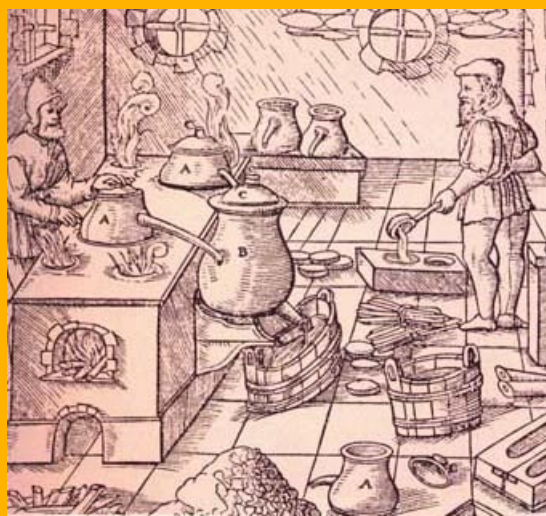


Giornale di Didattica della Società Chimica Italiana

CnS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA



MOLE E QUANTITÀ DI SOSTANZA

34^a OLIMPIADE I RISULTATI

FORUM INDIRE

CIÒ CHE TUTTI DOVREBBERO
SAPERE SULLA CHIMICA



Società Chimica Italiana

Anno XXIV
Settembre - Ottobre 2002

Direttore responsabile

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

Redattore

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

Comitato di redazione

Liberato Cardellini, Giacomo Costa (*Presidente della Divisione di Didattica*), Pasquale Fetto, Ermanno Niccoli, Raffaele Pentimalli, Pierluigi Riani, Paolo Edgardo Todesco

Comitato Scientifico

Luca Benedetti, Aldo Borsese, Carlo Busetto, Rinaldo Cervellati, Luigi Cerruti, Giacomo Costa, Franco Frabboni, Gianni Michelon, Ezio Roletto, Eugenio Torracca

Editing

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

Periodicità: bimestrale (5 fascicoli all'anno)

Abbonamenti annuali

Italia L.90.000 ec 50 - Estero L. 110.000 62
Fascicoli separati Italia L. 20.000 € 12 €
Fascicoli separati Estero L. 25.000 € 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@gora.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 srl
S. Giorgio di P. (BO) - Tel. 0516650024

SOMMARIO

EDITORIALE

In difesa della "pedanteria" **109**
di *Paolo Mirone*

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Osservazioni sul concetto di quantità di sostanza
e sulla mole **111**
di *Francesca Turco, Luigi Cerruti*
About the mole and the amount of substance. *Abstract*

Tutto ciò che tutti dovrebbero sapere sulla chimica **120**
di *John Holman*

Un'esperienza di formazione in rete: il Forum INDIRE **123**
di *Maria Vittoria Massidda, Pierluigi Riani*

ESPERIENZE E RICERCHE

Apprendimento cooperativo: applicazione a un'unità
didattica di elettrochimica **126**
di *Beatrice Aimi, Vittoria Stagni, Luigi Cervellati*
Cooperative Learning: an application to a didactic unit
on electrochemistry. *Abstract*

HIGHLIGHTS

Intervista a Hans-Jürgen Schmidt **134**
di *Liberato Cardellini*

GIOCHI DELLA CHIMICA

34^a Olimpiade: i risultati **138**
di *Mario Anastasia*

RUBRICHE

UNO SGUARDO DALLA CATTEDRA **141**
Dubbi e sconcerto di un aspirante costruttivista

ACHILLE E LA TARTARUGA **143**
Contatti via e-mail

DALLA DIVISIONE **140**
La Divisione: soggetto qualificato per la formazione del
personale della scuola (D.M.)

RECENSIONE **125**

IN DIFESA DELLA “PEDANTERIA”

Secondo il dizionario Zingarelli, pedanteria è la “cura eccessiva per le regole grammaticali o d’altro genere”. Se fra le regole “d’altro genere” comprendiamo anche quelle che dovrebbero governare il linguaggio di una scienza esatta, come è oggi la chimica, parlando di un argomento chimico dovrebbe essere difficile eccedere nella cura per la precisione. Eppure mi è capitato più di una volta, dopo aver fatto un’osservazione di carattere terminologico, di sentirmi guardato con un’aria un po’ strana, l’aria appunto con cui si guarda un pedante.

Per spiegare che cosa intendo farò tre esempi, elencati in ordine decrescente di (presunta) pedanteria.

1. Sono sicuro che se si chiedesse a un campione di insegnanti di chimica di rispondere alla domanda: << I due termini “elemento” e “sostanza elementare” sono sinonimi? >>, la grande maggioranza risponderebbe affermativamente. In realtà è necessario distinguere fra i due concetti: infatti parecchi elementi possono esistere, a temperatura e pressione ambiente, in due o più forme allotropiche, cioè a un dato elemento possono corrispondere due o più sostanze elementari. Queste sono designate con lo stesso nome dell’elemento seguito da un aggettivo che le caratterizza, come nei casi di fosforo, zolfo, stagno, oppure la forma più stabile è indicata con lo stesso nome dell’elemento e l’altra con un nome proprio, come nel caso dell’ossigeno. Ma esiste un caso, quello del carbonio, in cui nessuna delle forme allotropiche oggi conosciute (grafite, diamante, fullereni) porta il nome dell’elemento, cioè non esiste nessuna sostanza elementare chiamata carbonio. Queste considerazioni mostrano l’opportunità di

tenere conto, anche in sede didattica, della distinzione fra i due concetti, ovviamente in situazioni in cui i ragazzi dovrebbero già aver chiaro il concetto di sostanza chimica, cioè a livello secondario superiore.

2. In una guida per insegnanti uscita recentemente si legge la seguente frase: “Nelle condizioni usuali di pressione e temperatura le molecole piccole sono generalmente gassose, mentre quelle grandi sono liquide e solide”. Questo modo di esprimersi, in cui si attribuiscono a oggetti submicroscopici quali le molecole proprietà macroscopiche come uno stato di aggregazione, potrà essere tollerabile in una conversazione fra specialisti, dove non c’è rischio di confusione, ma certamente non in un discorso rivolto ad insegnanti, che potrebbero sentirsi autorizzati a rivolgersi negli stessi termini ai propri allievi. Nell’insegnamento della chimica a livello secondario esiste già una certa confusione fra il livello macroscopico e quello submicroscopico della chimica, confusione che produce effetti paradossali come quello emerso durante un’indagine sulle concezioni delle matricole di Chimica delle Università di Modena e Torino, in cui vari studenti hanno classificato come sostanze composte non già quelle formate da diversi elementi, ma quelle la cui molecola è costituita da più atomi, anche se identici (“l’ossigeno è già un composto” ha scritto uno studente). Sarebbe desiderabile che le guide per insegnanti non contribuissero ad accrescere questa confusione.

3. In vari testi di scienze per la scuola media, ed anche in qualche testo di chimica per la secondaria

superiore, compare un'illustrazione che mostra un tratto di mare in cui galleggiano alcuni iceberg sovrastati da nuvole. La didascalia dice più o meno così: "La figura mostra i tre stati di aggregazione in cui si può trovare l'acqua: liquido, solido e vapore". In realtà il vapore acqueo, cioè l'acqua allo stato gassoso, è invisibile perché l'acqua è una sostanza incolore: noi vediamo le nuvole perché queste sono formate da goccioline che diffondono la luce in tutte le direzioni.

A differenza dei due casi precedenti qui non si tratta di confusione fra due concetti affini o fra due livelli di rappresentazione della realtà, ma di un vero e proprio errore. Quindi in questo caso l'accusa di pedanteria non avrebbe alcun fondamento.

Riconosco che raccontare ai bambini delle elementari o ai ragazzini delle medie che le nuvole sono fatte di goccioline d'acqua significa dirgli solo una parte della verità. L'aria all'interno di una nuvola è

certamente umida, cioè ricca di vapor d'acqua, e in seguito a un abbassamento di temperatura questo potrà condensare andando a ingrossare le goccioline e provocando la loro caduta sotto forma di pioggia. Ma queste cose potranno essere apprese più tardi senza dover cancellare nulla di ciò che era stato imparato in precedenza. Viceversa insegnare che le nuvole sono fatte di vapore acqueo significa gettare le basi di una concezione difforme che i ragazzi porteranno con sé fino all'università e che sarà difficilissima da correggere, come ci ha mostrato l'esperienza.

In conclusione gli insegnanti dovrebbero sempre aver presente la distinzione fra semplificazione e falsificazione (intesa questa nel senso corrente, non popperiano, della parola): la prima è sempre apprezzabile, in quanto significa omettere cose non essenziali a un determinato livello scolastico; la seconda è sempre da evitare.

Osservazioni sulla quantità di sostanza e sulla mole Concetti metrici e significato metrologico della quantità di sostanza

Riassunto

L'articolo è il primo di una serie dedicata alla *mole* e alla *quantità di sostanza* (QS). Le osservazioni proseguiranno con un approfondimento di carattere storico, alcune riflessioni sulla semantica delle due espressioni in diverse lingue naturali e sullo stato dei due concetti come può emergere da una ricerca in Internet. Questo primo articolo è invece dedicato alla definizione di cosa si intende per *concetto metrico*. Adottando il punto di vista operativo di Bridgman viene analizzata la grandezza fisica denominata QS. Si precisa che - contrariamente a quanto riportato nella gran parte dei testi didattici - la mole non misura una massa né un certo numero di particelle e che è sbagliato parlare di 'numero di Avogadro'. Si dimostra infine che la QS esprime la reattività stechiometrica dei sistemi di interesse chimico.

Abstract

About the mole and the amount of substance

The article is the first of a series about mole and amount of substance. Following articles will contain historical observations, some semantic reflections on the two expressions in various natural languages and on the state of the two concepts as they come from an Internet search. This first article is dedicated to the definition of metric concept. The amount of substance is defined according to Bridgman operational point of view. It is specified that - in opposite to the great part of text books - the mole measures nor a mass neither a number of particles and it is a mistake to speak about 'Avogadro's number'. It is finally demonstrated that the amount of substance reveals the

(*) Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata - Università di Torino
C.so Massimo D'Azeglio 48 - 10125 TO
e-mail: luigi.cerruti@unito.it
e-mail: francesca.turco@unito.it

FRANCESCA TURCO^(*)

LUIGI CERRUTI^(*)

stoichiometric reactivity of chemical systems.

1. Introduzione

Qualsiasi chimico, insegnante, tecnico e professionista, sa che molti dei suoi risultati dovranno essere espressi con una particolare unità di misura, la mole, in riferimento ad una specifica proprietà fisica fondamentale dei sistemi presi in considerazione, la quantità di sostanza (QS). Tuttavia, a leggere gran parte della letteratura didattica - a qualsiasi livello - viene il dubbio che non tutti abbiano veramente riflettuto su ciò di cui stanno parlando: non solo vi sono frequenti, gravissimi errori, epistemologici e metrologici, nelle spiegazioni che riguardano la mole come unità di misura, ma sono praticamente sempre elusi i problemi conoscitivi legati alla comprensione della proprietà fisica che si vuole misurare, la QS appunto. In generale ce la si cava estraendo dalla manica (retorica) un particolare numero, spropositato, che di per sé non ha nulla a che fare con la definizione di mole (anzi: ne dipende!), fissando l'attenzione su una particolare interpretazione, errata, della unità di misura e lasciando nell'ombra¹ la proprietà fisica. I motivi per approfondire il duplice discorso sulla QS e sulla mole sono molti, e vanno dai fondamenti della filosofia della chimica alle difficoltà della didattica nella scuola secondaria e nell'Università. Essi diventeranno chiari (o almeno lo speriamo) man mano che saranno affrontati i diversi temi, di cui anticipiamo un semplice elenco:

¹ L'ombra a cui ci riferiamo è quella di Amedeo Avogadro, ed uno di noi ha dedicato ad essa una specifica ricerca.

² L'analisi si limiterà ad otto lingue appartenenti al ceppo neolatino e al ceppo germanico.

³ Nel contesto di analisi epistemologica che stiamo proponendo occorre innanzi tutto distinguere nettamente i termini |misurazione| e |misura|; si veda il "Glossario metrologico" che correda il presente articolo.

§ elementi di metrologia

§ la definizione di mole e la QS

§ la QS come proprietà fisica fondamentale

§ le misurazioni in chimica

§ evoluzione storica della QS e del modo di misurarla

§ comparazione della QS con le altre grandezze fondamentali misurate nel SI

§ semantica della definizione di mole in diverse lingue naturali²

È evidente da questo stesso elenco che spesso, nel corso della ricerca, faremo dei confronti fra ciò che riguarda la QS e ciò che concerne altre grandezze, quali massa, lunghezza, tempo, temperatura, con cui siamo più familiari, a dire il vero più per evidenze sensoriali che per ragioni epistemologiche. Vedremo subito l'utilità di simili riferimenti comparativi, perché prima di entrare nel merito della definizione di QS e di mole può essere utile rivedere alcune nozioni elementari di metrologia.

1.1 I concetti metrici

Quando si affrontano a livello filosofico i temi concernenti la misurazione si solleva una folla di problemi, appartenenti a non meno di quattro distinte questioni.[1] La prima questione, che è anche prioritaria, può essere così formulata: "Che cosa misuriamo quando misuriamo?". Che questa domanda sia prioritaria non significa affatto che possa o debba essere la prima a cui rispondere, la sua essenzialità infatti dipende dal fatto che l'esito finale del processo di misurazione, il numero che rappresenta la misura,³ una volta attribuito alla grandezza fisica che si è misurata conferisce una particolare investitura ontologica all'ente a cui 'appartiene'

la grandezza misurata. Basta pensare a pericolose sciocchezze pseudo-scientifiche come il 'quoziente d'intelligenza' per comprendere che il processo di misurazione è parte integrante della 'realtà' della proprietà misurata, ovvero della consistenza ontologica che attribuiamo a quella specifica proprietà.⁴ Se la prima è una *questione ontologica*, la seconda è una *questione epistemologica*, e cioè: "Che cosa vuol dire misurare?". L'elaborazione a proposito di questo secondo ambito di ricerca sulla misurazione diventa assai complessa quando entrano in gioco fenomeni quantistici e relativistici, ma noi ci manterremo su un terreno più tranquillo. Vi sono poi una *questione logica* ("È possibile una teoria formalizzata della misura?") ed una *questione metodologica* ("Quale è il ruolo della misura nella discussione della validità delle teorie scientifiche?"). La questione logica è fuori dalle nostre competenze, mentre all'ultimo interrogativo, alla domanda metodologica, daremo nel prossimo articolo qualche risposta *événementielles*, legata di volta in volta agli episodi che punteggiano la storia della QS e della mole.

