domains, Italy performs significantly below the OECD average.", *Literacy skills for the world: further results from PISA 2000*. Executive summary, © UNESCO 2003, p. 10. Frase riportata col permesso dell'UNESCO'

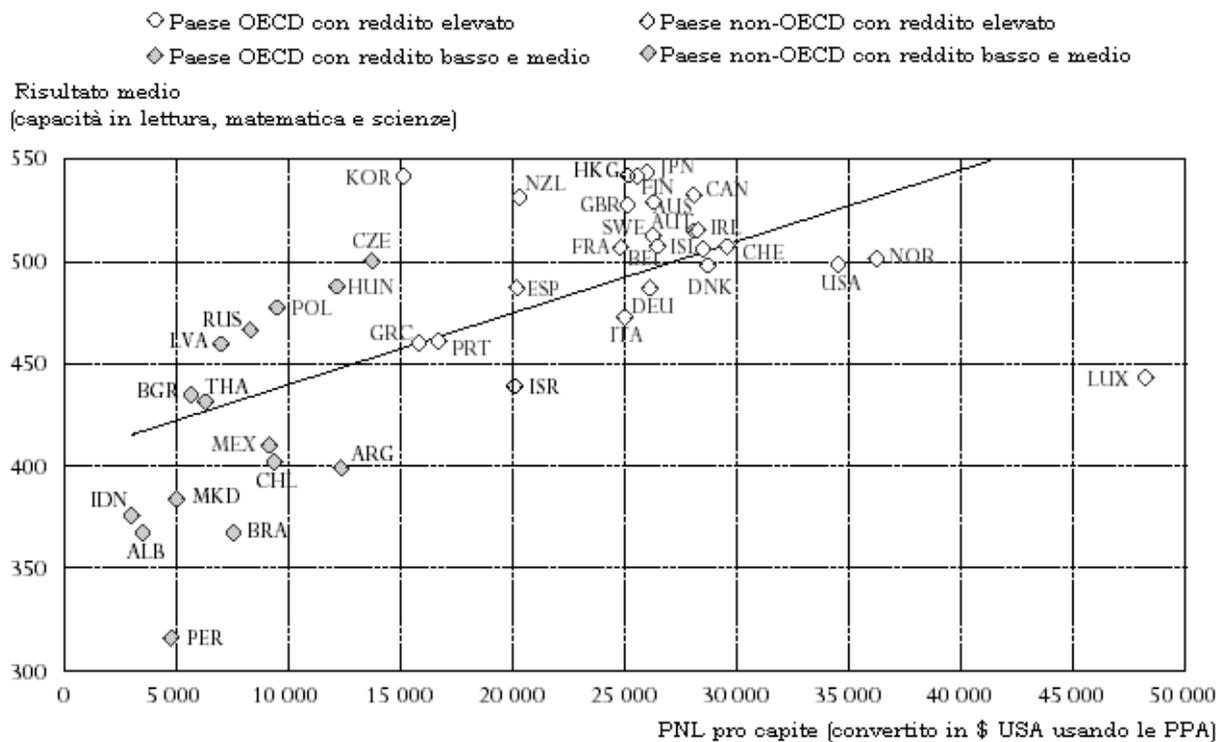


Figura 2. Relazione tra le scale combinate delle capacità di lettura, matematiche e nelle scienze e il prodotto nazionale lordo (PNL) pro capite, convertito in \$ USA usando le parità del potere d'acquisto (PPA). (Fonte: OECD PISA database, 2003, Table 3.3), *Literacy skills for the world: further results from PISA 2000*, © UNESCO 2003, p. 112. Figura riprodotta col permesso dell'UNESCO.

educative è un prerequisito necessario per arrivare ad una formazione di alta qualità, ma la spesa da sola non è sufficiente per ottenere risultati di alto livello. Questa considerazione è chiaramente evidente dai risultati di paesi dell'Ame-

rica Latina e dell'Indonesia: sebbene la spesa per studente in questi paesi è comparabilmente bassa, i risultati ottenuti dagli studenti di questi paesi sono ancor più modesti di quanto non sia modesta la spesa.

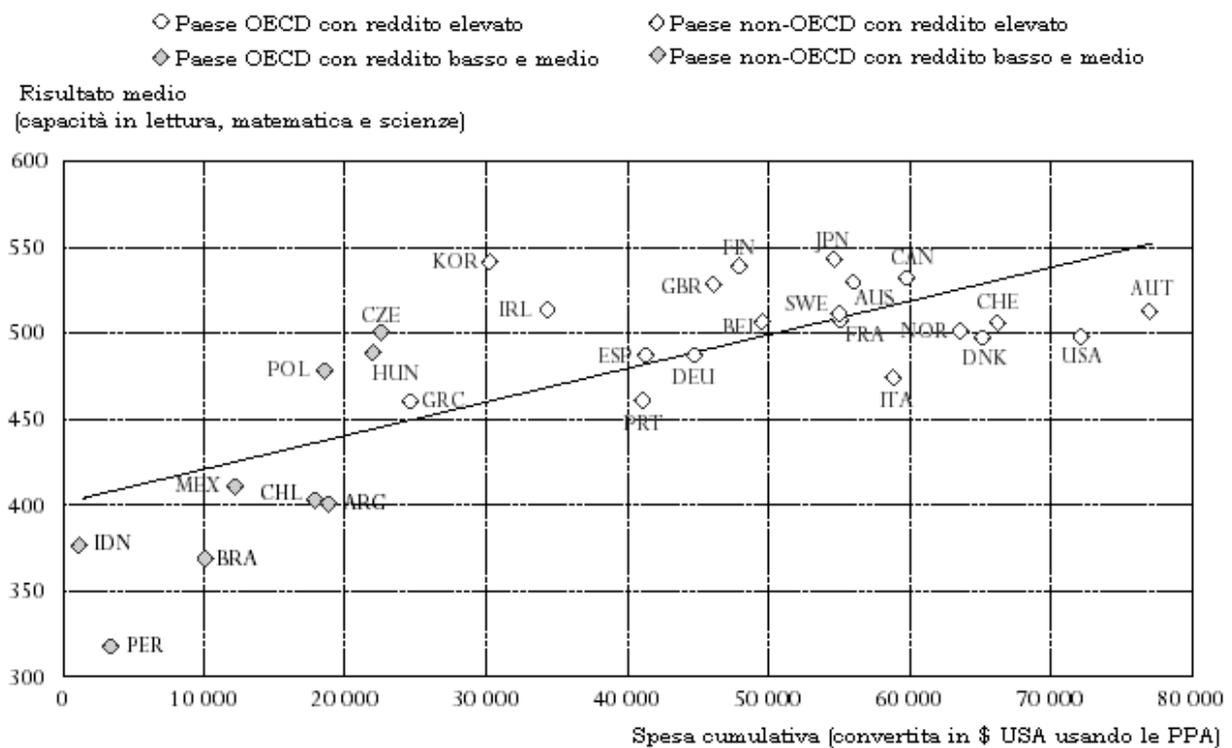


Figura 3. Relazione tra le scale combinate delle capacità di lettura, matematiche e nelle scienze e la spesa cumulativa per le istituzioni educative fino all'età di 15 anni, convertita in \$ USA usando le parità del potere d'acquisto (PPA). (Fonte: OECD PISA database, 2003, Table 3.3), *Literacy skills for the world: further results from PISA 2000*, © UNESCO 2003, p. 113. Figura riprodotta col permesso dell'UNESCO.

Dalla Fig. 3 risulta che le capacità degli studenti nei tre domini considerati dallo studio PISA, di molti paesi superano l'Italia; in particolare gli studenti della Corea (KOR), della Finlandia (FIN) e del Giappone (JPN) si collocano ai punteggi più elevati. Molti paesi europei si collocano sulla linea del valore medio (Spagna (ESP), Germania (DEU), Svezia (SWE), Francia (FRA)) o sopra di essa (Grecia (GRC), Irlanda (IRL), Inghilterra (GBR), Belgio (BEL)). In particolare, gli studenti della Polonia (POL), dell'Ungheria (HUN) e della Repubblica Ceca (CZE) raggiungono punteggi uguali o migliori dei nostri studenti, ma con una spesa cumulativa che è circa un terzo di quella italiana.

Se si traccia una parallela alla linea di tendenza passante per l'Italia, si scopre che nella scala combinata del grado di istruzione in lettura, matematica e scienze siamo in Europa il fanale di coda. Naturalmente, pur essendo il nostro paese migliore per tutto il resto, dobbiamo ammettere che per quanto riguarda lo stato di salute dell'istruzione, ebbene sì, un margine per migliorare esiste.

Maggiori informazioni sullo studio dell'UNESCO si possono trovare all'indirizzo: <http://www.pisa.oecd.org/pisa/outcome.htm>, dove sono riportati tutti i rapporti – ovvero molte centinaia di pagine da leggere – e dove, insieme a molte altre notizie incluse le prove utilizzate per questo studio, si trovano questi ed altri dati, essenziali, se vogliamo seriamente riflettere sullo stato di salute dell'istruzione in Italia.

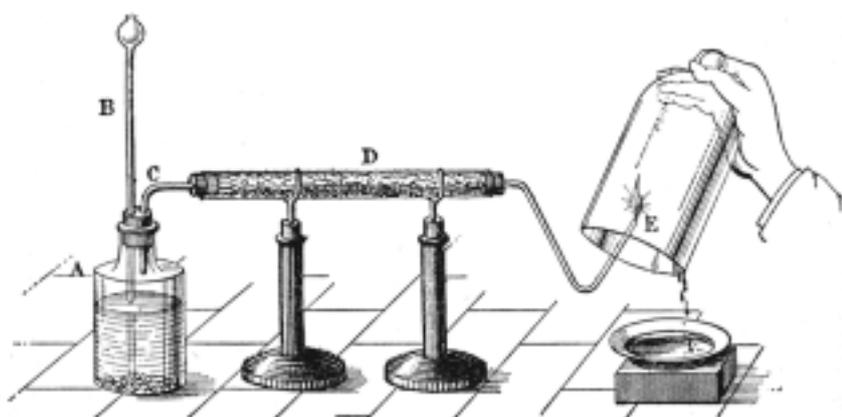
In un prossimo articolo verrà riportato quanto di positivo viene fatto in alcuni paesi europei per quanto riguarda la preparazione professionale degli insegnanti, che ancora ri-

sultano essere il catalizzatore necessario per migliorare la formazione scientifica degli studenti: se si scoprirà che gli ottimi risultati che questi paesi europei hanno conseguito come è stato mostrato da questo studio, è il risultato di progetti, di investimenti mirati e di molteplici attività svolte allo scopo di motivare e migliorare la formazione degli insegnanti, sarà evidente la strada che si dovrebbe percorrere anche nel nostro paese. Naturalmente tutto ciò vale nell'ipotesi che si voglia per davvero puntare in modo serio ad una formazione di alta qualità dei nostri studenti. Ma questa potrebbe essere una ipotesi eccessivamente ottimistica.