In generale si arriva a discutere della misurazione e del concetto di misura a partire dai procedimenti di classificazione e di ordinamento non metrico,^[3] e - tutto sommato - si può seguire questo percorso, specialmente se si sottolineano certi elementi di continuità e si afferma con Sartori che "è difficile dire, ad esempio, se l'operazione di conteggio sia una forma evoluta di classificazione o una elementare di misurazione".^[4]

La *classificazione* viene considerata il primo stadio del processo di misurazione; nel caso ritenuto^[3] più semplice, di classificazione alternativa, sono dati gli enti⁵ di un certo insieme, si assume un concetto di proprietà, e si ripartisce l'insieme in due sottoinsiemi disgiunti, collocando in essi, rispettivamente, gli enti che posseggono e non posseggono quella proprietà. In realtà questo procedimento è chiaramente preceduto da una pratica di 'riconoscimento', ovvero di assegnazione degli enti all'insieme primitivo da ripartire. Vinassa de Regny fa l'esempio degli elementi chimici, ripartiti in metalli e non-metalli, ma è ovvio che occorre sapere fin dall'inizio che esistono alcune sostanze denominate [elementi], a cui

già attribuiamo delle proprietà che le definiscono come tali. Prima di classificare in sottoinsiemi le farfalle dobbiamo imparare a distinguere le farfalle. Probabilmente all'origine del processo di classificazione vi sono comportamenti esistenziali che ci accomunano agli animali, con partizioni drastiche delle situazioni e degli enti che incontriamo nel mondo (pericolosa/non-pericolosa, cibo/non-cibo, etc.); non insisteremo oltre su questo punto, ci basta sottolineare che l'operazione di classificazione è generalissima in quanto rinvia ad ogni e qualsiasi concetto considerato sotto l'aspetto dell'estensione, ossia degli enti di riferimento a cui si applica il concetto.

Per quanto riguarda l'*ordinamento non metrico di una classe* di enti si tratta di specificare dei criteri che determinino per ogni coppia di enti della classe una relazione di coincidenza o di precedenza, in rapporto alle caratteristiche di un certo concetto comparativo. Un esempio classico, e tuttora valido, di ordinamento non metrico è quello della scala di durezza⁶ dovuta originariamente al mineralista austriaco Friedrich Mohs (1773-1839). Dati gli enti A e B , si vuole stabilire se essi coincidono rispetto alla proprietà prescelta ($A=B$), oppure - in alternativa - esiste una delle due relazioni $A>B$, $A<B$. La relazione di coincidenza deve essere transitiva (se $A=B$ e $B=C$, allora $A=C$), simmetrica (se $A=B$ allora $B=A$), e riflessiva ($A=A$); la relazione di precedenza deve essere transitiva (se $A<B$, e $B<C$, allora $A<C$). A questi ordinamenti possiamo anche associare una successione di numeri interi. Se il talco ha durezza '1' nella scala di Mohs e il diamante ha durezza '10', ciò vuol dire che un qualsiasi minerale avrà una durezza tra 1 e 10, senza implicare minimamente che la calcite, con durezza 3, sia tre volte più dura del talco.

Possiamo ora introdurre i concetti metrici, le 'grandezze' della fisica e della chimica, che mediante numeri reali permettono di esprimere graduatorie quantitative di determi-

nate proprietà. Come abbiamo già detto, questi numeri reali costituiscono il valore della grandezza,⁷ la misura per gli enti a cui essi sono attribuiti; abbiamo anche accennato ad un altro fatto che qui riprendiamo con forza: i concetti metrici *creano* un ordinamento quantitativo degli enti a cui si applicano. La procedura che stabilisce questo ordinamento può essere espressa in modo semplificato:

§ sia dato un insieme di enti $\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z} \dots$ che abbiamo riconosciuto come appartenenti alla stessa classe; gli enti potrebbero essere 'corpi', dotati di *massa*, o 'campioni di sostanza', dotati di *quantità di sostanza*;

§ si stabilisce un criterio che attribuisce ad ogni ente \mathbf{x} dell'insieme considerato uno ed uno solo *numero reale*, ad esempio $m(\mathbf{x})$ o $qs(\mathbf{x})$

§ ogni funzione m o qs che soddisfa al punto precedente costituisce un *concetto metrico* se valgono le seguenti condizioni:

- se \mathbf{x} coincide con \mathbf{y} allora

$$m(\mathbf{x}) = m(\mathbf{y}); qs(\mathbf{x}) = qs(\mathbf{y})$$

- se \mathbf{z} è costituito dalla 'somma' di \mathbf{x} ed \mathbf{y} , ($\mathbf{z} = \mathbf{x} \mathbf{\Lambda} \mathbf{y}$), allora i valori di m o di qs per \mathbf{z} devono essere la somma dei valori rispettivi attribuiti a \mathbf{x} e a \mathbf{y} :

$$m(\mathbf{z}) = m(\mathbf{x} \mathbf{\Lambda} \mathbf{y}) = m(\mathbf{x}) + m(\mathbf{y});$$

$$qs(\mathbf{z}) = qs(\mathbf{x} \mathbf{\Lambda} \mathbf{y}) = qs(\mathbf{x}) + qs(\mathbf{y})$$

- uno speciale ente \mathbf{C} è scelto come campione; ad esso si assegna un numero positivo razionale come suo valore, ad esempio $m(\mathbf{C}_m) = 1$ [kilogrammo] nel caso del concetto metrico di massa e del *corpo* \mathbf{C}_m , il prototipo di kilogrammo conservato a Sèvres. Nel caso del concetto metrico di QS il *campione di sostanza* \mathbf{C}_{qs} è dato virtualmente, in riferimento a 12 g di ^{12}C , per cui $qs(\mathbf{C}_{qs}) = 1$ [mole], è un valore valido per ogni campione di sostanza \mathbf{C}_{qs} che rispetti la definizione dell'unità di misura della QS (*vide infra*).

Da quanto si è visto risulta che lo statuto metrologico della QS è identico a quello della massa, con la differenza che il valore $m(\mathbf{C}_m) = 1$ [kilogrammo] è vero - per definizione - *almeno e solo* in un luogo della

⁴ Giustamente è stato sottolineato che mentre tutto ciò che misuriamo è una proprietà, non ogni proprietà è misurabile; [2]

⁵ Per quanto possa suonare insolito preferiamo parlare di 'enti di un insieme', piuttosto dell'usuale e più corretto 'elementi' di un insieme, e questo perché nel nostro contesto di ricerca è meglio isolare nel termine [elemento] i tratti semantici pertinenti al linguaggio della chimica, così come si esprimono nell'opposizione [elemento] vs. [composto].

⁶ Si veda ad esempio <http://www.minerali.it/durezza.html> oppure <http://www.rocksandminerals.com/hardness/mohs.htm>.

⁷ È evidente che qui consideriamo sono grandezze scalari.

Terra, a Sèvres, mentre il valore $q_s(C_{qs}) = 1$ [mole] non sarà mai vero, per qualsiasi campione di sostanza.

1.2 Il carattere operativo dei concetti metrici

Fin dal 1927, sulla spinta delle grandi innovazioni conoscitive costituite dalla teoria della relatività e dalla meccanica quantistica, Percy W. Bridgman, un fisico sperimentale americano, ha elaborato una particolare forma di ‘controllo’ del significato dei nostri concetti – in specie quelli delle scienze. Dopo essersi chiesto cosa intendiamo per “lunghezza di un oggetto”, osserva semplicemente che “per trovare la lunghezza di un oggetto dobbiamo compiere certe operazioni fisiche”, e ne trae una indicazione importante: “Il concetto di lunghezza risulta pertanto fissato quando sono fissate le operazioni mediante cui la lunghezza si misura; vale a dire, il concetto di lunghezza implica né più né meno che il gruppo di operazioni con cui la lunghezza si determina”:

“In generale, per concetto noi non intendiamo altro che un gruppo di operazioni; il concetto è sinonimo del corrispondente gruppo di operazioni”.

Bridgman, da buon sperimentale, cerca delle condizioni rigorose per poter applicare la corrispondenza fra concetto e gruppo di operazioni:

“Dobbiamo esigere che il gruppo di operazioni equivalente ad un concetto sia un gruppo unico, altrimenti sorgono inammissibili possibilità di ambiguità nelle applicazioni pratiche”. [5]

Nei due passi citati venne avanzata la proposta fondante di un orientamento in filosofia della scienza, ricco di spunti interessanti, che, in un secondo tempo, fu chiamato operazionismo. Nel nostro contesto entrambe le affermazioni di Bridgman sono rilevanti. La prima indicazione del fisico americano⁸ è veramente stimolante, specie se considerata non solo dal punto di vista epistemologico, ma anche da quello storico-critico. Infatti essa permette di rintracciare una continuità ‘concettuale’ in ricerche sperimentali lontane nel tempo, e diverse

anche per il contesto teorico esplicito (quello assunto dal ricercatore in questione). Se il gruppo di operazioni si mantiene costante allora il ‘concetto’ rimane il medesimo. In altri termini, le operazioni eseguite da Cavendish nel ‘700 per titolare soluzioni di acido solforico definiscono un ‘concetto’ di ‘concentrazione’ che possiamo riconoscere ancora adesso. Anche la seconda indicazione di Bridgman è di grande interesse, ma - francamente - inapplicabile proprio nel contesto che stiamo trattando. Infatti i metrologi si riservano la massima libertà nelle procedure sperimentali che possono portare a definire campioni naturali per le unità fondamentali. Tutto sommato, il concetto metrico di lunghezza non è cambiato dai tempi in cui per definire il metro ci si basava sul confronto con il campione di platino-iridio depositato a Sèvres, fino all’attuale definizione, basata sulla misurazione di un tempo (*vide infra*). Così i modi con cui i chimici misurano le concentrazioni sono talmente diversi fra di loro, e talmente numerosi, che se si dovesse prendere alla lettera l’inammissibilità delle ambiguità voluta da Bridgman avremmo centinaia di ‘concetti’ differenti, e reciprocamente incompatibili, di ‘concentrazione’. Tuttavia, anche la seconda affermazione del fisico americano richiede una certa attenzione, perché l’ambiguità dovuta a insiemi diseguali di operazioni esiste effettivamente, ed è di rilievo anche dal punto di vista pratico. Spetta alla consapevolezza delle comunità, e all’accortezza dei ricercatori, saper risolvere i problemi di ambiguità al momento in cui si pongono, per il semplice motivo che *le ambiguità sono inevitabili*. In un articolo, in cui l’Autore assume esplicitamente il punto di vista di Bridgman, viene decisamente affermato che:

“si giunge alla definizione delle grandezze mediante l’indicazione del procedimento attraverso il quale la grandezza stessa può essere misurata (il procedimento usato in pratica può anche essere diverso da questo ma deve essere sempre riconducibile a esso in linea di principio)”. [3]

La ‘riconducibilità’ diventa allora un accorgimento necessario, in quanto

lo stesso Autore sottolinea che “i principi che nella fisica governano la misurazione sono trasformazioni complesse e mai definitive, di originari criteri operativi”. Così da una parte la ‘riconducibilità’ fa sì che le diverse definizioni metrologiche dell’unità di lunghezza costituiscano una genealogia legittima, dall’altra, quando l’Autore elenca i modi disparati con cui si misurano o si valutano le lunghezze nel mondo microscopico, non può non concludere che: “i concetti di lunghezza fin qui schematizzati non hanno nulla in comune e si conserva ad essi lo stesso nome sia perché i diversi metodi danno risultati dello stesso ordine nei campi di applicabilità comune, sia per comodità”. Il fatto che si ritrovi una certa ambiguità e instabilità anche nel *sancta sanctorum* della metrologia non può stupire, sarebbe anzi stupefacente se i concetti metrici, i fondamenti stessi della ricerca, non fossero in grado di interagire con il divenire della ricerca scientifica; la loro stessa definizione garantisce che *i concetti metrici non possono costituire un sistema chiuso*.

Al termine di questa sezione introduttiva possiamo elencare i risultati essenziali della nostra breve esplorazione:

§ la quantità di sostanza è un concetto metrico, alla pari della massa e del tempo

§ adottando il punto di vista di Bridgman la quantità di sostanza è un sinonimo di un gruppo di operazioni § è impossibile applicare senza ambiguità un medesimo concetto metrico quando varia il gruppo di operazioni che realizza la misura della grandezza in questione.

Vale la pena di ricordare, quasi come aforisma, una definizione di grandezza data da Nicola Abbagnano: “ciò per cui le cose dissimili, mantenendo salva la loro dissimiglianza, possono essere simili”. [6] Si tratta di una definizione di grande generalità, che coglie la natura straordinariamente astratta dei concetti metrici, che accomunano il diametro di un atomo e quello di una galassia, la durata di un battito del cuore e quella di un’era geologica, la reattività di milioni e milioni di sostanze.

2. Il primo compito: rendere definita la definizione

La prima parte della definizione metrologica di mole è ben nota:

⁸ P.W. Bridgman (1882-1961) ottenne il premio Nobel nel 1946 per i suoi studi sulle proprietà delle sostanze (acqua, fosforo) sottoposte ad altissime pressioni, dell’ordine di 10^{10} Pa (circa 10^5 atm). Alla pagina <http://www.nobel.se/physics/laureates/1946/> si trovano i collegamenti alla biografia dello scienziato e ai discorsi pronunciati in occasione della consegna del premio da Bridgman stesso e da A. E. Lindh, membro della commissione Nobel.

“1. La mole è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12”.

Fin dalla quattordicesima Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM), tenuta nel 1971, la definizione comprendeva una seconda parte, vincolante come la prima, ma purtroppo ritenuta eludibile dalla maggior parte dei didatti:

“2. Quando si impiega la mole, le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, altre particelle o gruppi specificati di tali particelle”.[7]

Nel 1980 il Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure ha specificato che “in questa definizione si deve intendere che ci si riferisce ad atomi di carbonio 12 non legati, in quiete e nel loro stato fondamentale”[8]. Il testo inglese appena citato, e tradotto, recita in originale *[specifying that]*, mentre in quello francese si legge *[précisant que]* [9]. Francese ed inglese sono le due lingue naturali con cui sono redatte le definizioni del Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). Che ‘specificare’ non sia la stessa cosa che ‘precisare’ risulta dagli stessi testi bilingue che dettano la definizione di mole, infatti, là dove si parla delle entità elementari, in francese ed in inglese si ha rispettivamente *[doivent être spécifiées]* e *[must be specified]*, ma sulle difficoltà semantiche del discorso metrologico torneremo in un successivo articolo. Va annotato che la specificazione / precisazione dei metrologi rispecchia pienamente la visione del mondo dei fisici, in cui energia e materia sono solo due modi diversi di ‘presentarsi’ di una sola e medesima proprietà. Anche su questo aspetto, di particolare rilievo nella spettrometria di massa [10], torneremo altrove, per ora ricordiamo quanto ha giustamente scritto Villani: “il fatto che la natura si comporta come se esistessero due leggi di conservazione distinte [della massa e dell’energia], in quanto al livello dei fenomeni macroscopici non si effettua il passaggio tra la massa e l’energia, ci consente di tenere separati questi due concetti”[11]. Conviene adesso concentrarci su un aspetto affatto di dettaglio della definizione di mole, e per fare questo dobbiamo ricorrere ad un confronto con la *prima* delle definizioni metrologiche di unità di base, il metro:

“Il metro è la *lunghezza del cammino* percorso dalla luce nel vuoto durante un intervallo di tempo di 1/299 792 458 di un secondo”[12].

vs.