Come considerazione a margine, vorrei porre la seguente domanda: perché i nostri governanti spendono i nostri soldi negli studi tipo PISA, se poi tengono questi dati in un cassetto e non vengono poste in essere azioni conseguenti?

Bibliografia

- [1] M. C. Linn, T. de Benedictis, K. Delucchi, A. Harris, E. Stage, *J. Res. Sci. Teach.*, 1987, **24**, 267.
- [2] J. B. Kahle, Why girl don't know, in M. K. Pearsall (Ed.), *Scope, Sequence and Coordination of Secondary School Science. Volume II. Relevant Research*, The National Science Teachers Association, Washington, DC 1992, p. 111-124.
- [3] S. Harding, *The Science Question in Feminism*, Cornell University Press, Ithaca, NY 1986.
- [4] M. R. Matthews, *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*, Routledge, New York 1994, p. 106-108.



Formation d'eau dans la combustion de l'hydrogène.

CONTRO IL COSIDDETTO “METODO SCIENTIFICO”: RIFLESSIONI INTORNO A METODOLOGIE DIDATTICHE EMPIRISTE SUPERATE

ELEONORA AQUILINI (*)
DANIELA BASOSI (**)

“Un giorno le cose si ribellarono. I fiumi si misero a correre all'indietro, l'acqua si ghiacciò al sole e le pietre si librarono felici nell'aria. Gli uomini non sapevano più come comportarsi. Per un po' ciascuno di loro pensò di essere ammatto, ma poi quando trovò il coraggio di parlarne ad altri, si rese conto che tutti la vedevano nello stesso modo: era dunque il mondo a essere ammatto.

Gli uomini decisero di mandare una delegazione a parlamentare con le cose. Si sedettero tutti insieme a un tavolo senza gambe, bevvero un sorso da un bicchiere vuoto e cominciarono a lamentarsi. «Non si può andare avanti così» disse l'uomo più anziano e più saggio «il vostro comportamento va contro le leggi della natura ed è quindi irresponsabile e assurdo. Di questo passo saremo costretti a dichiararvi tutti un'allucinazione. »

«Questa è bella» rispose una gomma che invece di cancellare scriveva «chi siete voi per dire quali sono le leggi della natura? Al massimo, siete una parte della natura, e un'altra parte siamo noi, con uguali diritti. Perché dovremmo comportarci come vi fa comodo per essere giudicati responsabili? »

«Sospettavo qualcosa del genere» ribatté un uomo più giovane e focoso «la vostra è una vera e propria guerra, e come tale va combattuta, non a parole ma con le armi. » ... «Un attimo» interruppe l'uomo saggio «non è il caso di farsi prendere dall'eccitazione. Noi non vi abbiamo imposto niente. Vi siamo stati a guardare per secoli e abbiamo visto come vi comportavate: le leggi della natura non sono che un resoconto delle nostre osservazioni. »

«E' proprio questo il punto» sbottò un lampadario appeso per terra «ci avete osservato per secoli, avete tratto le vostre conclusioni e adesso non ci osservate più. Ci avete esaurito, neanche più ci vedete, e poi avete il coraggio di dire che se non seguiamo le vostre istruzioni non ci siamo davvero. Invece noi ci siamo davvero proprio perché possiamo dare fastidio. »

Gli uomini erano allibiti. «Che cosa dobbiamo fare» chiese un piccolino dagli occhi dolci. «Certo se continuerete così non sopravviveremo. »

«Non è la vostra morte che vogliamo» rispose per tutti una palla che non rimbalzava. «Vogliamo solo un po' d'atten-

zione. Siamo sempre in grado di sorprendervi, e se lo dimenticate lo faremo ancora ... »”

Questo brano è tratto da una delle favole de “La filosofia in trentadue favole” di E. Bencivenga. Leggendolo, viene spontaneo un paragone con l'attuale situazione nell'insegnamento scientifico: c'è il pericolo di un'altra rivolta delle cose. Infatti, nell'insegnamento usuale non siamo più in grado di farci sorprendere e di far sorprendere i nostri scolari dall'osservazione delle cose. Cercheremo di spiegare perché, dal nostro punto di vista, la tanto sbandierata osservazione nell'insegnamento delle scienze non porta di solito a nessuna conoscenza effettiva delle cose.

Si trovano tre tipi di atteggiamenti, di modi di fare scienze a scuola: il primo comporta fare studi dei fenomeni chimici, fisici, biologici guidati dalla volontà di dimostrare alcune leggi che abbiamo in testa (l'intento è quello di riscoprire le leggi), il secondo è quello di far osservare fenomeni senza un percorso logico ben definito e senza trarre nessuna conclusione (alla base c'è l'idea che l'attività manuale *comunque* attivi la mente), il terzo assume anch'esso la concretezza come punto di riferimento ma il mondo macroscopico di riferimento è uno spunto per spiegazioni dei fenomeni che di solito mettono in gioco il mondo microscopico e/o nozioni molto formalizzate.

Il metodo per riscoperta

Il primo degli atteggiamenti descritti prevale nella scuola media superiore ed ha un discreto successo anche nelle scuole medie e talvolta nella scuola elementare. E' a nostro parere un imbroglione nei confronti degli alunni e una scorrettezza nei confronti dei grandi scienziati, della storia della scienza, dell'epistemologia. Di solito l'esperimento dimostrativo precede o segue di poco l'enunciato della legge, la definizione a cui si vuole pervenire. Non c'è nessun percorso storico che contestualizzi i problemi, talvolta solo un cenno storico che non c'entra nulla con il problema affrontato (come la ghigliottina per Lavoisier). Le considerazioni che accompagnano l'esperienza dimostrativa sono delle *ovvietà* e ciò fa sentire stupidi gli alunni che *avvertono* di non capire a fondo quanto viene proposto, *sentono* che c'è dell'altro, che *sfugge* qualche passaggio, ma non si sentono giustificati nella loro incomprensione perché la sequenza dei ragionamenti è rigorosa e segue una logica deduttiva come la dimostrazione di un teorema di matematica. Questi esperimenti dimostrativi sono anche schiaffi al genio di Galileo, di Newton, di Lavoisier, non si capisce infatti come mai questi, invece di architettare ed eseguire in due o tre giorni la prova dell'evidenza delle loro teorie, ci abbiano messo anni e anni. Il metodo per *ri-scoperta* credo che sia fra quelli che contri-

(*) Vicepresidente nazionale DD-SCI e-mail: ele.aquilini@tin.it

(**) Gruppo di ricerca e sperimentazione didattica del CIDI di Firenze e-mail: dabasosi@hotmail.com

buiscono di più a dare agli alunni un'immagine della scienza falsa: lineare, legata alla logica deduttiva e dispensatrice di verità assolute. Questo metodo è anche l'esemplificazione scolastica del cosiddetto metodo scientifico o metodo galileiano che nei libri viene riassunto in questi passaggi:

- 1) osservazione
- 2) ipotesi
- 3) un esperimento cruciale
- 4) verifica dell'ipotesi

Secondo questo schema dall'osservazione si evidenzia il problema e quindi la prima fase sarebbe quella induttiva. La seconda, terza e quarta fase sarebbero quelle ipotetico-deduttive. Si ignora, nei libri testo che ripropongono questo schema da anni, la riflessione critica sui metodi della scienza dell'ultimo secolo, (in particolare quella di Popper all'induttivismo) ed emerge una visione della scienza per certi versi baconiana e per altri positivista.

In questo metodo in definitiva l'osservazione diviene solo pretesto per far finta di scoprire quello che si sa già.

Il metodo *del fare*

Il secondo atteggiamento scolastico che si riscontra nell'insegnamento delle scienze è attuato prevalentemente nella scuola dell'infanzia e nella scuola elementare. Dello schema relativo al *metodo galileiano* prende in considerazione il punto 1: l'osservazione.

Secondo questo modo di vedere, a scuola si osserva e si pasticcia, si fanno tante cose e il valore del lavoro che si può fare a scienze sta nelle acquisizioni implicite nel *fare*.

Il riferimento teorico è l'attivismo, la banalizzazione della teoria di Dewey.

Per chi opera in questo modo nel campo delle scienze, il laboratorio è di per sé edificante dal punto di vista dell'apprendimento perché le cose *si toccano e si vedono*. E' una sorta di sperimentalismo ingenuo quello che di fatto viene proposto e che entusiasma i sostenitori.

Anche in questo caso l'osservazione non serve per interrogare la natura, come dice Geymonat, e di solito queste osservazioni estemporanee non accrescono la conoscenza sulle cose.

Il metodo *del fare* seguito dalla *spiegazione della disciplina "adulta"*

C'è poi un terzo modo di operare nell'ambito delle scienze seguito nelle scuole elementari, medie e superiori. Questo modo assomiglia al primo e al secondo con qualche variazione nella fase della spiegazione del fenomeno. Si parte anche in questo caso dai fenomeni, si cerca di osservarli e d'indagare il loro sviluppo (come nel primo metodo e nel secondo) però anziché fermarsi alle spiegazioni plausibili che possono pervenire dal livello macroscopico dell'indagine, si fa un salto logico e si fa intervenire per la spiegazione il mondo microscopico con le sue leggi che in molti casi sono ignorate. Il livello di inconsistenza pedagogica e di significato aumenta mano a mano che si scende di livello scolare, cioè parallelamente alla diminuzione di conoscenze sulle teorie relative al mondo microscopico. Quando si utilizza questo metodo nella scuola elementare e media le spiegazioni diventano assolutamente *fantastiche* nel senso che afferiscono al livello della fantasia, non a quello della razionalità e gli atomi e le molecole hanno nell'immaginario del bambino la stessa consistenza delle fate e degli gnomi.

Per supportare l'immaginazione dei bambini e indirizzarla *in senso scientifico* vengono creati dei modelli di solito iconici, (spesso immagini tridimensionali al computer), che raffigurando l'inimmaginabile e l'incomprensibile sembra che costituiscano il cuore della conoscenza.

Ci si chiede: è importante forzare la mano in questo modo nella scuola elementare e media? A chi giova? Se imparare a ragionare scientificamente significa basare le proprie convinzioni su dati tangibili, che tipo di verificabilità (anche teorica) è permessa ai bambini riguardo a particelle atomiche, elettroni e protoni, molecole e componenti sub-cellulari? Che tipo di insegnamento scientifico si dà se una parte della conoscenza viene fornita dall'osservazione e una parte, quella della comprensione, è fornita da spiegazioni su teorie e mondi sconosciuti?

Anche in questo caso l'osservazione è un pretesto per arrivare non ad una conoscenza scientifica di base, ma per parlare di altro.