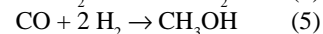
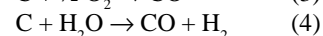
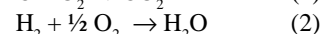
“La mole è la *quantità di sostanza di un sistema* che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12”.⁹

Questa definizione di metro fu sanzionata dalla diciassettesima CGPM del 1983, e sostituì quella basata sulla lunghezza d’onda di una certa radiazione del cripto 86, che nel 1960 aveva a sua volta sostituito quella riferita al prototipo internazionale di platino-iridio, campione conservato tuttora dal BIPM nelle condizioni specificate nel 1889. Alla definizione di metro gli estensori del documento a cui ci stiamo riferendo non aggiungono altro, in particolare nulla dicono sulla lunghezza, la grandezza fisica misurata con il metro; diversa la situazione per la QS, a proposito della quale gli estensori così commentano: “Si noti che questa definizione [di mole] specifica allo stesso tempo la natura (*nature*) della quantità di cui è unità la mole”[13]. Questa indicazione, ufficiale, dei metrologi può testimoniare sia una particolare debolezza conoscitiva della QS, che non potrebbe essere definita indipendentemente dalla sua unità di misura, oppure, più verosimilmente, una giustificata diffidenza dei metrologi nei confronti di un uso non appropriato del binomio QS-mole. In ogni caso si tratta di una annotazione che ci impone una contro-domanda: “Ma i metrologi, e non solo loro, sono ben sicuri di conoscere la natura (!?) delle quantità di cui sono unità, ad esempio, il secondo e il kelvin?”. Tempo e temperatura sono grandezze fisiche non meno ‘misteriose’ della QS, comunque è nostro compito, di didatti della chimica, l’essere chiari su questo punto cruciale: quale è il significato fisico della quantità di sostanza?

2.1 La quantità di sostanza e la reattività della materia-energia

In effetti, se si assumono come guida le pratiche storicamente consolidate dei chimici l’indagine epistemologica della QS non presenta molte difficoltà.

Consideriamo la descrizione usuale di cinque reazioni, con un grado crescente di difficoltà:



Con ‘difficoltà’ ci riferiamo alla crescente complessità nel controllo dei diversi percorsi di reazione, alternativi a quelli qui descritti, e dipendenti in modo critico dalle condizioni del sistema e dalla presenza di particolari catalizzatori, ma qui questa difficoltà non è direttamente rilevante, in quanto serve solo per richiamare dietro la scrittura di una singola reazione sono ‘nascosti’ sistemi che, in generale, si possono trasformare chimicamente in molti modi.¹⁰ Comunque, fin dalla proposta della teoria atomica, all’inizio dell’Ottocento, la (1) e la (2) sono servite per fissare i rapporti quantitativi, rispettivamente fra carbonio e ossigeno e fra idrogeno e ossigeno, nella composizione dell’anidride carbonica¹¹ e dell’acqua. Si può subito fissare un valore arbitrario di riferimento per un elemento, ad esempio $H = 1$, oppure $O = 100$, ma i valori da attribuire agli altri elementi, necessari per ricavare in modo univoco la descrizione atomico-molecolare data dalla scrittura delle reazioni, richiedono un ulteriore passo conoscitivo e interpretativo fondamentale. Reazioni come la (1) e la (3) mettono sull’avviso che gli elementi si possono combinare fra di loro in rapporti diversi, mentre la (3) e la (4) indicano che uno stesso composto può essere ottenuto da differenti reazioni. In altri termini la reattività delle sostanze è talmente varia da far sì che la sua descrizione porti ad una rete fittissima e multidimensionale di rapporti quantitativi fra le sostanze¹² stesse e fra i loro componenti più ‘semplici’ – se esse stesse non sono già elementi chimici. Il passo ulteriore richiesto consiste nel determinare in modo univoco la costituzione molecolare di un certo numero di composti fondamentali (H_2O , CO , CO_2 , CH_4 , NH_3 , HCl), così che la formula H_2O indichi effettivamente nella particella ultima di acqua la presenza di

⁹ Ovviamente i corsivi nelle due definizioni sono stati aggiunti da noi.

¹⁰ La (3) è sempre associata alla (1); la (4), detta del ‘gas d’acqua’, genera i reagenti della (5), una delle innumerevoli reazioni di Fischer-Tropsch.

¹¹ Dato il contesto, abbiamo preferito la nomenclatura storica al corretto ‘biossido di carbonio’.

¹² La home page del *Journal* [14] si trova all’indirizzo <http://www.hyle.org/index.html>.

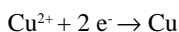
due particelle ultime di idrogeno e di una particella ultima di ossigeno. In seguito accerteremo la costituzione molecolare di almeno un composto 'tipico' per ogni elemento (FeO, Fe₂O₃, ZnO, etc), e ricaveremo dai rapporti di composizione il valore relativo delle particelle ultime degli elementi in questione.

Questo compito conoscitivo fondamentale giunse a compimento già un secolo e mezzo fa, in seguito all'opera di una sequela di scienziati i cui nomi sono noti a tutti: Dalton, Avogadro, Berzelius, Dumas, Cannizzaro. Nel prossimo articolo di questa serie dimostreremo come fu proprio la QS, come proprietà fondamentale della materia, a guidare il cammino affatto lineare di questi ricercatori. Ora è sufficiente ricordare che già nel 1860 erano consolidati i concetti operativi di atomo e di molecola, e – in riferimento agli elementi e ai composti – erano ben definiti i concetti metrologici di 'peso atomico' e di 'peso molecolare'. Si trattava di risultati di enorme portata, ottenuti in perfetta autonomia all'interno di quella specifica regione epistemologica ed ontologica che chiamiamo chimica,¹³ e conseguiti senza nessun 'conteggio' sperimentale a livello microscopico, allora impossibile e successivamente praticato solo in casi *estremi*, a partire dalle ricerche di Perrin e di Rutherford nel 1908, nell'ambito della nascente fisica atomica¹⁴. Su un piano generale i chimici si erano comportati esattamente secondo le indicazioni fatte tardivamente proprie dalla quattordicesima CGPM: avevano misurato le QS delle più disparate sostanze facendo *reagire* le sostanze fra di loro, ed eseguendo così nel mondo materiale quell'operazione di corrispondenza biunivoca fra i componenti microscopici di sistemi macroscopici indicata dalla definizione di mole (su questa operazione di corrispondenza si veda più oltre).

Sono a questo punto pertinenti alcune osservazioni, che potrebbero essere estese, ma che per brevità ci limitiamo ad indicare come possibili temi di approfondimento.

• La QS esprime la reattività anche di molti sistemi materiali di grande inte-

resse chimico, e di impiego usuale, ma che non possono essere esibiti (isolati) in nessun modo. Si consideri una mole di Cu²⁺, e si studi il suo comportamento dal punto di vista elettrochimico. Non solo in molti casi non è importante conoscere il controione, ma in espressioni teoriche importanti come quella del potenziale standard di riduzione lo ione Cu²⁺ viene presentato come se fosse una entità isolata e/o isolabile:



Non può esistere una situazione in cui si possa esibire un campione di Cu²⁺ in assenza di altre entità ioniche di carica opposta.¹⁵ Questo vuol dire che di un particolare sistema, costituito ad esempio da 159,6 g di CuSO₄, possiamo esprimere una sua specifica reattività riferendoci ad una mole di Cu²⁺, o in altri casi, e da altri punti di vista, ad una mole di S, ad una mole di ½ O₂, ad una mole di SO₄²⁻, etc. Alcune di queste sostanze sono isolabili sul banco di laboratorio, altre no.

• La QS esprime la reattività della materia, usualmente quando questa è organizzata in sostanze e miscele le più disparate, ma essendo una proprietà fondamentale del mondo fisico non può non essere presente anche nell'altra 'faccia' della materia, l'energia. La reattività dei fotoni è alla base della fotochimica, e propriamente si è dato il nome di einstein alla mole di fotoni, così come da tempo si usa il faraday per indicare una mole di elettroni.¹⁶

• La QS esprime la reattività della materia indicando in modo *libero* la stechiometria del sistema fisico a cui si riferisce. Le due espressioni seguenti sono identicamente rigorose:

$$\text{"la QS di (20Fe + 5Mn)"} \quad (6)$$

$$\text{"la QS di (0,8Fe + 0,2Mn)"} \quad (7)$$

Entrambe si riferiscono da una stessa miscela, in cui il rapporto fra gli atomi di ferro e quelli di manganese è di 4:1, tuttavia *per la stessa massa di miscela* la QS misurata secondo la (7) è 25 volte maggiore della QS misurata secondo la (6). Questo per il semplice fatto che una mole di (0,8Fe + 0,2Mn) ha una massa 25 volte minore della massa di una mole

di (20Fe + 5Mn) [16].

2.2 La quantità di sostanza e la natura discreta del mondo fisico

Nella sua seconda parte la definizione (esplicita) di mole, nonché definizione (implicita) di QS, detta la sintassi dell'unità di misura, indicando in modo perentorio che essa può essere applicata solo a sistemi costituiti da "particelle o gruppi specificati di tali particelle". Il rinvio alla natura discreta del mondo fisico non potrebbe essere più chiaro, così la QS assume uno dei tratti più caratteristici dell'epistemologia dei chimici, il riferimento continuo e contestuale a due diversi livelli di realtà, il macroscopico e il microscopico. Infatti la prima parte della definizione, parlando di una massa di 12 g ancora saldamente la mole ad un mondo di corposità macroscopiche, manipolabili con beute e filtri, mentre la seconda parte rinvia ad 'oggetti' del mondo subatomico, atomico, e molecolare, da descrivere per altro come meri riferimenti stechiometrici (*vedi oltre, alla sezione 4.3*).

3. Le misurazioni in chimica

Mentre il discorso teorico e metrologico sulla misurazione sembra riguardare esclusivamente la fisica, le misurazioni di carattere essenzialmente chimico si ritrovano in una moltitudine di ambiti diversi, di certo nelle scienze fondamentali (incluse le scienze della vita e quelle della terra) e nella ricerca applicata, ma anche in ingegneria, nelle tecnologie più disparate, in agricoltura, nonché in una moltitudine di pratiche di controllo dalle dogane alla chimica forense, dalle analisi cliniche alla protezione dell'ambiente, alla produzione industriale, al commercio. Per di più la pervasività delle misurazioni chimiche è in rapida crescita per diversi fattori, perché da una parte essa viene promossa dalla continua introduzione di nuovi materiali, sostanze e formulazioni, e dall'altra essa è connessa ad una più matura concezione della sicurezza dei cittadini e dei consumatori.

L'interesse conoscitivo nei confronti delle misurazioni chimiche non deriva soltanto dal fatto che esse sono necessarie e diffuse nel tessuto sociale, ma ha una importante motivazione nella natura stessa di queste misurazioni. Esse infatti sono del tutto diverse da quelle – per così dire – canoniche, di massa o di lunghezza.

¹³ Si può ricordare che teoria cinetica dei gas muoveva appena i primi passi, e che la teoria elettromagnetica della luce era ancora da venire.

¹⁴ Anche di queste ricerche parleremo nel prossimo articolo.

¹⁵ Un campione di Cu²⁺ non si può 'esibire', ma con determinati spettrometri di massa può essere preparato, e mantenuto in stato stazionario.

¹⁶ Si ricordi però che questo uso non è sancito all'interno del SI. [15]

In fisica misuriamo queste grandezze senza alcun riferimento alle sostanze di cui sono composti i corpi di cui vogliamo conoscere le proprietà. In chimica questo non è possibile, sia dal punto di vista pratico, sia da quello metrologico. Come è stato scritto in una fonte autorevolissima “le misurazioni chimiche sono virtualmente infinite, eguali al numero di elementi e composti chimici. Mentre il valore di una massa (ad esempio) è definito indipendentemente dall’entità per cui è misurato, la determinazione di una quantità di sostanza è fatta in modo specifico relativamente ad una [particolare] entità”[17]. Questa differenza, notevolissima, non è comunque l’unica. Infatti molte misurazioni chimiche sono condotte in condizioni di incertezza rispetto all’entità chimica di cui si vuole determinare quantitativamente la presenza. Un esempio significativo riguarda la determinazione dell’umidità in un derrata come il grano. La perdita di massa in seguito a riscaldamento viene usata in modo routinario per determinare l’umidità delle granaglie, e tuttavia parte della perdita potrebbe essere dovuta a composti volatili diversi dall’acqua (la perdita di massa misurata è corretta ma quella di quantità di sostanza calcolata no!), o anche da acqua che non esisteva come tale nel campione ma che proviene da altre entità chimiche; oppure la determinazione potrebbe essere in difetto se non è stata tolta tutta l’acqua, è noto infatti che i legami chimici delle molecole d’acqua con i costituenti dei diversi materiali hanno delle energie che si distribuiscono su un *continuum*.

Problemi diversi, e ancora più complessi, emergono quando si considerano misurazioni di natura ambientale. Non si tratta di problemi di origine metrologica, per cui non ne daremo che un breve cenno in questa sede, ma legati alla complessità estrema dei sistemi analizzati, tale da non permettere il confronto con uno standard che contenga una quantità nota della spe-

cie che si desidera quantificare. Esempi, molto in voga, sono quello della determinazione degli inquinanti in un terreno o dell’amianto contenuto in una matrice rocciosa. In questi casi il problema viene “aggirato” seguendo una procedura dettagliatamente specificata dalla legge, ma i dati ottenuti in questo modo non saranno mai assoluti, e l’errore sarà sempre imponderabile.

Il tema della misurazione in chimica è ricchissimo, ed un suo approfondimento ci porterebbe ad un nucleo importante dell’epistemologia chimica: la *dialettica fra quantità e qualità*, una dialettica intensa, continua, e onnipresente. Lasciamo quindi a malincuore questo argomento.

4. Gli errori più comuni

Malgrado la spontanea antipatia che ci ispirano la figura del ‘censore’ e il suo motto *mala tempora currunt*, non possiamo non dedicare una parte della nostra ricerca sulla QS e la mole agli errori concettuali e di metodo che così frequentemente si trovano nei libri di testo, e (temiamo) nel ‘pensiero spontaneo’ di molti di noi. La diffusione di questi errori è tale che riteniamo opportuno riprendere i ragionamenti condotti finora nella versione data da Hans Fuchs, un fisico svizzero, che in un testo introduttivo per ingegneri scrive: “I sistemi fisici ‘posseggono’ certe proprietà fondamentali: un corpo ha massa (energia), entropia, momento (se si muove), e carica elettrica (se non è elettricamente neutro)”, e aggiunge subito dopo:

“un’altra proprietà di base [è] la quantità di sostanza. La quantità di sostanza non è in nessun caso un sostituto della massa, o solo un mezzo opportuno di contabilità (*bookkeeping*) per i chimici. Qualsiasi sistema fisico, sia esso materia o luce, ha questa proprietà, e vi sono fenomeni fisici associati con la sua esistenza”.¹⁷

Per rendere evidente la QS come proprietà fondamentale Fuchs porta una serie di esempi, e i primi due sono

basati sulla reattività, in modo tale da poter insistere sulla ‘autonomia’ della QS. A proposito delle reazioni che permettono la determinazione degli equivalenti l’Autore sottolinea che “gli equivalenti sono determinati dai fenomeni che coinvolgono la trasformazione chimica, e non dai fenomeni di gravità, quantificati nei termini di massa (gravitazionale), come potremmo credere dal nostro uso abituale del termine”[19]. Qui Fuchs si riferisce alla più usuale delle operazioni di laboratorio, la pesata, ma per prendere meglio le distanze dalla falsa equazione $QS = \text{massa}$, il fisico svizzero porta il caso dei fenomeni elettrolitici e conclude:

“non è la massa di una sostanza che si valuta semplicemente con quantità fisse di elettricità coinvolta; piuttosto è la stessa quantità introdotta prima, come misura delle quantità di sostanza equivalenti, cioè per l’appunto la proprietà fondamentale chiamata quantità di sostanza” [20].