I modi d'insegnare le scienze, la formazione degli insegnanti, le scelte da fare

Per uno strano motivo, forse legato alla formazione degli insegnanti che continuano a riproporre anche nella scuola pre-universitaria il sapere accademico, *quello a cui si deve arrivare* nell'insegnamento sono le scoperte della scienza e della tecnica che hanno costituito la base della formazione universitaria di ogni laureato. Il fatto che l'insegnamento debba prendere in considerazione quello che della disciplina può essere comprensibile ai bambini di solito viene ignorato. Il dovere di ogni insegnante non è, a nostro avviso, dare un gran numero di informazioni, non è fare proprio il detto alchemico "ignotum per ignotius", ossia spiegare le cose ignote attraverso quelle ancora più ignote, ma di andare a piccoli passi alla scoperta dei fenomeni e delle cose seguendo la via delle spiegazioni comprensibili a quel livello cognitivo in cui si trova l'alunno. E' la via della razionalità quella che ci induce a credere che, se si scelgono opportunamente i fenomeni da studiare, possiamo interrogare la natura facendo ipotesi verificabili con semplici esperienze, dando spiegazioni che si fermano al livello macroscopico.

Solo in questo modo d'altra parte si darebbe vero valore formativo all'insegnamento delle scienze nella scuola di base e non solo, e per comprendere meglio che cosa intendiamo potremmo avvalerci di molti esempi.

Potremmo dire, per esempio, che esplorare un po' l'ambiente che ci circonda per conoscerlo è indispensabile per fare in futuro le scelte giuste per rispettarlo e conservarlo; ma anche semplicemente che conoscere a fondo in tutte le fasi fenomeni come l'ebollizione dell'acqua o l'evaporazione o quando siamo in presenza di una soluzione vera aiuta in tanti aspetti pratici della vita, oppure che conoscere un po' se stessi, il proprio corpo, le trasformazioni che subisce, ciò di cui necessita, aiuta a mantenerci in buona salute, ad avere un buon rapporto con il cibo e a consumare farmaci in modo più consapevole.

Potremmo portare altri esempi del genere ed affermare a ragion veduta che un minimo di cultura scientifica di base contribuisce a formarci come cittadini consapevoli delle proprie opinioni e delle proprie scelte.

E' innegabile che in scienze contino le conoscenze, ma esse devono collocarsi in una visione ampia della didattica delle discipline, in cui sia ben chiaro ed evidente il loro alto valo-

re formativo.

L'insegnamento delle discipline scientifiche avrà vero valore formativo se concorrerà a renderci padroni di un metodo che ci metta in grado di acquisire in modo autonomo nuove conoscenze e un minimo di senso critico nei confronti della realtà in cui viviamo.

Questo è uno degli obiettivi per eccellenza che le indicazioni programmatiche della scuola (vecchie o nuove che siano) fanno sempre proprio: insomma, è importante nella vita imparare a ragionare con la propria testa, saper analizzare le cose con senso critico e saper prendere le proprie decisioni in modo consapevole.

La nostra proposta per insegnare scienze nella scuola elementare e media di primo grado.

Come abbiamo già detto, il metodo che, per eccellenza, partendo dall'osservazione della realtà porta a formulare ipotesi e a progettare soluzioni è il classico metodo ipotetico-deduttivo di Galileo.

E' su questo metodo che dobbiamo impostare il lavoro con i ragazzi?

Tutti i manuali scolastici della scuola media riportano nelle prime pagine l'importanza di impostare il lavoro seguendo questa metodologia e cercano di ispirarsi ad essa quando propongono esperienze, illustrano leggi, documentano scoperte, banalizzandole.

Tuttavia, questa metodologia ineccepibile per la sua razionalità per lo "scienziato", per il ricercatore, non fa poi i conti con il livello di conoscenze che il bambino nella scuola di base possiede, né con le sue concezioni ingenuie spesso frutto del senso comune e di frequente errate, né, meno che mai, sulla capacità di astrazione tutta da conquistare: questi infatti sono aspetti determinanti, insieme ad una buona dose di intuizione, per elaborare ipotesi.

Le ipotesi possibili a questo livello di età possono essere semplici congetture legate al concreto, a ciò che veramente è visibile e, pertanto, osservabile nel suo essere e nel suo trasformarsi, legate al fenomeno.

D'altra parte la metodologia galileiana ipotetico-deduttiva non è l'unica che può creare un "atteggiamento mentale" scientifico, perché di questo in fin dei conti si tratta, non di creare dei piccoli scienziati.

Forse è il caso di mettere in atto altre metodologie, altre strategie, più adatte pedagogicamente all'età a cui ci si rivolge, che tengano conto insomma di una serie di obiettivi importanti da perseguire.

Proviamo ad elencarne qualcuno che riteniamo si debba tenere in gran conto:

- perseguire sempre una partecipazione attiva di tutti i bambini, in modo che ciascuno osservi in prima persona
- adeguare il fenomeno da studiare alle possibilità reali degli allievi, in modo che esso conduca alla riflessione
- avere presente la necessità costante di ampliare le competenze linguistiche degli allievi, perché solo attraverso lo sviluppo del linguaggio (o meglio dei linguaggi verbale, iconico ecc.) crescono di pari passo le conoscenze
- abituare i ragazzi ad ascoltare e ad ascoltarsi e quindi dare ampio spazio alla discussione tra pari, agendo da moderatore e animatore della discussione
- accogliere l'errore come utile allo sviluppo della discussione e del confronto
- dare valore alle relazioni emozionali e affettive che l'allievo deve poter esprimere nel suo faticoso percorso di costru-

zione delle conoscenze

- dare tempo al tempo, non avere fretta di concludere per accumulare nuove conoscenze, prima che le precedenti siano diventate veramente patrimonio di tutti

Tutto ciò non può essere realizzato attraverso un insegnamento estremamente formalizzato, ma neppure attraverso l'uso di esperienze fini a se stesse, non inserite in percorsi ragionati con obiettivi chiari.

Un'impostazione metodologica che tiene conto di ciò che è stato detto può essere definita operativa, non sperimentale in senso lato e può essere articolata in cinque fasi ugualmente importanti e interconnesse l'una con l'altra:

- a) partire dal fenomeno
- b) osservare
- c) verbalizzare
- d) discutere collettivamente
- e) affinare la concettualizzazione

Punto di partenza sarà un'attività comune.

Per la scuola materna e il primo ciclo della scuola elementare la fase del "pasticciamento", del contatto diretto con gli oggetti da osservare anche con modalità più libere (pensiamo ad esempio all'importanza di avere per un certo periodo in aula piante o animali con cui far familiarizzare i bambini) è sicuramente uno dei momenti fondamentali del processo conoscitivo, per promuovere la riflessione libera e la conoscenza comune.

Questa fase occuperà sempre tempi meno lunghi mano a mano che si cresce con l'età, ma non va mai sottovalutata né accantonata perché punto essenziale di partenza dell'osservazione guidata.

La fase dell'osservazione guidata è molto delicata, infatti il docente deve aiutare gli alunni a osservare in modo non casuale: si pongono problemi, domande che sollecitano i confronti e si progettano insieme altre esperienze per risolvere i problemi posti.

Il momento della riflessione comune e della elaborazione è caratterizzato dalla discussione collettiva, dalle rappresentazioni grafiche, verbali ed iconiche in base all'età e alle necessità.

Nel secondo ciclo delle elementari e nella scuola media non ci si potrà limitare a far osservare un certo fenomeno per pensare che esso venga completamente compreso da tutti.

Anche con alunni più grandi la fase del coinvolgimento e della partecipazione attiva va sollecitata. Per ottenere questo obiettivo, l'osservazione deve essere accompagnata dalla descrizione e dalla narrazione individuale, primo livello della riflessione.

Ognuno avrà così la possibilità non solo di riflettere, ma anche di esprimersi secondo le proprie possibilità e competenze e i propri ritmi di lavoro.

La messa in comune delle osservazioni individuali, la successiva discussione che inevitabilmente scaturirà ed il confronto condurranno ad un secondo livello della riflessione più articolato in cui i concetti cresceranno, si affineranno e troveranno la loro collocazione logica.

Anche questo momento avrà bisogno di rielaborazione attraverso grafici, testi collettivi o individuali di sintesi di ciò che si è appreso, disegni, cartelloni, ed anche in questa fase la scelta dipenderà dall'età e dalle necessità.

Le fasi descritte sono fra loro collegate e si succedono e si alternano senza modalità rigidamente precostituite.

Nello studio individuale sarà infine importante che l'alunno non si limiti a rivedere gli elaborati finali, ma ripercorra anche le tappe del suo processo di conoscenza.

Con questo modo di lavorare fenomenologico e operativo, le cose della favola di Bencivenga hanno tanto da dirci, proprio perché i loro comportamenti possono essere osservati e studiati fenomenologicamente, facendo ipotesi ed esperimenti per capirle a fondo, ragionandoci sopra, facendo diventare le osservazioni relative ai fatti dei concetti. E allora le cose continueranno ancora a stupire noi e i nostri alunni per molto tempo.

BIBLIOGRAFIA

- E. Bencivenga, "La filosofia in trentadue favole", Arnoldo Mondadori, Milano, 1997.
- C. Fiorentini "Quali condizioni per il rinnovamento del curriculum di scienze?" in L'arcipelago dei saperi (a cura di)

Franco Cambi, Firenze, Le Monnier, 2000.

- L. Barsantini e C. Fiorentini (a cura di), *L'insegnamento delle scienze verso un curriculum verticale. I fenomeni chimico-fisici*, I.R.R.S.A.E Abruzzo, S. Gabriele (TE), Editoriale Eco srl, 2001.

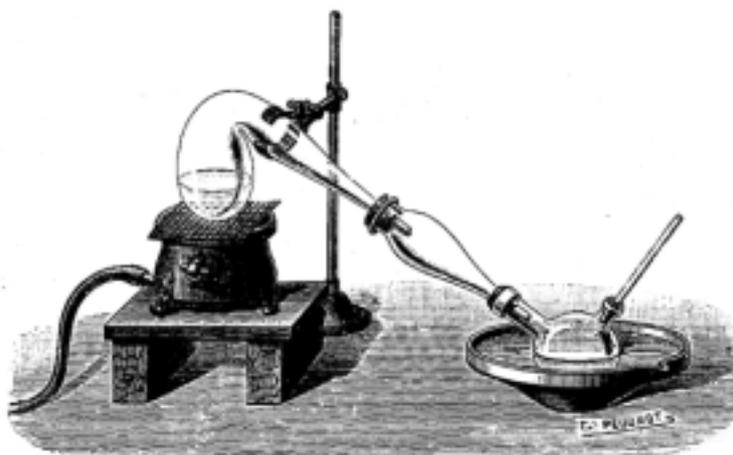
- G. Cortellini, Alfero Mazzoni (a cura di), *L'insegnamento delle scienze verso un curriculum verticale. I fenomeni biologici*, I.R.R.S.A.E Abruzzo, S. Gabriele (TE), Editoriale Eco srl, 2001.

- J. Bruner, *La cultura dell'educazione*, Feltrinelli, Milano, 1997.

- P. Boscolo "Psicologia dell'apprendimento scolastico", UTET, Torino, 1997.

- J. Dewey, "Come pensiamo", La Nuova Italia, Firenze, 1994.

- L. Geymonat, *Lineamenti di filosofia della scienza*, Mondadori, Milano, 1985.



Appareil distillatoire.

Preparare il reattivo di Fehling: uno stimolo all'osservazione

PIER ANTONIO BIONDI*

Riassunto

Quando si aggiunge lentamente una soluzione diluita di ioni rameici ad una soluzione fortemente alcalina di ioni tartrato (preparazione del reattivo di Fehling), si può osservare un precipitato di idrossido rameico che scompare in seguito ad una energica agitazione. Questa semplice esperienza fornisce agli studenti l'opportunità di migliorare il loro spirito di osservazione. Le descrizioni dell'esperimento fornite dagli studenti mettono in risalto una scarsa conoscenza della corretta terminologia e difficoltà nella comprensione della teoria relativa.

Abstract

When we slowly add a diluted aqueous solution of cupric ions to an highly basic solution of tartrate ions (preparation of Fehling reagent), we can see a cupric hydroxyde precipitate which disappears after a vigorous shaking. This simple test gives the students a chance to improve their power of observation. Students reports describing the experiment emphasize a poor knowledge of the right chemical terms and difficulties in understanding the related theory.

Introduzione

Spesso le esercitazioni di laboratorio sono vissute dagli studenti come un impegno obbligatorio che consiste nell'esecuzione di un esperimento sulla base di una ricetta fornita dal docente; lo scopo da perseguire è quello di essere corretti nella manualità prescritta e constatare che il risultato sia quello atteso. E' ovvio che le finalità dovrebbero anche essere lo sviluppo delle capacità di osservare (anche i particolari apparentemente marginali), descrivere con linguaggio appropriato i fenomeni e cercare di spiegarli tramite i concetti teorici a disposizione.

Nei corsi universitari ad indirizzo non chimico, le esperienze pratiche proposte agli studenti sono naturalmente poche, per cui ogni occasione va sfruttata appieno, in modo da stimolare negli studenti l'osservazione attenta e critica degli esperimenti e la capacità di ipotizzare dei motivi teorici che spieghino quello che si vede. Non essendo, in genere, le ore a disposizione sufficienti per una trattazione esauriente degli argomenti, ogni singolo passaggio delle esercitazioni deve essere lo spunto per considerazioni che richiamino i concetti già noti e ne introducano di nuovi.

* Dipartimento di Scienze e Tecnologie Veterinarie per la Sicurezza Alimentare. Via Celoria 10 - 20133 Milano

e-mail : pierantonio.biondi@unimi.it
tel : 02 50317930 fax : 02 50317941

In questa comunicazione si vuole a) proporre una semplice operazione di laboratorio come occasione per stimolare l'attenzione degli studenti, a cui viene richiesto di descrivere l'esperimento e b) commentare le risposte fornite da matricole universitarie, che mettono in evidenza alcune loro lacune, talvolta sottovalutate.

L'esperimento proposto

Come unica esperienza di laboratorio di Chimica Organica è stata proposta agli studenti una esercitazione semplice, rapida ed, al tempo stesso, significativa rispetto al programma teorico incentrato sulle sostanze naturali: la determinazione qualitativa dei carboidrati riducenti tramite il saggio di Fehling.

Come è noto, per effettuare tale saggio, bisogna preparare il reattivo a partire da due soluzioni approntate in precedenza. In questo caso è stata usata una soluzione 0,25 M di tartrato di sodio e potassio in soda caustica 3M ed una soluzione 0,06 M di solfato

rameico. È stato raccomandato agli studenti di porre prima nella provetta destinata a contenere il reattivo finale 5 ml della soluzione alcalina di ioni tartrato (più densa) e di aggiungere poi, MOLTO LENTAMENTE (facendola colare sulla parete della provetta) la soluzione di ioni rameici (meno densa). Si ottiene così la miscela schematizzata nella figura, in cui, a livello della superficie di contatto delle due soluzioni, si forma un precipitato fioccoso di idrossido rameico, sotto il quale appare uno strato azzurro, dove si comincia a formare il complesso rame-tartrato. Solo dopo una energica agitazione il precipitato di idrossido rameico scompare e la soluzione risulta limpida e dal colore azzurro uniforme. Solo a titolo di cronaca, il reattivo è stato poi usato per saggiare soluzioni di glucosio, di saccarosio tal quale e di saccarosio trattato per qualche minuto a caldo con acido cloridrico.

Gli studenti

Sono stati coinvolti nell'esperienza, quasi al termine del primo semestre, alla fine del corso di Chimica e Propedeutica Biochimica, gli studenti del primo anno del Corso di Laurea in Medicina Veterinaria (che, essendo rimasta di cinque anni, deve chiamarsi "Specialistica"). La quasi totalità di tali studenti non aveva mai preparato il reattivo di Fehling. Pur avendo appena seguito le lezioni di Chimica Generale e quasi tutte quelle di Chimica Organica (per 40 ore complessive), non avevano alcuna conoscenza teorica sui composti di coordinazione in generale ed in particolare sul per-



ché della colorazione dei composti dei metalli di transizione. Ai 160 di essi (divisi in quattro turni), che hanno partecipato all'esercitazione pratica, è stato chiesto di restituire, al termine della prova, un questionario su cui erano state loro poste due domande:

a) descrivere nel modo più dettagliato possibile quanto avevano osservato al momento dell'aggiunta delle due soluzioni e dopo il loro mescolamento;

b) proporre qualche spiegazione plausibile di quanto osservato sulla base di due informazioni fornite al momento:

- 1) l'insolubilità dell'idrossido rameico in ambiente alcalino;
- 2) la differente colorazione dei complessi che gli ioni rameici formano con le molecole di acqua e con gli ioni tartrato.

Risultati

In tutte le prove sono puntualmente avvenute la separazione delle due soluzioni, la precipitazione dell'idrossido rameico a livello della superficie di separazione e la formazione di una alona azzurro sottostante.

L'analisi dei questionari ha messo in risalto alcune rilevanti lacune:

- 1) solo il 15% degli studenti ha definito correttamente l'idrossido rameico come precipitato oppure come solido fioccoso oppure come sospensione. La maggioranza degli studenti non ha descritto (e sembra non abbia nemmeno visto) un solido, ma "una soluzione o uno strato più densi";
- 2) molti studenti hanno confuso l'alona più scuro (azzurro) di rame-tartrato con il precipitato (celeste) di idrossido rameico, che, apparendo più chiaro, è stato considerato ancora soluzione di ioni rameici;
- 3) diffuse improprietà di linguaggio nel descrivere le diverse fasi della miscela: "soluzione solubile (o insolubile) in acqua", "emulsione", "anello oleoso", "soluzione in sospensione (o che precipita)". Alcuni studenti hanno chiamato "bianca" la soluzione incolore di ioni tartrato;
- 4) riguardo alle possibili spiegazioni teoriche, molti studenti hanno messo in risalto che "l'agitazione facilita le reazioni", ma nessuno ha sottolineato che, a causa delle differenti concentrazioni di ioni idrossido e tartrato, prima si forma idrossido rameico e, solo in un secondo tempo, il complesso rame-tartrato. Molti studenti hanno descritto come protagonisti dei fenomeni solo gli ioni rameici (gli ioni rameici "non si emulsionano", "perdono la loro solubilità (o insolubilità)", "restano in sospensione", "si depositano"), senza considerare i diversi composti che in realtà entrano in gioco (complessi con leganti diversi ed idrossido insolubile).

Discussione

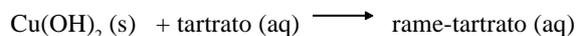
La semplice aggiunta di una soluzione ad un'altra nella preparazione del reattivo di Fehling permette di rendere evidenti in modo efficace alcune problematiche di carattere sia pratico che teorico:

1) l'importanza della omogeneità delle soluzioni. Accade spesso che, nel preparare soluzioni sciogliendo un solido o mescolando due liquidi di diversa densità, i principianti dimentichino di agitare energicamente le miscele ottenute, anche se limpide: il risultato è che la concentrazione non è uniforme ed i prelievi non sono riproducibili. Nell'esperimento descritto questo fenomeno è evidenziato dalla comparsa di un precipitato e da colorazioni diverse che dimostrano la disomogeneità della miscela, ma lo stesso fenomeno può accadere con reagenti incolore e limpidi;

2) la probabilità che due specie chimiche si incontrino è proporzionale alle loro concentrazioni. Quindi la probabilità che

uno ione rameico, diffondendo nella soluzione alcalina di ioni tartrato, incontri uno ione idrossido (3 M) è $3/0,25=12$ volte maggiore della probabilità che incontri uno ione tartrato (0,25 M), per cui inizialmente precipita l'idrossido rameico e solo in un secondo tempo si forma il complesso rame-tartrato;

3) gli equilibri eterogenei. La formazione del complesso molto stabile rame-tartrato sequestra gli ioni rameici e provoca la dissoluzione dell'idrossido rameico secondo lo schema



Le risposte degli studenti hanno, d'altro lato, messo in risalto alcune lacune nel bagaglio di cultura chimica fornito dagli studi liceali (la maggioranza delle matricole proveniva dal liceo scientifico); tali lacune sono state sottovalutate e non colmate durante le lezioni universitarie.

1) Difficoltà nell'uso della corretta terminologia nel descrivere le diverse fasi della materia protagonista dell'esperimento; i termini "soluzione", "sospensione", "emulsione", "precipitazione", "eterogeneo", "denso" vengono usati, nella maggioranza dei casi, in modo del tutto inappropriato.

2) Incapacità di riconoscere nel precipitato fioccoso di idrossido rameico un solido, cioè cristalli più o meno grandi; molti studenti non hanno per nulla fatto intravedere, nella descrizione dell'esperimento, la comparsa di una nuova fase solida.

3) Difficoltà nel cogliere nei fenomeni macroscopici osservati (comparsa e scomparsa di un precipitato, mutamento di un colore) i segnali di reazioni chimiche. Nelle descrizioni degli studenti sembra che una sola specie chimica (nel caso specifico gli ioni rameici) possa cambiare fase e colore senza subire trasformazioni chimiche, cioè dare luogo a composti diversi.

È evidente che in gran parte queste difficoltà derivano, da un lato, dalla mancanza di allenamento nel descrivere immediatamente un esperimento e, dall'altro, dalle scarse (o addirittura assenti) conoscenze riguardo ad alcuni argomenti fondamentali, quali la teoria dei composti di coordinazione; è, per esempio, difficile convincere chi ha sempre visto scritto lo ione rameico come Cu^{++} isolato che la specie chimica realmente presente in soluzione acquosa è un composto vero e proprio con legami covalenti tra atomi di ossigeno e lo ione rameico, che risponde alla formula $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{++}$.