Vediamo ora quali sono gli errori più diffusi.

4.1 La mole non misura una massa!

Che la mole misuri una massa viene affermato a tutte lettere anche in testi autorevoli. Un riferimento significativo è dato dalla voluminosa opera di Herbert A. Klein, pubblicata nel 1974 e ristampata – con correzioni! – nel 1988 da una diffusissima casa editrice americana. Il testo, dal titolo *The Science of Measurement*, è tuttora adottato in molti corsi universitari. Klein introduce la mole in un contesto tipicamente ‘fisico’, quindi già deviante rispetto al significato della grandezza che è misurata in moli, e precisamente in un capitolo dedicato alle “unità di massa minime e la comprensione profonda (*insights*) della massa-energia”¹⁸. Klein scrive senza esitazione: “Una misura di base di massa, specialmente in chimica, è la mole, o grammo mole (abbreviata mol)”, e aggiunge: “La mole può essere definita come la massa di una sostanza che contiene proprio (*just*) tante molecole (o atomi di un elemento) quanti sono gli atomi in 12 grammi di carbonio 12”.¹⁹ Con grande naturalezza l’Autore elide completamente la grandezza fisica che la mole misura, la QS, non solo appiattendosi su un uso diffuso seppure errato, ma sostituisce |massa| laddove nella definizione metrologica si legge |quantità di sostanza|, stravolgendo completa-

¹⁷ Il testo [18] viene presentato (http://home.zhwin.ch/~fuh/DOH/Book/DoH_Book.htm) come frutto di un corso di base per studenti di chimica, fisica e ingegneria dell’università di Zurigo.

¹⁸ I riferimenti al libro di Klein [21] presenti in rete sono numerosissimi. Per la maggior parte si tratta di siti commerciali che propongono l’acquisto del volume, una piccola quota delle presenze sono invece siti che affrontano gli aspetti più disparati della metrologia e che lo citano nella bibliografia. Alcuni esempi sono <http://www.stansw.asn.au/resource/misfina3.htm> che tratta delle “misure nello sport”, http://soil-physics.nmsu.edu/sp/tutorials/units/u_ref.html, del dipartimento di agronomia e orticoltura dell’università del New Mexico, <http://imartinez.etsin.upm.es/bk3/BIBLIO.htm> sito personale di un docente di Termodinamica dell’Università di Madrid.

¹⁹ [22], corsivi aggiunti

mente il rigore del metrologo che mai introdurrebbe fra le unità di base due unità distinte, il kilogrammo e la mole, per misurare la medesima grandezza fisica, la massa.

In un contesto di analisi metrologica l'osservazione precedente è già di per sé decisiva, ma ad essa se ne può aggiungere un'altra non meno importante, perché punta direttamente alla natura diversa delle grandezze misurate dal kilogrammo e dalla mole. Secondo l'insegnamento di Einstein la massa di un corpo varia in funzione della sua velocità. Consideriamo un campione di fluoro, con massa a riposo di 18,9984032 g, e cioè una mole di F; essa avrà una massa che varierà in funzione della velocità, secondo una certa relazione quantitativa, mentre continuerà ad esprimere sempre la stessa QS. Infatti, qualsiasi sia l'aumento di velocità, il corpo (costituito da una mole di F) non perderà né guadagnerà alcun componente microscopico, e quindi la mole di F rimarrà intatta e con essa la QS che misura. La quantità di sostanza è un'invariante relativistica.

4.2 La mole non è un numero!

Com'è ovvio che il metro non sia un intervallo di tempo, dovrebbe essere ovvio che la mole non sia un numero. In quanto unità di misura di base *la mole è una grandezza fisica* di valore determinato per convenzione. Tuttavia è necessario approfondire anche questo aspetto, sia per la diffusione di certi errori didattici ed educativi, sia perché la stessa definizione di mole, ad una lettura superficiale, potrebbe trarre in errore. Le espressioni linguistiche che nella definizione di mole rinviano in qualche modo ad un numero sono [tante ... quanti] in italiano, [as many ... as] in inglese, e più sinteticamente [ebensoviel] in tedesco. In matematica il concetto di *numero cardinale* è inteso come *potenza di un dato insieme*, ossia come caratteristica comune a questo insieme e a tutti gli insiemi che si trovano in corrispon-

denza biunivoca con esso.²⁰ Detto in altri termini, il numero è la caratteristica comune a insiemi finiti di oggetti per i quali esiste una relazione che li collega uno a uno esaurendoli; così l'insieme delle dita di una mano e l'insieme delle vocali dell'alfabeto italiano individuano il concetto di numero 5. Da questo punto di vista i 12 g di ¹²C rinviano ad un 'insieme finito di oggetti' (un 'sistema' di 'atomi', nella definizione), apparentemente così come la mano rinvia ad un insieme finito la cui potenza eguaglia (ad esempio) quella degli insiemi costituiti dalle lettere dei nomi 'Luigi' o 'Turco'. Ma gli insiemi delle dita e delle lettere dei nomi risultano essere equipotenti come risultato di una enumerazione effettiva – si potrebbe dire paradigmatica, si conta sulle punta delle dita ... Ben altra cosa è quanto avviene quando si misura una concentrazione o si determina un peso atomico: si misurano equivalenti, masse, assorbimenti di radiazioni, correnti elettriche, temperature, (...) *ma in nessun caso si esegue un conteggio di entità elementari.*²¹ Quale sia il numero finito di atomi contenuti nei convenzionali²² 12 g di ¹²C è irrilevante rispetto alla stragrande maggioranza dei compiti di ricerca e pratici svolti dai chimici, mentre rimane es-

senziale l'essere in grado di misurare con precisione la QS delle sostanze. Senza queste misure non potremmo in nessun modo valutare e controllare le reazioni che ci permettono di costruire *ad libitum* (o quasi) le strutture molecolari, e di ottenere le sostanze che ci interessano su scale che vanno dal milligrammo alle migliaia di tonnellate.

Quanto siano poco ovvie le osservazioni precedenti risulta evidente dalla letteratura didattica. Abbiamo scelto per l'analisi un passo tratto da un ottimo testo americano, che è stato tradotto anche in italiano e quindi si è diffuso anche nelle nostre università;²³ ma la sua popolarità non è l'unico motivo della nostra scelta, infatti l'autore elenca i nomi di 17 colleghi che hanno rivisto il testo in tutto o in parte, e quelli di altri 160 docenti che gli hanno inviato informazioni utili per la redazione del volume. La *Chemistry* di Steven S. Zumdhal è quindi un'opera garantita da una duplice sanzione, redazionale e d'uso. Per non frapporre ulteriori ostacoli di comprensione abbiamo preferito mantenere il testo nella lingua originale, introducendo solo undici lettere, che ci permettono di rinviare il Lettore ai nostri commenti, elencati frase per frase. Il testo originale è riportato in un riquadro, dove le ultime tre lettere

Tabella 1. Commenti

(α)	È proposto un mito, l'origine della mole è del tutto diversa, e non è stata introdotta nell'uso per <i>contare gli atomi</i>
(β)	La mole non è definita <i>come un numero</i>
(γ)	La spettrometria di massa non <i>conta gli atomi</i>
(δ)	Attualmente il fisico torinese viene onorato con la costante di Avogadro e non con il <i>numero di Avogadro</i>
(ε)&(λ)	Secondo il testo principale la mole misurerebbe [something], [qualcosa]. Questa eccessiva genericità peggiora nel testo ausiliario, dove la mole misurerebbe [anything], [qualsiasi cosa]
(ζ)	Fra le entità elementari non sono elencate <i>le uova</i>
(η)	Forse non è necessario, né possibile, <i>immaginare</i> un numero simile
(θ)	Fra le entità elementari non sono elencati <i>i secondi e le biglie</i>
(ι)	Questo testo ausiliario dovrebbe essere il più corretto e autorevole, in quanto introduce il Lettore alla definizione metrologica di QS. È qui che risulta l'incomprensione dell'Autore di cosa si intenda per QS: [amount of a substance] non equivale ad [amount of substance], le due espressioni hanno un significato metrologico completamente diverso
(κ)	È data al numero 6.022×10^{23} una adimensionalità che non corrisponde alle regole metrologiche

²⁰Va precisato che si ha corrispondenza biunivoca se a ciascun elemento del primo insieme corrisponde uno, ed uno solo del secondo, e viceversa. [23]

²¹ Abbiamo specificato "di entità elementari" perchè in alcuni rarissimi casi i chimici effettuano veri e propri conteggi, ad esempio nella misura della radioattività di un campione (dalla quale si può ricavare la QS). Tuttavia anche in queste eccezioni, veramente marginali nello sterminato campo di tecniche di misura proprie della chimica, non si contano *mai* gli enti in sé, ma loro manifestazioni.

²² In nessun laboratorio del mondo esiste un campione costituito da 12 g dell'isotopo ¹²C, e solo dell'isotopo ¹²C.

²³ Uno di noi include 'lo Zumdhal' fra i testi segnalati ai suoi allievi come sussidio agli appunti presi a lezione.

si riferiscono al testo ausiliario. Ed ecco i nostri commenti, Tabella 1. Le nostre dieci osservazioni possono essere riportate a tre punti che ci paiono cruciali per la didattica della QS e della mole:

§ non si è capito cosa sia la quantità di sostanza **117**

§ non si usa correttamente la mole

§ si cerca di fare immaginare ciò che è inimmaginabile

Alla soluzione dei problemi posti dai primi due punti abbiamo cercato di dare un contributo con il presente articolo, il terzo punto è più delicato perché viene meno la guida severa delle regole metrologiche, e si entra nell'ambito di scelte che coinvolgono atteggiamenti mentali e convinzioni filosofiche che hanno radici profonde in ogni insegnante. Cercheremo di approfondire questo aspetto del problema nel terzo articolo della serie, dove lo tratteremo nel contesto di questioni di semantica naturale e dei linguaggi naturali.

4.3 E il 'numero' di Avogadro?

La costante di Avogadro N è definita [24] dalla relazione:

$$N = M_A / m_A \quad (8)$$

dove M_A è la massa molare (in g mol^{-1}) della sostanza A e m_A è la massa (in g) dell'entità elementare A . I termini |entità elementare| vanno presi nel senso lato della definizione di mole, quindi A può essere l'elemento fluoro, F , che ha in natura un solo isotopo, oppure l'elemento silicio, Si , presente a livello microscopico con una miscela di isotopi ^{29}Si , ^{30}Si , ^{31}Si . La (8) può essere riscritta come:

$$M_A = N \cdot m_A \quad (9)$$

La (9) mette in evidenza che la costante di Avogadro costituisce il fattore di proporzionalità, identico per tutte le sostanze, che lega il valore delle masse microscopiche con il valore delle masse molari macroscopiche. Se N fosse un numero nella (8) e nella (9) M_A sarebbe una massa, dipendente solo dalla definizione di kilogrammo, e non una massa molare, dipendente dalla definizione di kilogrammo e da quella di mole. Il cosiddetto 'numero di Avogadro' è ora saldamente ancorato alla definizione di mole, e l'unico modo corretto di riferirsi al *numero stechiometrico* di entità contenute in una mole è il seguente:

costante di Avogadro:

$$6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad (10)$$

Il numero di cifre decimali potrà variare a seconda degli usi della costante, fino al limite della precisione raggiunta finora, ma in nessun caso dovrà essere tralasciata la dimensionalità della costante stessa, mol^{-1} . Su

questo, già un quarto di secolo or sono, insisteva uno dei 'padri' della mole, il chimico fisico inglese M.L. McGlashan: "Il fattore di proporzionalità è lo stesso per tutte le sostanze, è chiamato costante di Avogadro", "non *numero* di Avogadro – non è un numero ma è un numero diviso da una quantità di sostanza e così ha dimensione (quantità di sostanza)⁻¹".²⁴ Ci rendiamo conto che è difficile abbandonare una consuetudine consolidata, ma specialmente quando ci si avvicina alla metrologia e si impiegano le costanti fondamentali è indispensabile muoversi con attenzione, altrimenti si tradiscono le finalità essenziali della 'legge quadro'²⁵ della metrologia, il Sistema Internazionale di unità, che – come è ripetuto nel Glossario metrologico – è un corpo di *definizioni* e di *regole*.

Poco sopra, quando abbiamo introdotto la (10), abbiamo utilizzato i termini *numero stechiometrico*, un'espressione che può apparire curiosa ma che diventerà subito chiara. Nel presentare la QS e la mole al pubblico dei docenti di fisica, e per commentare la seconda parte della definizione di mole, McGlashan introduce una sottolineatura e fa una serie di esempi che è opportuno riprodurre: "Non è necessario che i gruppi specificati [di particelle] siano limitati a quelli noti, o intesi esistere come entità indipendenti, o a gruppi che contengano un numero intero di atomi. Così possiamo propriamente parlare di una quantità di sostanza di $\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ o di $(\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2)$ o di $(\text{H}_2 + 0,234 \text{O}_2)$ o di $(0,075 \text{}^6\text{Li} + 0,925 \text{}^7\text{Li})$ o di HgCl o di $\text{Fe}_{0,91}\text{S}$ ".^[27]

Tutti gli esempi proposti da McGlashan sono interessanti, e meriterebbero qualche chiosa, ma per 'schiodare' l'idea fissa del 'numero di Avogadro' ci pare particolarmente utile l'ultimo:



Per motivi storici e di consuetudine il composto (11) viene detto non-stechiometrico, impiegando come tacito contesto di riferimento una concezione molecolare delle sostanze, e lasciando da parte ogni discussione dei fondamenti stechiometrici dati

dalla termodinamica e dai diagrammi di fase²⁶. In realtà la (11) indica una ben precisa stechiometria, su cui è possibile basare calcoli al tavolino e pratiche in laboratorio. Possiamo ad esempio calcolare la massa molare di $\text{Fe}_{0,91}\text{S}$ e la massa di una entità elementare (inesistente) composta da 0,91 atomi di ferro e da un atomo di zolfo; dal loro rapporto otterremmo N , ma ciò che qui importa è sottolineare che non è nemmeno possibile 'immaginare' un 'numero di Avogadro' di raggruppamenti costituiti da 0,91 atomi di ferro e da un atomo di zolfo.