Appare comunque anche chiaro che la preparazione scientifica di base fornita dalla scuola media superiore non ha stimolato gli studenti all'osservazione, alla visione critica di qualsiasi trasformazione macroscopica ed alla correttezza espressiva. Sono rilievi che devono fare riflettere. Per un verso dobbiamo fare capire ai giovani che i progressi nella ricerca si basano spesso sull'osservazione meditata di fenomeni che possono apparire più marginali. Per un altro verso non dobbiamo suggerire la falsa idea che la proprietà di linguaggio è un impegno doveroso solo nelle materie umanistiche. La fatica nel trovare i termini corretti per descrivere quello che si vede è il primo passaggio obbligato per mettere ordine nella sequenza logica che permetterà il tentativo di interpretare i fenomeni osservati.

In conclusione questa semplice esperienza didattica ha dimostrato come anche i più semplici passaggi di una esercitazione pratica possono fornire l'occasione per stimolare negli studenti la capacità di osservare i fenomeni e di autovalutare criticamente le proprie lacune.

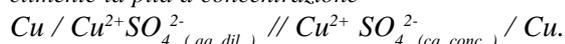
UN APPROFONDIMENTO SULL'ATTIVITÀ

ROBERTO SOLDÀ^(*)

LIVIA MERCATO^(*)

Riassunto

Con strumenti e sostanze facilmente reperibili anche in scuole non particolarmente attrezzate si può allestire facilmente la pila a concentrazione



Utilizzando tale pila si possono determinare le attività ioniche medie ed i coefficienti medi di attività ionica di alcune soluzioni diluite di CuSO_4 e di $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4$.

Ciò permette di approfondire alcuni concetti fondamentali relativi all'attività ed al coefficiente di attività.

Inoltre si può verificare che, per soluzioni diluite di CuSO_4 in cui non si formano complessi con leganti diversi da H_2O , la legge limite di Debye - Hückel è valida per concentrazioni $\leq 10^{-2} \text{ m}$.

INTRODUZIONE

Alcuni anni fa, in un articolo nel Journal of Chemical Education, si era avanzata la proposta di formulare la costante di equilibrio in termini di attività e di approssimarla poi per mezzo di grandezze pratiche come le pressioni parziali, le frazioni molari e le concentrazioni molari [1].

Giustamente in questa rivista [2] si era sottolineato che il concetto di attività, similmente ad altri concetti teorici, così come proposto da R. J. Tykodi, era inaccettabile a livello elementare di un corso di chimica di base per ragazzi fra i 14 e i 17 anni almeno per due motivi fondamentali:

- mancava il "carattere operativo proprio di ogni autentica definizione scientifica"

- era "un concetto astratto avulso dal contesto teorico in cui esso è nato".

Comunque si osservava che il proposito di Tykodi era in sé lodevole perché è sempre preferibile formulare fin dal principio una legge scientifica nei suoi termini più generali, a condizione che ciò sia fattibile nel rispetto della chiarezza didattica e dell'onestà scientifica.

Per esempio questo è il caso della legge di Nernst che, nelle scuole ad indirizzo chimico, può venire introdotta formulandola in termini di attività e coefficiente di attività pur con un modesto contesto di concetti chimico-fisici, come è stato proposto in questa rivista diversi anni fa [3] mediante un adeguato itinerario didattico.

Anzi ciò consente di definire rigorosamente il potenziale standard di riduzione come una misura quantitativa della tendenza relativa di ogni semireazione ad avvenire nel senso della riduzione, quando tutte le specie implicate sono presenti in attività unitarie e a 25 °C.

In questo articolo si propone, in collegamento con l'itinerario citato, un esperimento semplice e realizzabile con materiale facilmente reperibile anche in scuole non particolarmente attrezzate.

Lo scopo è di consentire agli allievi delle scuole ad indirizzo chimico, che hanno appreso la differenza fra concentrazione ed attività seguendo uno schema didattico del tipo sopra accennato [3], di approfondire ulteriormente i concetti di attività e coefficiente di attività, inquadrandoli però nei paradigmi della termodinamica.

OBIETTIVI E CENNI TEORICI

Per conseguire gli obiettivi prefissati, è necessario accertarsi che gli allievi siano in possesso dei concetti matematici di media geometrica, logaritmo ed antilogaritmo e di quelli basilari relativi all'elettrochimica.

In particolare poi devono essere stati svolti gli argomenti concernenti gli elettrodi di prima specie, le pile a concentrazione, la forza ionica e la teoria di Debye-Hückel.

Infine è opportuno ribadire che:

- nel caso di elettrodi di prima specie, il potenziale dell'elettrodo dipende dal lavoro che una particella carica fornisce o richiede per attraversare l'interfaccia elettrodo/soluzione ed esprime quindi la tendenza degli ioni a trasferirsi dall'elettrodo alla soluzione o viceversa

- l'attività, a differenza della concentrazione, non è una grandezza misurabile in valore assoluto e si possono conoscere soltanto le variazioni di attività

- l'attività è adimensionale e dipende dalla scelta arbitraria dello stato standard nel quale essa ha per definizione valore unitario

- nel caso particolare delle soluzioni, lo stato standard è una soluzione uno molale del soluto in esame con comportamento ideale, cioè una soluzione ipotetica, in quanto il soluto in concentrazione 1 molale dovrebbe esistere ad una molalità unitaria 1 m, pur conservando il comportamento ideale di una soluzione estremamente diluita

- nel caso di soluzioni elettrolitiche diluite, il coefficiente di attività di uno ione dipende solo dalla forza ionica e dal numero di carica dello ione indipendentemente dalla sua particolare natura.

Quindi, limitandosi per semplicità a considerare un elettrolita binario forte MA (come il CuSO_4 usato in questo esperimento) che si dissocia in acqua secondo la reazione:



dando una mole di cationi ed una mole di anioni per ogni mole di MA e per il quale $|z^+| = |z^-|$, è necessario ricordare che:

f_+ = coefficiente di attività dei cationi M^{z+}

f_- = coefficiente di attività degli anioni A^{z-}

$f_{\pm} = (f_+ \times f_-)^{1/2}$ = coefficiente medio di attività ionica

m_+ = concentrazione molale dei cationi M^{z+}

m_- = concentrazione molale degli anioni A^{z-}

$m_+ = m_- = m$

(*) IPSIA "G.Ceconi" - Sezione Operatori Chimico - Biologici, Via Manzoni, 6 - Udine

a_{\pm} = attività dei cationi M^{z+}
 a_{\pm} = attività degli anioni A^{z-}
 attività ionica media = $a_{\pm} = (a_{+} \times a_{-})^{1/2} =$
 $= (f_{+} \times f_{-})^{1/2} \times (m/m^{\circ}) = f_{\pm} \times (m/m^{\circ})$

dove m° è la molalità dello stato standard relativo alla specie indicata = 1 mole / Kg

Perciò, nel caso specifico di soluzioni di CuSO_4 , si ha:

$$a_{\pm \text{CuSO}_4} = f_{\pm \text{CuSO}_4} \times (m/m^{\circ})_{\text{CuSO}_4} = f_{\pm \text{CuSO}_4} \times m_{\text{CuSO}_4}$$

Si pone poi in evidenza che la misura della FEM di una *pila a concentrazione* permette di confrontare l'attività ionica media dello elettrolita in due soluzioni diverse e di misurarne esattamente il rapporto e inoltre, se si fissa o si conosce il valore dell'attività ionica media di una soluzione, è possibile attribuire un valore all'attività ionica media dell'altra.

Per dimostrare ciò, si può assumere che :

-per gli *elettrodi metallici di prima specie* è valida, come è noto [4 - 6], la legge di Nernst :

$$E = E^{\circ} + (RT/nF) \ln a_i = E^{\circ} + (RT/nF) \ln (f_i \times m_i) \quad (1)$$

dove:

a_i indica l'attività del catione metallico M^{+}
 f_i indica il coefficiente di attività del catione metallico
 m_i indica la concentrazione molale del catione metallico

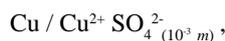
cioè per la semipila $\text{Cu} / \text{Cu}^{2+} \text{SO}_4^{2-} (\text{aq.})$:

$$\begin{aligned}
 E &= E^{\circ} + (RT/nF) \ln a_{\text{Cu}^{2+}} = \\
 &= E^{\circ} + (RT/nF) \ln (f_{\text{Cu}^{2+}} \times m_{\text{Cu}^{2+}}) \quad (2)
 \end{aligned}$$

- per la pila a concentrazione :

$$\text{Cu} / \text{Cu}^{2+} \text{SO}_4^{2-} (\text{aq. dil.}) // \text{Cu}^{2+} \text{SO}_4^{2-} (\text{aq. conc.}) / \text{Cu} \quad (3)$$

in cui viene impiegata come riferimento la semipila :



è valida la legge di Nernst :

$$\text{FEM} = (RT/2F) \ln [a_{\text{Cu}^{2+}} (\text{aq. conc.}) / a_{\text{Cu}^{2+}} (\text{aq. dil.})] \quad (4)$$

se si ammette che l'impiego del ponte salino consente di minimizzare il potenziale di contatto rendendolo ininfluenza sulla FEM.

Ricordando poi che, in accordo con la teoria di Debye - Hückel per soluzioni *diluite* di elettroliti, è valido assumere che *il coefficiente di attività di uno ione non dipende dalla sua natura ma solo dal suo numero di carica e dalla forza ionica* e ciò comporta che per un elettrolita binario MA con

$$|z^{+}| = |z^{-}| \quad \text{si ha:}$$

$$f_{+} = f_{-} \quad (5)$$

e quindi

$$58 \quad f_{\pm} = (f_{+} \times f_{-})^{1/2} = (f_{+}^2)^{1/2} = f_{+} = f_{-} \quad (6)$$

Ossia per soluzioni *molto diluite* di CuSO_4 :

$$f_{\pm \text{CuSO}_4} = f_{\text{Cu}^{2+}} \quad (7)$$

Inoltre, essendo anche:

$$m_{\text{Cu}^{2+}} = m_{\text{CuSO}_4} \quad (8),$$

per soluzioni *molto diluite* di CuSO_4 si può scrivere :

$$a_{\text{Cu}^{2+}} = f_{+ \text{Cu}^{2+}} \times m_{\text{Cu}^{2+}} = f_{\pm \text{CuSO}_4} \times m_{\text{CuSO}_4} = a_{\pm \text{CuSO}_4} \quad (9)$$

e la (9) permette, nel caso di soluzioni *molto diluite* di CuSO_4 , di formulare sia la (2) che la (4) in termini di *attività ionica media*.

Infine si ricorda che, per soluzioni *diluite* di elettroliti forti completamente dissociati in ioni vale la legge *limite* di Debye e Hückel, cioè:

$$\log f_{\pm} = -A \cdot z^{+} \cdot z^{-} \cdot \sqrt{I} \quad (10)$$

dove:

A = costante che dipende dal solvente e dalla temperatura = 0,509 per H_2O a 25°C

I = forza ionica della soluzione

$$= 1/2 \sum_i (m_i / m_i^{\circ}) \cdot z_i^2 \quad (11)$$

Perciò per la soluzione di CuSO_4 $10^{-3} m$, per cui:

$$I = 1/2 (10^{-3} \times 2^2 + 10^{-3} \times (-2)^2) = 4 \times 10^{-3}$$

a 18°C (temperatura dell'esperimento) si ottiene:

$$\log f_{\pm} = -0,50 \times 2 \times 2 \times \sqrt{(4 \times 10^{-3})} = -0,126$$

da cui : $f_{\pm} = 0,748$.