5. Conclusioni

La 'questione della mole' è stata trattata da uno di noi in tempi diversi, sia in un contesto storico-critico^[29], sia in un contesto metrologico,^[30] tuttavia solo recentemente, e in particolare sotto la spinta delle ricerche filosofiche di Giovanni Villani, [11] abbiamo messo meglio a fuoco una più trascurata e correlata 'questione della quantità di sostanza'. La nostra attenzione si è quindi spostata dalla unità di misura alla grandezza fisica misurata.

Abbiamo qui sostenuta la tesi che la QS esprima la *reattività stechiometrica* di sistemi di materia-energia. È di qui che deriva la necessità, sottolineata da tutti, di precisare le 'entità elementari' a cui riferire la QS in questione. Le diverse QS che possono essere misurate per il medesimo campione di sostanza corrispondono alle differenti *qualità chimiche* che una singola sostanza può esprimere a seconda dei reagenti e delle condizioni di reazione. Per un certo campione non si dà quindi una misura unica della QS, nello stesso senso con cui per quello stesso campione si dà invece una e una sola misura di massa. Questo aspetto cruciale non solo non indebolisce il valore metrologico della QS, in quanto essa 'funziona' benissimo pur non avendo un campione, ma anzi ne rafforza il significato epistemologico. Infatti da questo punto di vista la QS esprime perfettamente *il compito fondamentale della chimica: trasformare le sostanze*. Tutte le nostre conoscenze a livello atomico-molecolare sono tese a comprendere la *reattività delle sostanze*, in modo da poterle controllare, produrre, riprodurre, migliorare, mesco-

²⁴ Il corsivo è nel testo originale, alla p. 276.[25]

²⁵ La definizione è di Sartori [26].

²⁶ La questione è sollevata da Phillips e Williams, che la trattano in un capitolo opportunamente intitolato "Solid Structures, Non-Stoichiometry, and Phase Equilibria" [28].

lare, trasformare in materiali. Non c'è quindi da stupirsi che la QS, così fortemente voluta dai chimici accanto alla lunghezza e alla massa, esprima anch'essa la *reattività delle sostanze*, sia pure nelle modalità 'riassuntive' di una reattività stechiometrica. Abbiamo anche ripetuto gli 'ammomimenti' a non ritenere che la mole sia

una specie di grossa dozzina, e in particolare a non pensare che l'operazione di pesata, così universale nei laboratori chimici, implichi che la misura che viene fatta sia necessariamente quella di una massa. Non solo – e tutti lo sanno – ciò che si misura effettivamente è una forza, ma il più delle volte la forza misurata viene fat-

ta corrispondere nei nostri laboratori alla misura di una QS, e cioè ad una grandezza fisica del tutto diversa dalla massa. Se nel nostro insegnamento quotidiano si evitassero conteggi fantasiosi e 'fiscalismi' inopportuni, si diminuirebbe il numero di violazioni alle regole della metrologia e renderemmo un buon servizio alla chimica.

Glossario metrologico

Dimensione	Nel sistema SI le unità di base hanno dimensione 1 rispetto a se stesse, e zero rispetto a tutte le altre. Per appartenere al sistema SI una unità di misura deve poter essere espressa in funzione delle nove unità di base. [§]
Grandezza	Concetto generale che permette la classificazione degli enti matematici e fisici in classi, all'interno delle quali questi possono essere sommati, moltiplicati fra di loro e confrontati mediante una relazione d'ordine. ^{§ §} Dal punto di vista operativo i concetti di grandezza e di misura costituiscono un tutto unico.
Grandezza fisica	Proprietà o condizione usata nella descrizione di un insieme di enti (eventi, oggetti, fenomeni, sistemi, processi). Il concetto metrico corrispondente è costituito da una funzione che attribuisce un numero reale, e solo uno, ad ogni ente dell'insieme. Il numero reale è il valore della grandezza per l'ente considerato.
Misura	È il numero che esprime il rapporto fra una qualunque grandezza e un'altra della stessa specie assunta come unità di misura o campione.* È definita quando sono noti l'unità di misura e l'informazione numerica, che servono a rappresentarla.**
Misurazione	È l'operazione o il complesso di operazioni che permettono di passare da una grandezza alla sua misura, quando sia nota l'unità di misura.*
Sistema SI	Il Sistema Internazionale di Unità, simbolo SI, è un corpo di definizioni e di regole, che permette di ottenere in modo coerente le unità di misura per tutte le grandezze di interesse scientifico e tecnologico.
Unità di base	L'insieme delle unità fondamentali e di quelle supplementari del sistema SI.
Unità di misura	Grandezza alla quale viene attribuita il valore unitario, a cui si riferiscono tutte le altre grandezze dello stesso tipo.
Unità fondamentali	Le sette unità del sistema SI che si riferiscono a sette grandezze fisiche: lunghezza, massa, tempo, intensità di corrente elettrica, temperatura termodinamica, intensità luminosa, quantità di sostanza.
Unità supplementari	Le due unità del sistema SI che si riferiscono all'angolo piano e all'angolo solido.
<p>[§] Sulla questione complessa delle dimensioni si rinvia a S. Sartori, "Il sistema internazionale di unità (SI)", in: S. Sartori (a cura di), <i>Le misure nella scienza, nella tecnica, nella società</i>, Torino, Paravia, 1979, pp. 13-48, alle pp. 29-31.</p> <p>^{§§} <i>Enciclopedia della scienza e della tecnologia</i>, Novara: DeAgostini, 1995, ad vocem.</p> <p>* A. Piccato, <i>Dizionario dei termini matematici</i>, Milano: Rizzoli, 1987, p. 280.</p> <p>** S. Sartori, "Il sistema internazionale di unità (SI)", cit., alla p. 13.</p>	

Tabella 1. Testo originale

(α) Because samples of matter typically contain so many atoms, a unit of measure called the mole has been established to use in counting atoms.

(β) The **mole** (abbreviated mol) is defined as the number equal to the number of carbon atoms in exactly 12 grams of pure ¹²C. (γ) Techniques such as mass spectrometry, which count atoms very precisely, have been used to determine this number as 6.02214 X 10²³ (6.022 x 10²³ will be sufficient for our purposes).

(δ) This number is called **Avogadro's number** to honor his contributions to chemistry.

(ε) One mole of something consists of 6.022 x 10²³ units of that substance.

(ζ) Just as a dozen eggs is 12 eggs, a mole of eggs is 6.022 x 10²³ eggs.

(η) The magnitude of the number 6.022 x 10²³ is very difficult to imagine.

(θ) To give you some idea, 1 mole of seconds represents a span of time 4 million times as long as the earth has already existed, and 1 mole of marbles is enough to cover the entire earth to a depth of 50 miles!

(ι) The SI definition of the mole is the amount of a substance that contains as many entities as there are in exactly 12 g of carbon-12.

(κ) Avogadro's number is 6.022 x 10²³.

(λ) One mole of anything is 6.022 x 10²³ units of that substance.

Bibliografia

- [1] G. Boniolo, P. Vidali, *Filosofia della scienza*, Milano: Bruno Mondadori, 1999, p. 317.
- [2] G. Boniolo, P. Vidali, *Filosofia della scienza*, Milano: Bruno Mondadori, 1999, p. 320.
- [3] E. Vinassa de Regny, "Misurazione fisica", *Enciclopedia della scienza e della tecnica*, Milano: Mondadori, 1970, ad vocem.
- [4] S. Sartori (a cura di), *Le misure nella scienza, nella tecnica, nella società*, pp. 13-48. "Il sistema internazionale di unità (SI)". Torino, Paravia, 1979.
- [5] P.W. Bridgman, *La logica della fisica moderna*, Torino: Boringhieri, 1965, pp. 36-37.

- [6] N. Abbagnano, G. Fornero (a cura di), *Dizionario di filosofia*, Torino: Utet, 2001, alla voce "Quantità".
- [7] S. Sartori (a cura di), *Le misure nella scienza, nella tecnica, nella società*, Torino: Paravia, 1979, p. 210.
- [8] *Le Système International d'Unités (SI)*, Sèvres: BIPM, 1991, p. 99.
- [9] *Le Système International d'Unités (SI)*, Sèvres: BIPM, 1991, p. 39.
- [10] B.W. Petley, "The mole and the unified atomic mass unit", *Metrologia*, **33**, pp. 261-264 (1996).
- [11] G. Villani, *La Chiave del Mondo. Dalla filosofia alla scienza: l'onnipotenza delle molecole*, Napoli: CUEN, 2001, p. 367.
- [12] *Le Système International d'Unités (SI)*, Sèvres: BIPM, 1991, p. 69.
- [13] *Le Système International d'Unités (SI)*, Sèvres: BIPM, 1991, p. 71.
- [14] J. Schummer, "The Chemical Core of Chemistry I: A Conceptual Approach", *HYLE*, **4**, pp. 129-162 (1998).
- [15] M.L. McGlashan, "Amount of substance and the mole", *Physics Education*, (1977), pp. 276-278, alla p. 278.
- [16] M.L. McGlashan, "Amount of Substance and the mole", *Metrologia*, **31**, pp. 447-455 (1994/95).
- [17] P. De Bièvre, R. Kaarls, S.D. Rasberry, W.P. Reed, "Metrology and the Role of Reference Materials in Validation and Calibration for Traceability of Chemical Measurements", *1995 NCLS Workshop & Symposium*, estratto di 16 pp.
- [18] H. Fuchs, *The Dynamics of Heat*, New York: Springer, 1996, p.448.
- [19] H. Fuchs, *The Dynamics of Heat*, New York: Springer, 1996, p.450.
- [20] H. Fuchs, *The Dynamics of Heat*, New York: Springer, 1996, p.451.
- [21] H.A. Klein, *The Science of Measurement. A historical Survey*, New York: Dover, 1988, pp. 207-216.
- [22] H.A. Klein, *The Science of Measurement. A historical Survey*, New York: Dover, 1988, pp. 211-212.
- [23] A. Piccato, *Dizionario dei termini matematici*, Milano: Rizzoli, 1987, p. 296.
- [24] M.L. McGlashan, "Amount of Substance and the mole", *Metrologia*, **31**, pp. 448 (1994/95).
- [25] M.L. McGlashan, "Amount of substance and the mole", *Physics Education*, (1977), pp. 276-278, alla p. 276.
- [26] S. Sartori (a cura di), *Le misure nella scienza, nella tecnica, nella società*, Torino, Paravia, 1979, pp. 13-48, alla p. 23.
- [27] M.L. McGlashan, "Amount of substance and the mole", *Physics Education*, (1977), pp. 276-278, alla p. 277.
- [28] C.S.G. Phillips, R.J.P. Williams, *Inorganic Chemistry*, Oxford: Clarendon, 1965, pp. 267-309.
- [29] L. Cerruti, *La mole. Uno studio sulla epistemologia regionale dei chimici*, monografia n. 17, Torino: Istituto di Metrologia "Gustavo Colonnetti", 1984, 79 pp.
- [30] L. Cerruti, "The Mole, Amedeo Avogadro and Others", *Metrologia*, **31**, 159-166 (1994).

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Tutto ciò che tutti dovrebbero sapere sulla chimica *

John Holman è *Salters Professor di Didattica della Chimica* e direttore del *Science Curriculum Centre* e del *Chemical Industry Education Centre* dell'Università di York, Heslington, York YO10 5DD

Questo articolo è basato su una conferenza tenuta alla *Merchant Adventurers' Hall*, York, il 28 settembre 2000, come parte della serie di conferenze celebrative della chimica organizzata dalla *Salters' Company* e dalla *Royal Institution of Great Britain* nell'occasione del nuovo millennio e del bicentenario della *Royal Institution*.

Nel settembre 2000 il Direttore della Agenzia Britannica per gli Standard nell'Alimentazione ha sollevato clamore affermando, alla televisione, che non c'è alcuna evidenza che il cibo biologico sia più salutare di altri tipi di alimenti [1]. Da quando Wöhler falsificò la teoria della "forza vitale" nel 1828 [2], i chimici hanno compreso che i principi nutritivi sono gli stessi, qualunque sia la loro provenienza: la vitamina A di una carota biologica è del tutto uguale alla vitamina A di una carota "non-biologica". Ma che cosa dire dei pesticidi che si possono o meno trovare sulla carota? La questione diventa molto più complessa e i chimici devono svolgere esami e

JOHN HOLMAN

porsi domande, per esempio, sulla concentrazione e sugli effetti tossici. Per essere partecipe di un tale dibattito, allora, il pubblico ha bisogno di conoscere alcuni principi fondamentali della chimica e di avere qualche idea sul modo con il quale gli scienziati arrivano a fornire risposte a queste domande. Ma quali aspetti della chimica dovrebbe avere studiato il cittadino al momento di lasciare la scuola al termine dell'obbligo scolastico (16 anni nel Regno Unito *N.d.T.*) in modo di poter affrontare questi problemi?

sunto che ognuno dovrebbe studiare qualche cosa di chimica nel curriculum obbligatorio. La presenza dell'insegnamento scientifico obbligatorio si giustifica con varie ragioni [3,4]:

- utilitaristiche : la scienza è utile nella vita di tutti i giorni;
- economiche : la società necessita di scienziati, dottori e ingegneri opportunamente preparati;
- democratiche : ognuno necessita di conoscenze scientifiche per partecipare ai dibattiti su fatti di pubblico interesse;
- culturali : la scienza fa parte della nostra cultura moderna e vale la pena studiarla come valore in sé.

Le ultime due ragioni, la democratica e la culturale, sembrano essere i due argomenti più stringenti in favore di uno studio generalizzato delle scien-

120 *Riprodotta su autorizzazione da *Education in Chemistry*, Vol. 38 (2001), p. 10. Traduzione di **Raffaele Pentimalli**.

ze da parte di tutti gli studenti. L'argomento utilitaristico è limitato: i chimici possono diventare bravi cuochi indipendentemente dalla loro comprensione delle macromolecole, e in ogni caso il mondo moderno è dominato da dispositivi di alta tecnologia che non possiamo sperare di dominare sulla base di una semplice formazione scientifica di base. Le ragioni economiche in favore dell'educazione scientifica sono fuori discussione: la prosperità economica e il benessere sociale dipendono dalla disponibilità di tecnici e scienziati ben preparati. La sfida che ci attende come educatori è di conciliare i bisogni dei futuri specialisti con quelli dei cittadini che devono possedere una formazione generale.

La chimica per i cittadini

Allora la domanda è "Che cosa dovrebbe prevedere un corso intitolato *Chimica per il cittadino* ?". Penso che tale corso dovrebbe essere costruito intorno a contesti quotidiani che la gente trovi interessanti e significativi ed essere basato su alcuni principi fondamentali piuttosto che sulla descrizione delle proprietà dei composti chimici in quanto tali. Oggi il numero dei composti conosciuti è elevatissimo e cresce continuamente. Venti anni fa i composti organici conosciuti dai chimici erano circa 2,5 milioni. Oggi una casa farmaceutica importante può produrre circa 2 milioni di nuovi composti in un paio di mesi [5].

Nel riquadro ho elencato quattro principi fondamentali della chimica che ritengo importanti per un corso di chimica per i cittadini. Essi sono stati scelti avendo attenzione agli imperativi democratici e culturali e dovrebbero aiutare la gente a capire questioni sociali critiche e aprire una finestra sul fascino e la bellezza della chimica. Mentre la base per i contenuti di un curriculum di scienze è spesso formata da ciò che è stato fatto nel passato oppure da ciò che necessita come fondamento per studi più approfonditi a livello superiore, la mia proposta è dimensionata per il generalista, non per lo specialista.

La comprensione del secondo dei principi citati, per esempio, potrebbe aiutare gli studenti a rendersi conto e a partecipare, con cognizione di causa, al dibattito sugli alimenti biologici. Il terzo principio li aiuterebbe a distinguere un elemento come il cloro

nelle sue varie forme: elementare come gas velenoso, in combinazione con il sodio come prodotto innocuo che conferisce sapore, in combinazione con il carbonio e il fluoro come refrigerante non tossico ma dannoso per lo strato di ozono, o a capire come, per quanto suoni terrorizzante, il ferrocianuro di potassio sia utilizzato come agente disidratante in alcuni tipi di sale e come, alla concentrazione utilizzata, non sia più nocivo dello stesso sale da cucina. Più importante è il fatto che una comprensione di questi quattro principi di chimica aprirebbe gli occhi degli studenti sulla intima bellezza del mondo. Per i chimici la capacità di vedere l'architettura molecolare soggiacente a ogni materiale di uso quotidiano può essere altrettanto arricchente quanto lo studio della letteratura inglese (o italiana *N.d.T.*). Questa capacità rende possibile ai chimici non solo raffigurare i composti che stanno alla base della vita ma anche utilizzare questa comprensione per progettare nuove cure per le malattie. Marek Brzozowski, Ashley Pike e colleghi del Laboratorio di Biologia Strutturale di York, per esempio, hanno determinato la struttura della proteina recettrice degli estrogeni (fig. 1) [6].

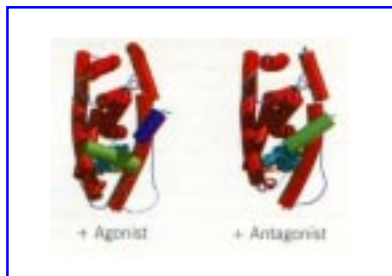


Fig. 1. Ricettore degli estrogeni: regione legante l'ormone (Agonist = Agonista; Antagonist = Antagonista)

Questa informazione aiuterà loro ed altri a capire come funzionano agonisti e antagonisti, e questo potrebbe essere importante per sviluppare una cura del cancro della mammella.

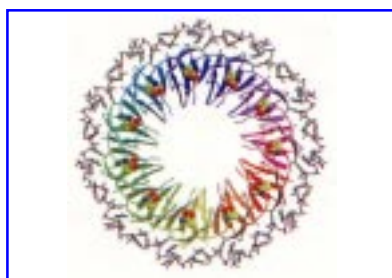


Fig. 2. La molecola di TRAP, una proteina che i batteri usano per controllare la produzione di triptofano

La Figura 2, che rappresenta la struttura della molecola di TRAP determinata da Fred Antson e Paul Gollick con altri colleghi delle Università di York (UK) e Buffalo (USA), rivela ulteriormente la bellezza del mondo molecolare [7].

Tuttavia la sola comprensione di questi quattro principi non può ritenersi sufficiente. Per capire molte questioni basate sulla scienza, la gente deve conoscere anche qualche cosa sui modi di operare degli scienziati e sui poteri e i limiti della scienza. Analisi effettuate per il Ministero dell'Agricoltura, Pesca e Alimentazione, per esempio, hanno rivelato residui di pesticidi sia nelle carote biologiche che in quelle non biologiche [8], mentre altri ricercatori non ne hanno trovati né nelle une né nelle altre [1]. Assumere decisioni a fronte di queste incertezze richiede non solo una comprensione del concetto di concentrazione chimica ma anche il riconoscimento del fatto che le misure scientifiche implicano sempre margini di incertezza e che la scienza non fornisce necessariamente risposte univoche e talvolta non dà alcuna risposta. Ecco che allora il pubblico deve assumere decisioni su questioni che riguardano, per esempio, le modificazioni genetiche, sulla base di evidenze incomplete. Si deve capire che spesso, lungi dal fornire fatti, la scienza non può offrire molto di più che gradi di incertezza. Per valutare alcune delle incredibili possibilità create dalla tecnologia genetica, per esempio, gli studenti devono essere capaci di considerare con attenzione la domanda: "Si può fare ?" prima di procedere razionalmente a considerare la domanda: "Si deve fare ?".

Che cosa insegnare

Una cosa è definire un nuovo curriculum di chimica, un'altra, completamente diversa, è insegnarlo in modo che gli studenti capiscano, si divertano e trovino interesse a saperne di più. Gli insegnanti e gli specialisti dell'educazione [9] sanno che ciò che gli studenti vogliono è "spettacolo" e "varietà", e inoltre la possibilità di collegare i principi della chimica con le cose familiari. A loro piace ascoltare discorsi sugli sviluppi più recenti della chimica e sentire che questa è una scienza dinamica. Agli studenti non piace la sensazione di essere accompagnati come visitatori frettolosi attraverso il paesaggio scientifico, e questo accade troppo spesso perché

i docenti devono correre per finire un programma troppo carico. La *Chimica per il cittadino* richiede un corso accompagnato da esperienze di chimica attraenti e con attività di laboratorio sulle quali gli studenti possiedano un minimo di controllo. Si dovrebbero usare contesti familiari ed elementi e composti comuni per sviluppare i concetti chimici in modo simile all'approccio orientato alle applicazioni seguito dal progetto Salters. Il curriculum non dovrebbe essere sovraccarico di contenuti perché ne consegue l'impossibilità di trovare posto per le nuove scoperte della chimica o di discutere i risvolti sociali della scienza. La *Chimica per il cittadino* deve coprire i quattro principi

fondamentali della chimica, evidenziando i poteri e i limiti della scienza, e va insegnata facendo riferimento ai contesti familiari lasciando un abbondante spazio per esperienze di prima mano su prodotti chimici e per discussioni sulla chimica contemporanea.

Mentre questo curriculum può offrire una base per tutti i cittadini, probabilmente non fornisce sufficiente materiale per i futuri specialisti. L'auto-revole rapporto *Oltre il 2000* [10] propone un modello basato su un programma per l'alfabetizzazione del pubblico, studiato da tutti e che occupi circa il 10 per cento del tempo curricolare. A questo si possono aggiungere altri moduli, alcuni di tipo

accademico e progettati per futuri specialisti e altri professionalizzanti. Questo modello sarebbe piuttosto differente dall'attuale curriculum di Scienze (Double award) in vigore in Inghilterra e Galles, che occupa il 20% del tempo curricolare ed è stato calibrato per i futuri specialisti.

Io credo che un curriculum di scienze teso a migliorare la comprensione del pubblico dovrebbe essere progettato per non-specialisti, ma fornire una base su cui sviluppare un corso per specialisti. Questo potrebbe significare una diminuzione del numero di studenti che passano il 20% del loro tempo studiando le scienze, ma si avrebbe un aumento della percentuale di studenti che frequentano un corso che si adatta meglio ai loro bisogni e interessi. Se questo significasse che una maggiore percentuale di studenti finisce i suoi studi dell'obbligo meglio attrezzata per una vita da cittadini di una società dominata da scienza e tecnologia e con gli occhi aperti sulla bellezza e la potenza della chimica, questo sarebbe un risultato apprezzabile.

Ciò che tutti dovrebbero sapere sulla chimica

I principi	Importanti per capire
1) <i>Ogni cosa è formata di atomi e molecole</i> • che sono molto piccoli e • sono in continuo movimento	• Tutto il resto • Il comportamento di solidi, liquidi e gas
2) <i>I composti chimici hanno una composizione definita e invariabile</i> • Ogni cosa è formata da elementi, che sono circa 100 • Ogni sostanza pura ha una formula definita • Campioni di una stessa sostanza sono identici, qualunque sia la loro origine	• Il concetto di purezza • Il concetto di concentrazione • Il concetto di composizione costante
3) <i>L'idea di trasformazione chimica</i> • Quando avviene una trasformazione chimica gli atomi si legano in modo diverso e si formano nuove sostanze con proprietà diverse	• I diversi effetti biologici di elementi e composti • Che cosa fa l'industria chimica
4) <i>L'idea che le proprietà delle sostanze dipendono dalla loro struttura molecolare</i> • La forma delle molecole di una sostanza e il modo con in cui sono unite determinano aspetto e proprietà della sostanza	• L'architettura della materia • Come i chimici progettano materiali, farmaci ecc. con particolari proprietà
<i>Il potere e i limiti della scienza</i> • Come gli scienziati cercano di risolvere i problemi • A quali domande la scienza può rispondere e a quali no	• Considerare in modo razionale gli aspetti etici della scienza • Valutare i resoconti dei media su fatti scientifici

Bibliografia

[1] *BBC Countryfile*, 3 settembre 2000
 [2] F.Wöhler, *Annalen der Physik und Chemie*, 1828, 88
 [3] R.H.Millar, *Sch.Sci.Rev.*, 1966, **77**, 280
 [4] J.F.Osborne, *Science for citizenship*, in *Good practice in science teaching*. Milton Keynes: OUP, 2000
 [5] J.Niedel in una presentazione alle *Societies for Medicines Research, Case histories of drug discoveries*, Dicembre 1999
 [6] A.M.Brzozowski e altri, *Nature (London)* 1997, **389**, 753-758
 [7] A.A. Antson e altri, *Nature (London)* 1999, **401**, 235-432
 [8] *Pesticide residues 1999 report*. London: HMSO, 2000
 [9] J.F.Osborne e S.Collin, *Pupils and parents' views of the school science curriculum*. London: King's College, 2000
 [10] R.H.Millar e J.F.Osborne, *Beyond 2000: science education for the future*, London: King's College, 1998

Un'esperienza di formazione in rete: il Forum INDIRE

1. Premessa

Il MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca) ha recentemente lanciato la prima iniziativa su vasta scala di formazione integrata con attività in presenza e in rete, indirizzata a docenti neoassunti di scuole preuniversitarie di ogni ordine. Questa iniziativa è stata gestita dall'INDIRE (Istituto Nazionale di Documentazione per l'Innovazione e la Ricerca Educativa); essa si è articolata in corsi strutturati di tema didattico, pedagogico e normativo, consultabili on-line, in laboratori centrati sulle risorse didattiche offerte dalla rete e in forum su argomenti particolari di tipo disciplinare. Ogni forum è stato gestito da uno o più esperti scelti da associazioni disciplinari; per il settore chimico sono state contattate la DD-SCI e l'AIC. Gli scriventi hanno avuto funzione di moderatori in due dei quattro forum affidati alla DD-SCI.

Dal lavoro di gestione, faticoso ma anche soddisfacente, sono emerse alcune indicazioni che possono essere utili per coloro che saranno chiamati a gestire eventuali analoghe iniziative future. E' su queste indicazioni che si fonda la presente nota.

2. Le associazioni coinvolte

Limitando il nostro esame all'area scientifica – sperimentale, possiamo notare come sia ben rappresentato tutto il panorama delle associazioni scientifiche coinvolte in maggiore o minore misura con i problemi dell'insegnamento.

Fino dall'inizio sono intervenute le quattro associazioni formate principalmente da insegnanti. Vediamole brevemente, insieme ai titoli dei forum di loro competenza:

Divisione di Didattica Chimica della

MARIA VITTORIA MASSIDDA¹
PIERLUIGI RIANI²

Società Chimica Italiana – DD-SCI

1 Le trasformazioni chimiche in classe, in laboratorio, a casa.

2 Le molecole: le dinamiche dei processi nel mondo microscopico.

3 L'industria, il mercato e la produzione delle principali sostanze chimiche.

4 La chimica, le altre scienze e il mondo moderno: progettazione di itinerari didattici per la scuola secondaria di primo grado.

Associazione per l'Insegnamento della Fisica – AIF

1 Dall'osservare al misurare.

2 Il laboratorio scientifico: palestra del fare e del pensare.

3 Il ruolo della storia nell'insegnamento della fisica.

4 Oltre l'enciclopedismo: come ritagliare percorsi di fisica sensati.

Associazione Insegnanti Chimici – AIC

1 La chimica organica nella scuola superiore.

2 Educazione scientifica a fondamento della formazione.

3 La costruzione di strumenti didattici informatici nell'insegnamento della chimica.

4 Il gioco dell'energia nei processi chimici.

Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali – ANISN

1 Insegnare scienze naturali, biologia, scienze della Terra e chimica ai bambini, ai ragazzi e ai giovani.

2 Il laboratorio, l'attività sul campo e le tecnologie didattiche nell'insegnamento delle scienze naturali, biologia, scienze della Terra e chimica ai bambini, ai ragazzi e ai giovani.

3 Quali saperi essenziali nelle scienze naturali? La costruzione del curricolo per competenze e concetti strutturanti.

4 Le trame concettuali della biologia

e delle scienze della Terra: problemi dell'apprendimento/insegnamento delle scienze naturali.

A partire dalla terza tornata, sono intervenute anche due associazioni scientifiche "pure", meno legate all'insegnamento:

Società Italiana di Fisica – SIF

1 La fisica nascosta nei giocattoli, negli oggetti e nei fenomeni di vita quotidiana.

2 Lo sviluppo della fisica nel '900: idee strumenti e personaggi.

Società Astronomica Italiana – SAIT

1 Il cielo in classe.

2 Dall'osservazione del cielo all'astrofisica moderna.

3. Alcuni problemi di inizio e fine lavoro

Prima annotazione: nella proposta di collaborazione il lavoro di moderatore era presentato come un'attività continuativa, con un impegno richiesto dell'ordine di 2 – 3 ore al giorno. La realtà, almeno in questa prima tornata durata poco più di 4 mesi, è stata invece alquanto più leggera, e questo indipendentemente dalla maggiore o minore buona volontà del moderatore stesso. La richiesta era più o meno la seguente:

- Ogni moderatore doveva scrivere una presentazione del tema da lui prescelto e presentarla all'inizio del forum;

- Successivamente doveva leggere almeno giornalmente gli interventi dei partecipanti, rispondendo alle eventuali domande e scrivendo commenti che facessero anche da stimolo per il dibattito;

- Una volta ottenuta una sufficiente "banca dati" era richiesta anche una specie di classificazione dei temi più ricorrenti, con la produzione di messaggi F.A.Q. – Frequently Asked Questions.

La prescrizione della lettura giornaliera è stata da noi senz'altro seguita; per non frammentare eccessivamente il lavoro e per dare un respiro più ampio a risposte, commenti e stimoli

¹ I.T.A.S. "Grazia Deledda" - Cagliari
e-mail: vmassidda@tiscalinet.it

² Dip. di Chimica e Chimica Industriale – Università di Pisa
e-mail: riani@dcchi.unipi.it

per nuovi interventi abbiamo generalmente optato per una sessione di "scrittura" ogni due o tre giorni.