Perciò l'attività ionica media della soluzione della semipila di riferimento è data da:

$$a_{\pm} = f_{\pm} \cdot m_{\text{CuSO}_4} = 0,748 \cdot 10^{-3} \quad (12)$$

In definitiva la (4) diventa :

$$\text{FEM} = (RT/2F) \ln [a_{\pm \text{CuSO}_4} (\text{aq. conc.}) / 7,48 \times 10^{-4}] \quad (13)$$

L'esperimento, che è suddiviso in due parti, consiste proprio nell'utilizzare la (13) per calcolare le attività ioniche medie ed i coefficienti medi di attività ionica relativi ad alcune soluzioni diluite di CuSO_4 , dopo avere misurato le FEM di diverse pile a concentrazione del tipo (3) allestite con tali soluzioni.

A tale scopo si fanno assemblare le pile schematizzate nella tabella n.I sotto riportata.

Dopo la misura della FEM, si effettuano in aula i calcoli dell'attività ionica media e del coefficiente medio di attività ionica relativi alle soluzioni esaminate, sottolineando in particolare che per la soluzione riguardante il complesso cupro-ammoniacale l'attività ionica media risulta molto bassa, il che può accadere perché, come in questo caso, pur essendo elevata la concentrazione, è estremamente basso il coefficiente di attività ionico medio[7].

Mediante alcuni esempi opportuni, si può quindi porre in risalto che i coefficienti medi di attività ionica, oltre ad assumere valori estremamente bassi, possono essere anche maggiori di uno.

E in tale contesto si può dire che l'attività ionica media di un soluto dipende, oltre che dalla concentrazione e dalla forza ionica, anche dalla presenza di specie complessanti e dal solvente evitando malintesi e luoghi comuni che spesso, come è stato posto in evidenza in questa rivista [8], sorgono e sono abbastanza diffusi a proposito del concetto di "ione libero" e della "risposta di un elettrodo".

STRUMENTI E SOSTANZE

Termometri

voltmetri digitali (Tester digitali) con alta impedenza d'ingresso

beaker da 100 mL e matracci tarati di diversa capacità

carta da filtro

carta vetrata, fili elettrici, ecc.

$\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$

soluzione di NH_3 1 M (1,7%)

soluzione satura di KNO_3

lamine di rame

HNO_3 diluito per pulizia delle lamine di Cu

PROCEDIMENTO

Pulire le lamine di Cu con carta vetrata o tela-smeriglio fine e quindi immergerle per qualche istante in HNO_3 diluito ed infine risciacquare con acqua distillata ed asciugare.

Dopo avere preparato le varie soluzioni necessarie indicate nella tabella n.1 riportata sotto, allestire le pile A), B), C) e D), versando ciascuna soluzione in un beaker (circa due terzi della capacità) ed immergendo una lamina in ciascuna soluzione. Ritagliare una striscia di carta da filtro larga 1-2 cm e lunga 10-15 cm, piegarla in due e bagnarla nella soluzione satura di KNO_3 . Quindi collegare le due soluzioni immergendovi le estremità di tale striscia.

Misurare la FEM della pila con il voltmetro digitale (tester), effettuando una lettura ogni 2 minuti fino a stabilizzazione della FEM (variazione inferiore a 2 mV al minuto) e riportare i valori ottenuti nella tabella.

Per la seconda parte dell'esperimento, ad un litro di soluzio-

ne acquosa di NH_3 1 M si aggiungono 0,001 moli di $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ formando così una soluzione di complesso $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ approssimativamente in concentrazione 10^{-3} m .

Si invitano quindi i gruppi di studenti ad allestire la pila (E), misurare la relativa FEM ed utilizzarne il valore per i calcoli successivi di tabella n.1

A titolo di esempio, nella tabella n.1 sono riassunti i risultati ottenuti nell'esperimento a 18°C .

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Se si ritiene opportuno, i risultati ottenuti si possono utilizzare eventualmente anche per disegnare il grafico di $\log f_{\pm}$ sperimentale contro \sqrt{I} .

Comunque il fatto che i valori sperimentali di f_{\pm} delle prime tre soluzioni si discostino poco da quelli calcolati con la (10) e la (11) confermano la validità della teoria di Debye-Hückel fino a concentrazione 10^{-2} m nel caso di CuSO_4 .

La legge *limite* di Debye-Hückel invece non è valida per la soluzione di CuSO_4 $2 \times 10^{-2} \text{ m}$ e tanto meno per la soluzione in cui si ha la formazione del complesso $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la collaborazione i periti tecnici: sig. Bartolomeo Di Lorenzo e sig. Raffaele Adornato.

Si ringrazia inoltre il prof. Pietro Lanza per alcune utili osservazioni e l'interesse dimostrato per questo lavoro.

Infine un ringraziamento è dovuto anche ai Revisori ed al prof. Paolo Mirone per alcuni suggerimenti e consigli.

BIBLIOGRAFIA

[1] R.J.Tykodi, *Journal of Chemical Education*, 1986, vol.63, n.7, pp.582-585.

[2] P. Mirone, *La Chimica nella Scuola*, 1987, n. 2, p. 3.

[3] P. Lanza, M.G.Mandò, *La Chimica nella Scuola*, 1989, n. 3, pp.16-18.

[4] P.W. Atkins, *Chimica fisica*, Zanichelli, Bologna, 1989, pp.262-263.

[5] L. Antropov, *Theoretical Electrochemistry*, Mir Publishers, Mosca, 1972, pp.230-231.

[6] P. Lanza, *La Chimica nella Scuola*, 1999, n. 1, p.4.

[7] P. Lanza, *La Chimica nella Scuola*, 2000, n. 1, p. 6.

[8] P. Lanza, *La Chimica nella Scuola*, 1999, n. 1, pp.3-7.

Tabella 1

Pila	FEM (18°C) (V)	a_{\pm} calcolato con la (13)	f_{\pm} calcolato con la (9)	f_{\pm} calcolato con le (10) e (11)
A) $\text{Cu}/\text{CuSO}_4 10^{-3} \text{ m} // \text{CuSO}_4 2 \times 10^{-3} \text{ m}/\text{Cu}$	$7,08 \times 10^{-3}$	$13,2 \times 10^{-4}$	0,660	0,662
B) $\text{Cu}/\text{CuSO}_4 10^{-3} \text{ m} // \text{CuSO}_4 5 \times 10^{-3} \text{ m}/\text{Cu}$	$15,9 \times 10^{-3}$	$26,5 \times 10^{-4}$	0,530	0,522
C) $\text{Cu}/\text{CuSO}_4 10^{-3} \text{ m} // \text{CuSO}_4 10^{-2} \text{ m}/\text{Cu}$	$21,3 \times 10^{-3}$	$40,8 \times 10^{-4}$	0,408	0,398
D) $\text{Cu}/\text{CuSO}_4 10^{-3} \text{ m} // \text{CuSO}_4 2 \times 10^{-2} \text{ m}/\text{Cu}$	$26,5 \times 10^{-3}$	$61,8 \times 10^{-4}$	0,309	0,272
E) $\text{Cu}/\text{CuSO}_4 10^{-3} \text{ m} // \text{CuSO}_4 10^{-3} \text{ m}; \text{NH}_3 1 \text{ m}/\text{Cu}$	- 0,428	$1,18 \times 10^{-18}$	$1,18 \times 10^{-15}$	0,660*

* Questo valore è stato calcolato tenendo in considerazione che alla forza ionica contribuiscono ovviamente anche gli ioni NH_4^+ e OH^- in equilibrio con NH_3 in eccesso



Gentile collega, riprenderò un tema, altre volte comparso su questa rivista, cercando, se possibile, di non annoiarti. Desidero infatti di ritornare su di una questione per me della massima importanza.

Intendo parlare della Didattica della Chimica come disciplina da praticare, come oggetto della ricerca e come fondamento dell'insegnamento.

Parlare di un ipotetico nuovo campo di ricerca in tempi come questi, nei quali la ricerca tradizionale si trova in difficoltà per carenza di finanziamenti, per l'impossibilità di assumere nuovi ricercatori e quindi per abnorme invecchiamento degli organici universitari, può sembrare velleitario tuttavia è mia convinzione che la ricerca in campo didattico stia alla base della formazione universitaria degli insegnanti, della loro formazione in servizio e quindi, vorrei ribadirlo, di ogni vera riforma della scuola.

Con questo non voglio sottovalutare le riforme strutturali della scuola, ma sono convinto che queste vengano in subordine rispetto al rinnovamento professionale dei docenti, inversamente ritengo che un docente adeguatamente preparato possa operare efficacemente anche dall'interno di strutture non riformate.

In passato i corsi di aggiornamento vertevano essenzialmente sulla rivisitazione e sull'approfondimento dei contenuti disciplinari; coerentemente con questa impostazione non è mai esistita una laurea specifica per l'insegnamento della chimica. Il docente è un laureato in chimica o in qualche altra disciplina scientifica ed il suo insegnamento dipende dalle sue doti spontanee di generico comunicatore. In altre parole non si riconosce nessuna specificità alla comunicazione scientifica o alla comunicazione chimica.

Questo tipo d'insegnamento tuttavia da sempre assolve la sua funzione, quindi non stiamo parlando di una pratica deteriorata ed inefficace, bensì di un insegnamento che ha fornito anche risultati qualitativamente pregevoli; a mio avviso questo tipo d'insegnamento ha il suo punto debole nella produttività, intesa sia come percentuale di alunni che superano un livello di preparazione giudicato sufficiente, sia come numero di alunni che raggiungono un livello di eccellenza. L'insegnamento tradizionale entra in crisi a mio parere con l'evoluzione della società civile e l'affacciarsi di nuovi problemi. Scienza e tecnologia, ma anche le altre forme di conoscenza, sono in rapido sviluppo, le loro applicazioni trasformano in continuazione il mondo in cui viviamo; Produzione e consumi, stili di vita e benessere sono sempre più marcatamente trainati dall'evoluzione culturale e quindi anche dalla ricerca scientifica: tutto ciò impone il massimo

sforzo per elevare la cultura media della popolazione allo scopo di salvaguardare con il benessere la giustizia e la democrazia.

La scuola tradizionale a tutti i livelli, ha cercato di soddisfare questa esigenza, ampliando il più possibile l'utenza specialmente di coloro che avrebbero proseguito gli studi oltre la scuola dell'obbligo.

Questo sforzo, mai adeguatamente compreso e sostenuto dai ministeri preposti, è passato più che attraverso un potenziamento delle strutture attraverso un'attenuazione della selezione con un generale abbassamento della qualità dell'istruzione; l'onda di dequalificazione non ha tardato a ripercuotersi sui corsi universitari e sulle professioni.