Per l'ultimo punto, V.M. ha inserito 8 messaggi di FAQ; il forum moderato da P.R. non ha invece fatto emergere problemi comuni a molti utenti, per cui non c'è stata produzione di FAQ. Al riguardo c'è da sottolineare come la questione sia interpretabile in modo totalmente soggettivo.

Il Forum coordinato da V. M., inizialmente dal titolo "I criteri che regolano le trasformazioni chimiche" apparteneva al primo gruppo, con inizio nei primi giorni di febbraio 2002; erano prevedibili quindi difficoltà legate sia agli aspetti tecnici, sia a quelli del "rodaggio" dei partecipanti.

Gli aspetti tecnici hanno fatto la loro parte: per parecchio tempo sia gli utenti, sia i moderatori, hanno trovato difficoltà per le modalità di collegamento e per gli eccessivi tempi di trasmissione. Quest'ultimo punto dipende evidentemente dal canale utilizzato, dalle caratteristiche dell'eventuale MODEM e dal grande numero di utenti*; quanto alle modalità di collegamento, i tecnici INDIRE hanno abbastanza rapidamente risolto i problemi in modo più o meno soddisfacente.

L'inghippo principale è però stato un altro, anche esso prevedibile ma dovuto a un clamoroso errore di impostazione. Come detto nell'introduzione, i Forum facevano parte di un progetto di formazione integrata comprendente corsi a distanza, indirizzato a docenti neoassunti; la partecipazione ai corsi telematici e ad altre varie attività era obbligatoria, e a ciascuna attività seguita corrispondeva l'acquisizione di un certo numero di crediti. In questo quadro, alla partecipazione ai Forum non era stato inizialmente assegnato alcun credito; non era particolarmente difficile prevedere che la partecipazione non sarebbe stata oceanica.

Di conseguenza l'avvio è stato assai stentato; solo dopo diverse settimane gli utenti hanno ricevuto la notizia che il quadro era cambiato e che la partecipazione ai forum avrebbe avuto il suo corrispettivo di crediti. Nel contempo V. M. aveva anche modificato il titolo del Forum, proponendone uno meno impegnativo: "Le trasformazioni chimiche in classe, in laboratorio, a casa"; a questo punto il

meccanismo, debitamente oliato, si è messo in moto. Su due mesi di durata di un forum ne era stato praticamente perso uno, nonostante i ripetuti interventi di V.M. per animare la discussione (interventi che, peraltro, hanno avuto il loro effetto nel secondo mese di lavoro).

Veniamo ora al periodo conclusivo. Il forum moderato da P. R. apparteneva al quarto e ultimo gruppo; il funzionamento era ormai ben collaudato (da un punto di vista tecnico, ovviamente!), ma ci sono stati inconvenienti dovuti al periodo: dal 10 maggio al 15 giugno. Periodo quindi accorciato rispetto ai due mesi canonici, e in più parziale sovrapposizione con il periodo di verifiche finali e scrutini. Risultato: avvio delle discussioni molto soddisfacente, fase mediana (20 – 30 maggio) estremamente produttiva, successivamente crollo degli interventi che sono diventati totalmente sporadici.

Del fatto che la connotazione dei partecipanti non sia solo quella di insegnanti in formazione, ma anche di insegnanti in servizio, si deve tener conto all'atto della stesura del calendario. I periodi di impegno didattico gravoso e di scarsa disponibilità di tempo sono perfettamente noti; in questi periodi, in eventuali future riedizioni, è bene fare in modo che i forum tacciano o che quantomeno quelli in corso siano a esaurimento. Sembra abbastanza inutile prolungarli oltre un certo limite: dopo un'interruzione si perde la novità dell'argomento trattato e una eventuale ripresa appare totalmente aleatoria.

4. Alcune idee riguardo alla gestione di un forum

Al momento dell'inizio dei lavori le idee degli scriventi erano piuttosto idealizzate; una volta che la situazione è andata a regime ci siamo resi conto della necessità di tenere i piedi saldamente appoggiati a terra.

La questione principale riguarda la tipologia degli interventi. Ci si attendono interventi altamente problematici, domande di chissà quale difficoltà e così via; quello che invece si verifica è che, in conseguenza probabilmente del vissuto dei partecipanti, gli interventi riguardano soprattutto la loro esperienza didattica.

In un contesto del genere il modera-

tore non è quasi mai chiamato direttamente in causa. L'intervento – tipo segue più o meno il seguente schema: "Nel mio lavoro di insegnante mi sono trovato di fronte al problema X; vi presento il mio modo di risolverlo"; il problema X può essere costituito dalla trattazione didattica di un argomento più o meno vasto, può essere di natura sperimentale, può essere la questione più disparata.

A prima vista il moderatore potrebbe pensare di mettersi nei panni di un esaminatore: ha avuto infatti l'incarico quale esperto della disciplina. Si tratta però a nostro avviso di un procedimento sbagliato: l'insegnante che è intervenuto non vuole essere sottoposto a un giudizio, ma spera semplicemente di avere un riscontro positivo, possibilmente entusiastico, al lavoro da lui svolto. Se si trova davanti a una critica aperta o a una correzione, magari perfettamente motivata, la tentazione di ritirarsi diventa forte. Nel caso che occorra correggere il tiro, magari di fronte a un intervento che contiene errori concettuali, l'atteggiamento del moderatore deve quindi essere quanto più possibile mediatore: nei limiti del possibile non si deve rispondere "no", si deve rispondere "sì, ma ...".

E se l'intervento è tutto sommato corretto, ma (almeno nel giudizio del moderatore) totalmente privo di interesse, che cosa si fa, lo si lascia passare senza commenti? Anche questo atteggiamento appare negativo: chi interviene vuole un riscontro, e non gli basta generalmente il riscontro degli altri utenti, vuole anche quello del moderatore. Del resto, nessun intervento può essere totalmente privo di interesse: il moderatore dovrebbe quindi, oltre a dare il riscontro sperato, proporre ampliamenti, strade alternative e comunque tutto ciò che può contribuire a farne crescere la significatività.

A volte gli utenti hanno praticato in precedenza gruppi di discussione di natura più o meno "chattatoria"; alcuni interventi possono quindi implicitamente configurarsi come pura e semplice richiesta di scambiare quattro chiacchiere. Anche a questi interventi il moderatore deve tentare di dare una risposta. Potrebbe al limite arrivare un messaggio del seguente tenore: "Ciao a tutti, mi chiamo Xx Yy e volevo solo salutarvi e dirvi che il vostro forum è molto interessante". Che fare? La cosa migliore è ringra-

124 * La piattaforma gestita dall'INDIRE ha chiuso le attività di formazione in rete con circa 22700 iscritti: un numero più che considerevole, anche se inferiore al numero totale di insegnanti neoassunti (62000).

ziare e nel tempo stesso sollecitare un intervento riguardante il tema del forum.

A conclusione del paragrafo dobbiamo comunque sottolineare anche un dato assai positivo: in alcuni casi gli interventi sono abbastanza ben strutturati, evidentemente frutto di lavori, discussioni e riflessioni precedenti, spesso legati a progetti direttamente sperimentati dall'utente del Forum nella propria scuola.

5. Proposte e conclusioni

L'esperienza di formazione e aggiornamento in rete è stata senz'altro positiva, e quindi pensiamo sia il caso di istituzionalizzarla; proponiamo per concludere alcuni suggerimenti, in parte già emersi in quanto già scritto.

a) Per la linea generale:

- I forum potrebbero seguire un ciclo annuale in due fasi: inizio dopo la fase di rodaggio scolastico (fine settembre - primi di ottobre?), termine della prima fase all'inizio delle vacanze di

Natale; seconda fase dall'inizio del secondo quadrimestre alla fine di maggio.

- Forse potrebbe essere il caso di aprirli a tutti i docenti interessati, non solo a quelli di nuova nomina. In questo caso dovrebbe essere trovato qualche accorgimento per evitare sovraccollamenti.

- Un archivio di FAQ, senz'altro di grande utilità, può essere costruito anche partendo dalle risultanze di diversi forum riguardanti temi fra loro collegati.

b) Per scienze e chimica in particolare:

- I moderatori dovrebbero optare per un tipo specifico di cattedra; per il caso particolare della chimica i problemi sono assai diversi per le tre classi interessate, la 059, la 060 e la 013. Per la chimica nella secondaria superiore sarebbe anche il caso di distinguere fra biennio e triennio. Ogni associazione scientifica dovrebbe evidentemente puntare (se ha a disposizione le competenze) a coprire tutte

le classi di interesse.

- Non deve essere assolutamente dimenticata la scuola elementare, che richiede forum appositamente dedicati. Fra l'altro, il materiale prodotto dalla DD-SCI al riguardo è abbondante e valido.

- Potrebbe essere opportuno alternare temi di carattere generale (es. "Quali elementi di chimica in un curriculum per la scuola elementare") e temi più specifici (es. "Come introdurre le funzioni di stato termodinamiche nella scuola secondaria superiore").

- Per la classe 059 e per la scuola elementare potrebbe essere interessante la gestione a più mani di forum riguardanti l'intera area scientifico sperimentale; occorrerebbe in questo caso un intervento coordinato di DD-SCI, AIF e ANISN. Qualcosa del genere potrebbe essere proposto anche per la classe 060, tenendo però conto del fatto che in detta classe di concorso le discipline, anche se affidate allo stesso insegnante, sono separate.

Recensione

Giovanni Villani

LA CHIAVE DEL MONDO

DALLA FILOSOFIA ALLA SCIENZA:
L'ONNIPOTENZA DELLE MOLECOLE

CUEN, Napoli, 2001

€ 19,63

Scopo di questo libro, come detto nell'introduzione, è di mostrare l'importanza scientifica e filosofica della teoria molecolare della materia. Al centro dell'interesse vi sono quindi le molecole, intese come soggetti di un particolare tipo di approccio allo studio del mondo materiale, di cui possono costituire la "chiave" interpretativa. Diversamente da quanto accade per la teoria atomica, le opere dedicate alla teoria molecolare sono rare e il terreno non sembra esplorato a sufficienza, specialmente dal punto di vista storico ed epistemologico. Certo, l'argomento richiede una varietà di competenze che,

Settembre - Ottobre 2002



come osserva anche l'A., difficilmente sono bagaglio di una sola persona. Tuttavia, pur conscio di questo e presentandosi modestamente come "chimico con qualche conoscenza della storia e dei fondamenti della propria disciplina" egli ha deciso di raccogliere la sfida e, senza sottovalutare i rischi dell'impresa, ha cercato di produrre un'opera di cultura scientifica che agisse da stimolo ad altre trattazioni. Gli spunti di discussione forse non mancheranno, visto il netto schierarsi di Villani contro ogni ipotesi riduzionista e,

in particolare, a favore dell'autonomia della chimica rispetto alla fisica. E' stato fatto giustamente osservare (G. Peruzzi in *Scienza e realtà*, B. Mondadori, 2000) che la riflessione sistematica avviata da numerosi scienziati sulle questioni del riduzionismo ha, rispetto a quella dei filosofi, da una parte il merito di essere maggiormente radicata in una conoscenza delle pratiche scientifiche e, dall'altra, spesso, il difetto di non essere sufficientemente attenta agli sviluppi del dibattito filosofico. La valutazione di tale livello di attenzione esula dalle competenze del chimico. Si può dire, tuttavia, che questo libro rivela una dimestichezza con le teorie e i metodi della conoscenza scientifica abbastanza singolare nel panorama della chimica italiana. I primi tre capitoli sono dedicati al concetto di materia secondo i filosofi, i fisici e i chimici. Seguono quelli dedicati all'atomo nel XIX e nel XX secolo, per approdare al concetto di struttura e sue modifiche quantistiche. Questo concetto è trattato al capitolo VI, che costituisce il centro ideale dell'opera. Qui si attribuisce alla chimica il merito, non trascurabile, di aver operato una sintesi originale tra meccanicismo ed organicismo, elaborando una propria vi-

Continua alla pag. 139

CnS - La Chimica nella Scuola

APPRENDIMENTO COOPERATIVO:

applicazione ad un'unità didattica di elettrochimica^{1,2}

“ Gli insegnanti che considerano se stessi come trasmettitori di nozioni e che pensano agli studenti come a dei vasi da riempire, perdono importanti occasioni per far emergere le risorse della classe come gruppo di apprendimento ”

(M. Polito)

Riassunto

Il gruppo classe è una risorsa educativa e didattica che finora è stata troppo trascurata. Oggi gli insegnanti sono chiamati ad una professionalità che non riguarda più solo gli aspetti contenutistici della disciplina, ma anche gli aspetti affettivi e relazionali dell'educazione. L'abilità di saper istruire utilizzando nuove strategie e metodologie diventa quindi sempre più indispensabile e necessaria.

In questo lavoro gli autori hanno cercato di verificare l'efficacia dell'Apprendimento Cooperativo, mettendo a confronto, in due classi parallele, lo stesso contenuto disciplinare affrontato seguendo due distinte metodologie didattiche (lezione frontale versus apprendimento cooperativo). L'argomento disciplinare trattato è stato l'elettrochimica e le classi coinvolte erano due classi quarte di liceo scientifico.

I risultati ottenuti hanno permesso di affermare che l'Apprendimento Cooperativo costituisce una utile strategia in grado di coinvolgere maggiormente gli studenti nel proprio processo di apprendimento e di permettere loro l'utilizzo delle risorse dell'altro.

Abstract

Cooperative Learning: an application to a didactic unit on electrochemistry

A class of students, as a group of inter-intellectual resources for enrichment has been up to now quite neglected. Today teachers besides updating their skills in the newer

() Docente specializzata per l'insegnamento secondario, c/o ITIS 'G. Galilei, Via Martiri di Cefalonia, 14 - 40137 San Secondo Parmense, PR.*

*(**) Liceo Scientifico 'A. Righi', V.le C. Pepoli, 3 - 40123 Bologna*

*(***) Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", Via selmi 2 - 40126 Bologna*
e-mail: rcerv@ciam.unibo.it

BEATRICE AIMI^(*)
 VITTORIA STAGNI^(**)
 RINALDO CERVELLATI^(***)

aspects of their subject matters and in affective and relational aspects of education, they must deal with new methodologies in teaching. In this paper the authors tried to verify the effectiveness of the Cooperative Learning method by comparing the same chemistry content (an electrochemistry unit) in two parallel classes. The contents were taught following two different didactic strategies: the 'traditional' teaching vs. cooperative learning. The results showed that cooperative learning is a useful didactic strategy being able to involve pupils in their own learning process through effective experience exchanges.

1. Introduzione

Negli anni venti-trenta il ruolo del sociale nello sviluppo cognitivo è stato ampiamente riconosciuto da grandi psicologi di differente provenienza culturale e di differente impostazione teorica. Per esempio G.H. Mead poneva in primo piano il ruolo dei fattori sociali nello sviluppo dei processi psichici [1]. Negli stessi anni Piaget giudicava lo scambio sociale un fattore determinante nella costruzione dell'intelligenza: *“credo che la vita sociale sia una condizione necessaria allo sviluppo della logica”*. Prende vigore quindi, in quegli anni, la centralità del rapporto tra sociale e individuale, nel senso della *indispensabile mediazione sociale per qualsiasi costruzione mentale individuale* [2]. Anche Vygotskij riconosce che

lo sviluppo è comunque e sempre orientato dalla cultura di appartenenza, ed è sostenuto da una trama di rapporti sociali.