Bisogna ammettere che con l'evoluzione delle singole discipline e la formazione di sempre più complesse strutture interdisciplinari, diviene problematico fornire attraverso l'insegnamento un'immagine sintetica ma corretta dello stato dell'arte, tanto più che la scuola è perdente sul piano dell'attualità rispetto ad altre agenzie informative.

Quale ipotesi di lavoro può fare sì che la scuola sia all'altezza dei tempi?

Devono evidentemente essere introdotte alcune forti innovazioni, ad esempio una scuola che, oltre ad *effettuare un continuo aggiornamento dei contenuti disciplinari, individui i fondamenti teorici della didattica ed adotti metodi di insegnamento non generici ma specifici per le singole discipline e per le specifiche situazioni di apprendimento.*

Banalmente potremmo dire che gli insegnanti dovrebbero abbandonare una professionalità genericamente intesa per specializzarsi.

Ecco quindi emergere l'annoso problema di introdurre nella formazione dei docenti sia la Didattica Generale che la Didattica Disciplinare che nel nostro caso si chiamerà Didattica della Chimica o, meno specificamente, Didattica Scientifica, se riferita alle scienze sperimentali.

A questo punto però il nostro discorso rischia di cadere nel dominio delle cose opinabili a meno di un attento approfondimento.

La Didattica della Chimica è materia non facile da definire, specialmente in carenza di una specifica ricerca: sicuramente presuppone una conoscenza sufficientemente approfondita e ragionevolmente aggiornata della Chimica per farne emergere i contenuti essenziali (irrinunciabili); richiede che vengano chiariti i vincoli materiali e psicopedagogici entro i quali si deve operare; dovrà indicare i metodi più efficaci per l'insegnamento dei suddetti contenuti. Queste operazioni richiedono tra l'altro di attingere ai contenuti di altre di-

scipline, intese come discipline ancillari.

Quanto detto per la Chimica naturalmente ha carattere del tutto generale.

Omettendo in questa sede di considerare le discipline ancillari della Chimica, per la Didattica della Chimica si dovrà attingere risorse dall'Epistemologia, dalla Storia della Chimica, dalla Pedagogia, dalla Psicologia dell'apprendimento e della ricerca, dalla Docimologia ecc..

Si dovranno individuare gli ostacoli all'apprendimento della Chimica sotto il profilo cognitivo.

È possibile che tutto ciò avvenga spontaneamente, all'interno delle scuole, sotto forma di autoaggiornamento? Evidentemente no.

Ciò che occorre è un'attività di ricerca da sviluppare a livello universitario, inevitabilmente in collaborazione con gli insegnanti stessi.

Evidentemente una simile attività (ricerca didattica e corso di laurea per insegnanti) comporta un'attività interdipartimentale, interferendo in questo modo con i delicati equilibri accademici da un lato e con gli equilibri burocratici del MIUR dall'altro.

I problemi che ne scaturiscono potrebbero in parte spiegare le difficoltà che si incontrano nel portare avanti un simile punto di vista e fa temere che, pur essendo l'operazione necessaria

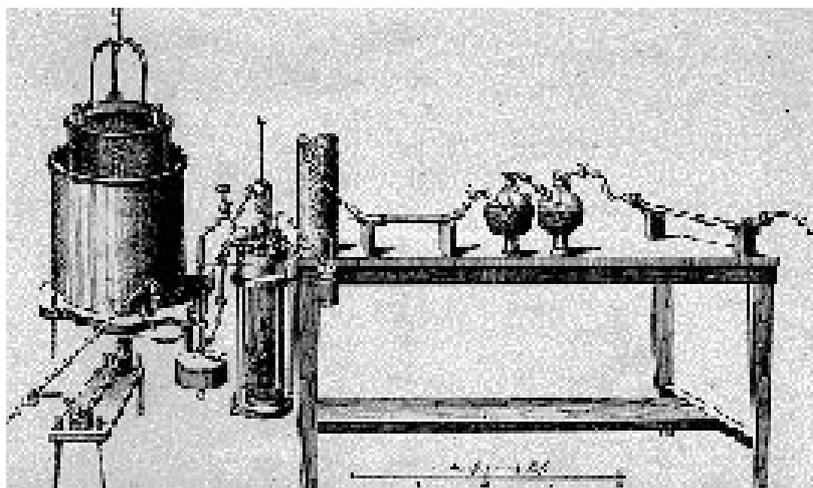
al progresso del paese, possa essere confinata nel regno dell'utopia. Il discorso fatto per la Chimica naturalmente va ripetuto in misura variabile per tutte le altre discipline.

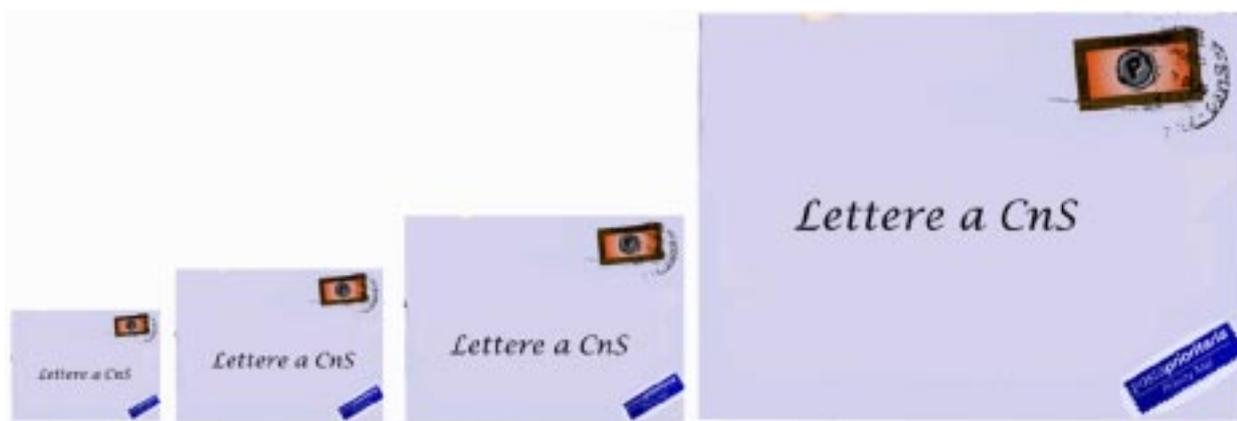
In questi giorni per ragioni di lavoro redazionale ho fatto una veloce bibliografia su CnS a partire dal 1979. Ho potuto toccare con mano lo sforzo compiuto in questi venticinque anni da universitari e insegnanti per dare vita ad una ricerca in campo didattico e per sostenere l'aggiornamento dei docenti. Ancora una volta dalla lettura degli articoli balza evidente che una simile iniziativa passa attraverso una stretta collaborazione tra ricercatori e insegnanti; a questo scopo occorrerebbe utilizzare nel migliore dei modi l'autonomia universitaria, il decentramento scolastico e adeguati finanziamenti, anche da parte di privati.

Gli insegnanti non sempre hanno mostrato di comprendere l'importanza di rinnovare e valorizzare la loro professione, essi per amore di quieto vivere, perché succubi delle circolari o perché affetti rispetto alla burocrazia ministeriale da una vera e propria "sindrome di Stoccolma", hanno spesso opposto un muro d'indifferenza.

Gentile collega, perdona questo sfogo ma indirettamente ti ho anche esposto la ragion d'essere di CnS. Se pensi che valga la pena non demordere, offri la tua collaborazione alla rivista.

Ti saluto molto cordialmente





Imitare non è copiare

Caro Direttore, a causa dell'età probabilmente sono divenuto un poco apprensivo e quando scrivo sulla rivista, ho sempre il timore di essere equivocato. Forse sottovaluto i nostri lettori oppure sopravvaluto quanto ho scritto, comunque sia eccomi ancora una volta a farti perdere del tempo, tanto più che gradirei anche due parole di risposta da parte tua.

Nella precedente rubrica "Lettera al lettore" ho parlato d'imitazione come di un momento qualificato dell'apprendimento. Con quest'affermazione intendevo dire che l'imitazione può rappresentare il primo passo dell'apprendimento, un apprendimento che potrebbe secondo Ausubel essere classificato come meccanico.

L'imitazione è di norma subito seguita da una fase d'immedesimazione e di presa di coscienza, per cui il processo non è più solamente meccanico ma tende a divenire consapevole; si riflette sulle operazioni compiute, che vengono così interiorizzate, ed anche le operazioni motorie si possono tramutare in operazioni mentali.

Quindi imitazione come innesco di un processo che porterà alla consapevolezza di quanto si è appreso.

Penso che l'imitazione sia una operazione abbastanza vicina ad un'altra di cui tu spesso mi hai parlato cioè l'addestramento (esercitazione). Ambedue infatti possono rappresentare l'inizio di un più complesso processo di apprendimento.

L'imitazione si presta però a subire delle distorsioni. Nel caso in cui non si vada oltre la fase manuale, come era previsto un tempo in certe scuole professionali, si realizza una specie di operatività acefala, un condizionamento negativo di castrazione culturale.

Ma i potenziali guai dell'imitazione non sono finiti. Mi ritorna infatti alla mente un docente che trovandosi per la prima volta a fare parte di una commissione di lavoro dell'IRRSAE, preoccupato di apparire incompetente, mi pregò di fornirgli qualche relazione della commissione "per impadronirsi dei termini e del linguaggio che la commissione usava"; non si preoccupava, come doveroso, di documentarsi sui contenuti dei lavori ma di impadronirsi (per imitazione) del gergo usato (a quel tempo una sorta di didattichese) per lasciare intravedere una competenza che di fatto non possedeva.

62 In questi casi l'imitazione è ridotta ad una semplice copiatura di termini e di frasi attraverso i quali il soggetto allude a teorie che non padroneggia, usa concetti malamente adom-

brati e mai chiariti fino in fondo.

Questa procedura risulta particolarmente improduttiva se usata da coloro che, non rendendosi pienamente conto dei loro limiti, vogliono esibirsi ad esempio nello scrivere articoli di didattica. Questo delicato problema non deve essere sottovalutato dalla redazione.

Nessuno di noi chimici, salvo rarissime eccezioni, è un esperto di psicopedagogia, di psicologia dello sviluppo, di epistemologia e via di seguito. Noi siamo dei fruitori di queste conoscenze, noi facciamo della didattica applicata e quindi dobbiamo sapere utilizzare queste conoscenze con un minimo di competenza e di coerenza.

Proprio per questo, quando è possibile, dobbiamo appoggiare le nostre affermazioni su di un solido corpo bibliografico.

Esiste, inutile nasconderselo, anche un problema bibliografico: non possiamo passare in rassegna la bibliografia su questi argomenti con lo stesso spirito con cui facciamo la ricerca bibliografica in chimica; come ho già avuto occasione di dire, la bibliografia in questi campi è immensa e quindi, per certi versi, ingestibile nella sua totalità, si tratta quindi di fare una bibliografia selezionata e pertinente, meglio se basata su nomi di prestigio.

Su di un altro versante esiste la possibilità di fare, in tutta dignità, della ricerca didattica, e quindi di scrivere articoli, operando empiricamente e creativamente cioè basandosi sulla sperimentazione e su di una esperienza consolidata. Di questo tipo di lavori la nostra rivista, che naturalmente non si alimenta solamente di articoli di soperesperti, ha fornito nei suoi venticinque anni di vita numerosi esempi.

Ci sono anche lavori a carattere intermedio cioè di tipo sperimentale con alcune aperture sulla teoria.

Concludendo l'imitazione ci può condurre a scrivere buoni articoli la copiatura no.

Caro Direttore non t'invio per i compiti che ti attendono, tra questi sicuramente c'è quello di riuscire a separare, con l'aiuto di revisori gli articoli scritti per "imitazione" da quelli scritti per "copiatura" di concetti. La buona qualità della rivista, si sa, attira gli autori validi ma il pressapochismo li mette in fuga.

Ti saluto con la promessa di non farmi più vivo per un pezzo e di lasciare spazio alle lettere di altri che spero numerose.

Ermanno Niccoli

Marzo - Aprile 2004

«I buoni» e «i cattivi»

Caro professor Todesco, ho letto con partecipazione (e un po' di commozione) la sua testimonianza sulla guerra apparsa in forma di editoriale nel N. 4/2003 di CnS, sotto il titolo "Vale la pena di continuare a ricordarsi?". Qui a Bari – una città in cui lei ha lasciato tanti cari ricordi tra i suoi colleghi e i suoi studenti – la domanda non può che suonare retorica: certo, dobbiamo ricordare! E, anche se non lo volessimo, un triste lascito della seconda guerra mondiale viene fuori, con cadenza più o meno annuale, a ricordarcelo: puntualmente qualche sfortunato pescatore, recuperando le reti, si procura estese ustioni alle parti esposte. Evidentemente le reti hanno lambito sul fondo un agente vescicante. Si tratta delle circa cento tonnellate di iprite mal contenute da qualche migliaio di ordigni affondati nel 1947 nelle acque dell'Adriatico a Nord di Bari. Giusto 60 anni fa, il 2 dicembre 1943, la *Luftwaffe* bombardò di sorpresa il porto di Bari. In quella che fu definita «una piccola *Pearl Harbor*», furono affondate numerose navi alleate. Tra queste, la *John Harvey*, contenente ordigni all'iprite. Gli effetti del «gas mostarda» liberatosi nelle esplosioni furono gravissimi, anche a causa della segretezza sulla presenza e la natura dell'aggressivo (la censura militare non è stata ancora tolta; lo sarà, in Inghilterra, solo nel 2015, quando tutti i testimoni diretti saranno sicuramente morti ...): i casi accertati di contagio furono 617, con una percentuale di decessi di circa il 14%¹ (in realtà i morti ascrivibili all'iprite, a Bari, devono essere di più perché non si può dire quanti poi sono deceduti a causa degli effetti tossici cronici del gas mostarda). Alla fine delle ostilità, i contenitori ancora sani furono ripescati e buttati in mare, al largo. Probabilmente alcuni di questi, ormai usurati, hanno liberato il contenuto e questo si è stratificato sul fondale avendo, alla temperatura di quella profondità, la consistenza di una pasta semisolida più densa dell'acqua. Nel '43 eravamo ormai passati dalla parte de «i buoni» eppure anche «i buoni» possedevano armi di distruzione di massa (come deterrente e come possibile mezzo di ritorsione in caso di uso da parte dei nemici, fu poi spiegato). Del resto, come lei ha ricordato nell'editoriale, quando eravamo «i cattivi» noi stessi avevamo fatto uso di fosgene, iprite e arsine nelle guerre d'Oltremare². Pertanto, la domanda che quest'oscuro episodio del secondo conflitto mondiale pone, è: "In una guerra, una qualsiasi, esistono veramente «i buoni» e «i cattivi»?".

1 G. B. Infield, *Disastro a Bari*, Adda, Bari 2003, seconda edizione aggiornata (ed. USA 1971).

2 A. Del Boca, *I Gas di Mussolini*, Editori Riuniti, Roma 1996

Giovanni Lentini
glentini@farmachim.uniba.it

Risponde il Prof. Paolo Edgardo Todesco

Ho letto con interesse la lettera del prof. Lentini che mi ha fatto conoscere il fatto dell'affondamento nel porto di Bari di navi contenenti tonnellate di iprite, provocato da un bombardamento tedesco su navi alleate che lo contenevano nel dicembre del '43. Sono certamente dispiaciuto dai 617 contagiati di cui il 14% con effetto letale citati dal prof. Lentini. Il mio articolo però non divideva il mondo in buoni e cattivi a seconda della parte da cui stavano in tempo di guerra. La mia formazione cattolica mi fa ritenere che la guerra sia sempre un male da evitare in tutti i modi, come hanno sempre affermato tutti gli ultimi pontefici, da Pio XI a Pio XII, da Giovanni XXIII a Giovanni Paolo II. Ho solo ricordato che il governo italiano nel '38, in tempo di pace, decise che una buona parte della sua popolazione, gli ebrei, e anche altre minoranze presenti come zingari o oppositori politici, non aveva la pienezza dei diritti civili. Questo era e rimane sicuramente un male da non dimenticare. Anche la scelta di entrare in guerra assolutamente impreparati, al fianco della Germania nazista, che in fatto di razze aveva tutta una serie di teorie aberranti e che sognava una Europa unificata e germanica in cui le razze inferiori avrebbero servito la razza superiore tedesca e' stato sicuramente un male da condannare e da ricordare nei tempi futuri.

Ricordo anche che nel '43, quando sotto la repubblica di Salò gli ebrei venivano mandati nei campi di concentramento per la soluzione finale, noi abitanti del nord non eravamo ancora passati dalla parte dei "buoni" e arrivare vivi fino alla primavera del '45 fu una fortuna che non capito' a tutti, sia che fossero ebrei o semplici cittadini italiani, e il numero di quelli che non ce la fecero fu assai più' elevato dei 617. Continuo quindi a ritenere che quelli che allora ci governavano abbiano gravemente sbagliato e vorrei che gli attuali governanti non se ne dimenticassero, come invece tendono a fare.

ACHILLE E LA TARTARUGA

a cura di **FRANCESCA TURCO**

L'insegnamento efficace



disegno di **Kevin Pease**
sito <http://cerulean.st/tower/art12.htm>

Riassunto

È recensito il sito "L'insegnamento efficace", curato dal Professor Liberato Cardellini, sito articolato in una serie di articoli sulla didattica delle scienze, raggruppati per argomento. Gli articoli, di ottimo livello, sono a cura di docenti di provata esperienza: anche il punteggio globale del sito, per quel che riguarda la qualità del materiale è dunque insolitamente elevato per la rete.

Abstract

"L'insegnamento efficace" (*The effective teaching*), the site edited by Professor Liberato Cardellini, is described. The site consists of a collection of articles, grouped according to the subject. Articles, written by teachers of great experience, are good-quality, and therefore the whole site is to an unusually high degree.

Propongo nuovamente un sito che sicuramente molti lettori già conoscono, ma che sarebbe inopportuno trascurare. Ospitato all'interno del sito dell'università di Ancona, all'indirizzo <http://www.wcsi.unian.it/educa/index1.html>, si trova l'indice delle pagine dedicate a L'insegnamento Efficace redatte dal Professor Liberato Cardellini. Il sito è composto da una raccolta di articoli di vari autori sulla didattica, delle scienze in particolare, che propongono metodi di insegnamento, consigli, riflessioni sull'apprendimento. Gli autori sono tutti docenti coinvolti a fondo nella riflessione sulla didattica, dunque competenti, gli articoli presentati sono tutti firmati e molti presentano una bibliografia: il sito si classifica dunque al punteggio più alto nella valutazione della qualità del materiale presente in Rete che avevo proposto su queste pagine;¹ e in effetti i testi sono di ottimo livello e veramente utili per spunti e riflessioni (diversi sono tratti da questa rivista).

Nella parte destra della pagina si trova un elenco degli articoli presenti disposti in ordine cronologico, strumento sicuramente apprezzabile dallo storico e utile per i lettori che vorranno visitare il sito periodicamente: le novità saltano immediatamente agli occhi (è una pratica che consiglio perché a intervalli viene aggiunto nuovo materiale). Per una prima visita è invece più agevole utilizzare i collegamenti sulla sinistra, che raggruppano gli articoli per temi; descriverò dunque alcune pagine a partire da questi raccoglitori. Gli articoli presenti sono molti, e come dicevo di buon livello, ne presenterò dunque qui un paio scelti a mio gusto, ma

consiglio a ciascuno di fare un esame indipendente e più completo: troverete sicuramente molto altro.

La prima sezione (in ordine alfabetico) riguarda l' 'Apprendimento cooperativo': in "Invece della solita lezione" del Professor Richard Felder troverete due suggerimenti per coinvolgere gli studenti nella lezione e mantenere quindi un buon livello di attenzione senza dover sacrificare gran parte del tempo, e quindi del programma. L'articolo contiene alcuni riferimenti bibliografici per approfondimenti.

Seguono 'Didattica a distanza', 'Filosofia della scienza', riflessioni su 'La valutazione' e la sezione 'Mappe concettuali', dove compaiono diversi articoli che spiegano struttura e scopo delle mappe, con altri suggerimenti per un approccio all'insegnamento efficace.

'Pedagogia' è una sorta di contenitore per miscellanea, vi trovano infatti posto diversi articoli piuttosto eterogenei, tutti estremamente interessanti. Alcuni sono dettagliati e suggeriscono soluzioni operative a problemi ben definiti, altri sono introduttivi a teorie ben note o di commento. Non ne segnalo nessuno in particolare, consigliando una lettura a tappeto, per lo meno a quegli insegnanti che non sono coinvolti da lungo tempo nella riflessione sulla didattica.

La sezione seguente riguarda il 'Problem solving'. Molto breve, operativo e immediato l'articolo della Professoressa Antonella Casarini presenta il procedimento che permette di superare la difficoltà ad elaborare soluzioni articolate su più passaggi, difficoltà comune a molti studenti.

Sono poi presentati alcuni 'Progetti' messi in atto allo scopo di coinvolgere attivamente gli studenti e altre 'Strategie d'insegnamento', fra le quali ciascuno potrà pescare quanto gli paia più appropriato, una riflessione sullo 'Sviluppo cognitivo' e molto altro. In breve: buona navigazione.

P.S.: il sito prevede un 'forum', che non è purtroppo mai decollato (ma non si sa mai...)

1 F. Turco, L. Cerruti "Marie Curie, nata Marya Skłodowska. L'immagine virtuale - III parte", *Chimica nella Scuola*, XXIII, 2, pp. 43-54 (2001). La valutazione era qui riferita a materiale di carattere storico, ma con pochissimi adattamenti può essere esteso ad altri argomenti.