Nonostante tutti questi approcci della prima metà del secolo abbiano riconosciuto una grande importanza ai fattori sociali nello sviluppo dell'intelligenza, è tuttavia solo dagli anni sessanta che vengono avviate ricerche sistematiche sull'influenza dei fattori sociali nello sviluppo cognitivo [3]. Una applicazione di tali ricerche si ritrova attualmente negli studi sul *Cooperative Learning*, vale a dire negli approcci che studiano i gruppi come mezzi per lo sviluppo sociale e cognitivo dell'individuo [4].

Il *Cooperative Learning* (Apprendimento Cooperativo) è una modalità di gestione democratica della classe che definisce in modo approfondito il metodo di insegnamento *democratico lewiniano*. Essenzialmente centrato su gruppi di lavoro eterogenei e costruttivi, sulla effettiva interdipendenza positiva dei ruoli e sull'egualianza delle opportunità di successo per tutti, il *Cooperative Learning* tende a creare un contesto educativo non competitivo, ma altamente responsabile e collaborativo [5]. Il contatto con allievi migliori in situazioni cooperative produce strategie di analisi approfondite e critiche, risposte più creative e livelli di spiegazione più elaborati. I processi cognitivi indotti dal dover parlare, discutere e spiegare ad altri il materiale da studiare, migliorano la ritenzione in memoria e promuovono lo sviluppo di strategie di ragionamento di ordine superiore. Non si può tuttavia parlare di *Cooperative Learning* ogni qual volta in classe si formano dei gruppi per discute-

1. Questo lavoro è tratto da una tesi di specializzazione della SSIS-Bologna, Indirizzo Scienze Naturali, Classe A060: 'Quando lo stare in classe risulta difficile. Il lavoro di gruppo come strategia didattico/pedagogica in ambito scientifico' di Beatrice Aimi, a.a. 2000-2001.

2. I paragrafi 1 e 2 sono opera della Prof. Vittoria Stagni, i paragrafi 5, 6 e 7 sono opera del Prof. Rinaldo Cervellati.

re un tema o studiare una lezione, si esortano gli studenti ad aiutarsi reciprocamente o si assegna loro un lavoro da consegnare dopo un'attività di gruppo [6]. Perché si abbia un gruppo di Apprendimento Cooperativo, secondo alcuni Autori, devono essere presenti cinque caratteristiche da ritenersi specifiche e fondamentali: l'interdipendenza positiva, la responsabilità individuale, l'interazione promozionale faccia a faccia, l'uso appropriato delle abilità nella collaborazione e la valutazione del lavoro [7]. Univoci e numerosi dati riportati nella letteratura indicano che l'Apprendimento Cooperativo, quando viene attuato in modo appropriato, fornisce risultati migliori rispetto all'apprendimento tradizionale realizzato mediante la lezione frontale e la risoluzione di quesiti e problemi secondo schemi già forniti dall'insegnante [8,9]. Tuttavia, un docente che voglia mettere in pratica il metodo cooperativo si trova ad affrontare due evidenti ordini di problemi:

a) *le reazioni degli studenti alla novità*: di fronte alle prime difficoltà, alle richieste di impegno supplementare o ai conflitti che nascono nei gruppi, gli studenti tendono al rifiuto del nuovo metodo per tornare alle metodologie tradizionali "con le quali si è sempre insegnato e alle quali siamo abituati";

b) *il carico di lavoro dell'insegnante*: il lavoro del docente, in termini di pensiero progettuale e di strutturazione, risulta piuttosto impegnativo. Inoltre, il ruolo del docente che passa da fornitore di conoscenze a quello di **coordinatore** dei processi di apprendimento richiede l'acquisizione di competenze di analisi dei processi e di intervento sugli stessi che presuppongono un notevole lavoro di riqualificazione professionale.

Di fronte a tali difficoltà portate dal cambiamento didattico, il rischio del fallimento all'introduzione del Cooperative Learning è elevato.

L'esperienza che viene presentata in questo lavoro, vuole essere un esempio di introduzione *graduale* alla metodologia al fine di valutare la *percorribilità del metodo* e l'*efficacia* dello specifico contesto educativo.

2. Il Progetto di Ricerca

Il progetto di ricerca ha previsto l'intervento su due classi quarte (IV A e IV B) di Liceo Scientifico, dove sono

stati confrontati parallelamente due differenti metodi didattici: la didattica tradizionale *versus* il Cooperative Learning. Gli interventi hanno occupato una settimana di lezioni e i contenuti disciplinari affrontati in entrambe le classi sono stati alcuni argomenti di elettrochimica. In particolare: "le reazioni di ossido-riduzione, i potenziali di riduzione e la pila Daniell". In IV B l'elettrochimica è stata affrontata seguendo l'impostazione proposta dal Cooperative Learning, mentre in IV A lo stesso argomento è stato trattato in modo tradizionale.

L'apprendimento è stato valutato mediante lo stesso tipo di test di verifica in entrambe le classi.

Le variabili nei due contesti di studio sono state ridotte al minimo, proprio per ottenere la miglior confrontabilità dei risultati.

I ragazzi di IV B sono stati "introdotti" al Cooperative Learning attraverso un incontro svoltosi nella settimana precedente gli interventi disciplinari. In questo incontro ai ragazzi è stata offerta la possibilità di riflettere sull'interdipendenza positiva e sulla comunicazione efficace, riflessioni fondamentali per la riuscita di un buon lavoro di gruppo.

La scelta di quale classe dovesse affrontare l'argomento disciplinare mediante il Cooperative Learning non è stata casuale, ma dettata da un evidente disagio scolastico mostrato dalla classe in questione durante tutto l'anno. I Consigli di Classe di IV B sottolineavano una costante mancanza di comunicazione fra i ragazzi e il corpo docente, e la Dirigente Scolastica incoraggiava ripetutamente gli insegnanti a cercare nuove strategie didattiche più coinvolgenti e produttive.

3. Presentazione delle classi

Il liceo scientifico statale "Augusto Righi" di Bologna è una scuola superiore frequentata da più di 1100 studenti suddivisi in dieci sezioni, quattro delle quali sperimentali.

Profilo IV A

La classe era composta da 20 alunni, 10 maschi e 10 femmine. Si presentava come una classe molto eterogenea dal punto di vista del rendimento scolastico. Erano presenti infatti sia alunni (per la maggior parte femmine) fortemente motivati allo studio e con grande senso di responsabilità, sia alunni (molti dei quali di sesso maschile) di buone o discrete capacità intellettive, ma poco inclini allo studio, specie nel-

le discipline scientifiche, ritenute complesse e impegnative.

La componente femminile della classe risultava nettamente separata in due gruppi, fortemente competitivi fra loro. La separazione nelle due parti risultava evidente anche dalla distribuzione fisica dei posti nell'aula.

L'analisi complessiva della classe mostrava ragazzi mediamente piuttosto intelligenti e molto "scolarizzati", forse più preoccupati del voto che non effettivamente interessati alle discipline.

Il rendimento scolastico evidenziava, in media, una classe migliore nelle discipline letterarie/umanistiche rispetto a quelle scientifiche.

Alla fine del I quadrimestre due alunni risultavano gravemente insufficienti in Scienze Naturali, mentre altri otto erano stati valutati con cinque. Alcuni studenti avevano invece conseguito risultati brillanti.

Al momento dell'intervento didattico riguardante l'elettrochimica, alcuni ragazzi avevano "sanato" le loro insufficienze, mentre altri risultavano ancora non sufficienti.

Profilo IVB

La classe era composta da 21 elementi, dodici dei quali maschi.

Tale classe si è spesso contraddistinta per l'atteggiamento di diffidente chiusura nei confronti di proposte didattiche alternative e per l'estremo individualismo degli studenti. Il rendimento scolastico è stato complessivamente mediocre in tutte le materie, mancando una "predisposizione" evidente per le discipline umanistiche o scientifiche.

Le valutazioni del primo quadrimestre riguardanti le Scienze Naturali hanno messo in evidenza ben cinque casi di insufficienza grave e altrettanti di insufficienza lieve. Le insufficienze lievi risultavano "sanate" al momento dell'intervento didattico di Cooperative Learning.

4. Metodologia

La scelta di confrontare due approcci didattici differenti in due classi parallele, ha comportato la messa a punto di un progetto realizzato in due distinte fasi di lavoro.

Lezione frontale (IV A)

L'unità didattica presentata ha riguardato argomenti di elettrochimica. Le lezioni si sono svolte nel mese di maggio, occupando un'intera settimana del corso annuale di Scienze (3 ore). La metodologia didattica adottata è

stata quella della lezione frontale entro la quale non sono mancati, comunque, momenti di interazione/discussione.

SCHEDA n. 1

ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO

Contenuti

- reazioni di ossido-riduzione
- potenziali di riduzione
- pila Daniell

Obiettivi didattici

- conoscere il meccanismo delle reazioni redox
- conoscere le pile elettrochimiche e il loro funzionamento
- calcolare la f.e.m. di una pila

Prerequisiti

- struttura atomica
- concetto di mole
- soluzioni e loro concentrazioni
- proprietà periodiche

Modalità di lavoro utilizzata

lezione frontale

Materiali

- libro di testo
- lavagna luminosa
- lavagna tradizionale
- schede di esercizi fornite dall'insegnante

Verifica disciplinare

prova scritta individuale con esercizi applicativi da risolvere

ORGANIZZAZIONE DELL' OSSERVAZIONE

Cosa si osserva

Se i ragazzi si mostrano interessati e motivati ad apprendere, e in che modo manifestano o non manifestano interesse

Come si osserva

Si annotano i comportamenti verbali e non verbali messi in atto

Chi osserva

Il docente che svolge la lezione (osservatore interno)

SCHEDA n. 2

ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO

Contenuti

- reazioni di ossido-riduzione
- potenziali di riduzione
- pila Daniell

Obiettivi didattici

- conoscere il meccanismo delle reazioni redox
- conoscere le pile elettrochimiche e il loro funzionamento
- calcolare la f.e.m. di una pila

Obiettivi sociali

- saper ascoltare gli altri
- saper coinvolgere gli altri
- controllare la comprensione degli altri

Prerequisiti

- struttura atomica
- concetto di mole
- soluzioni e loro concentrazioni
- proprietà periodiche

Modalità di lavoro utilizzata

Jigsaw

Materiali

- libro di testo
- schede con "istruzioni" sul lavoro da svolgere
- schede di esercizi fornite dall'insegnante

Numero dei componenti per gruppo

Cinque gruppi di tre alunni e un gruppo di quattro.

I gruppi non sono mai cambiati durante le tre lezioni.

Composizione dei gruppi

Scelta casuale a estrazione

Verifica disciplinare

prova scritta individuale con esercizi applicativi da risolvere

ORGANIZZAZIONE DELL' OSSERVAZIONE

Cosa si osserva

Se i ragazzi sanno lavorare in gruppo e se e quali difficoltà incontrano

Come si osserva

Si annotano i comportamenti verbali e non verbali messi in atto.

Chi osserva

Il docente che svolge la lezione (osservatore interno)

Sono stati annotati tutti i comportamenti verbali e non, che potessero fornire indicazioni sulla motivazione ad apprendere l'argomento in questione (v. scheda n.1).

Cooperative Learning (IV B)

L'unità didattica trattata è stata la stessa affrontata in IV A, ma con modalità differenti. L'elettrochimica è stata infatti proposta ispirandosi alle strutture didattiche del Cooperative Learning. L'approccio metodologico seguito è stato quello costruttivista. Gli studenti che per circa quattro anni avevano seguito le lezioni di Scienze Naturali costantemente svolte con il metodo frontale, sono stati introdotti al Cooperative Learning attraverso un incontro che ha preceduto l'intervento didattico-disciplinare.

Sono stati annotati tutti i comportamenti verbali e non, che potessero fornire informazioni circa la validità della metodologia adottata (v. scheda n.2).

128 Incontro introduttivo

Questo primo incontro si è svolto pre-

cedentemente rispetto alla trattazione disciplinare degli argomenti di elettrochimica. Lo scopo era quello di introdurre i ragazzi alla metodologia del Cooperative Learning e di "stimolare" in loro qualche riflessione riguardo all'importanza delle abilità sociali per la buona riuscita di un lavoro di gruppo. Ben consapevoli dell'importanza della presa di coscienza diretta delle "competenze" sociali, ci siamo limitati ad un solo incontro introduttivo, per la mancanza oggettiva di tempo a disposizione.

Il Cooperative Learning prevede, tra le sue caratteristiche, l'insegnamento diretto delle competenze sociali che gli studenti devono saper usare per lavorare *inter pares* con successo. Si intende per competenza sociale un "insieme di abilità consolidate e utilizzate spontaneamente e con continuità dallo studente per avviare, sostenere e gestire un'interazione in coppia o in gruppo". Le abilità sociali

non sono innate, ma devono essere identificate e condivise. E' necessario motivare gli studenti e dare loro l'opportunità di usarle in contesti autentici di apprendimento. Se esse non vengono "insegnate", i docenti non devono aspettarsi che gli studenti siano capaci di metterle in pratica. Quando i gruppi di apprendimento funzionano da tempo o si impegnano in attività complesse, sono le abilità sociali a determinare il livello di successo del gruppo stesso. Infatti la comunicazione difettosa influisce non solo sul livello di amicizia, ma anche sullo scambio di informazioni, sullo scambio delle risorse e sull'efficacia del feedback per migliorare il compito.

Al fine quindi di presentare ai ragazzi il lavoro di gruppo che sarebbe seguito nei successivi incontri, si è voluto stimolare l'attenzione su due aspetti significativi delle abilità sociali: l'interdipendenza positiva e la co-

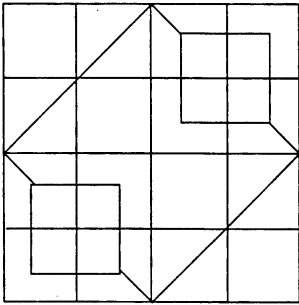
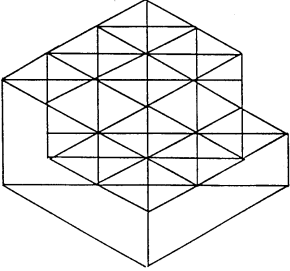

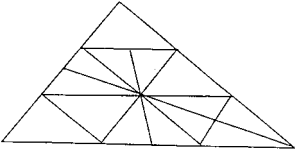
municazione efficace. Inizialmente sono state illustrate le caratteristiche della nuova metodologia e si è chiarito come essa fosse ritenuta una buona strategia di apprendimento; successivamente si è passati a proporre agli alunni alcuni "esercizi di riflessione" sulle due tematiche sopra menzionate. La scelta di lavorare sull' interdipendenza positiva deriva dal fatto che è ritenu-

ta la caratteristica più significativa del Cooperative Learning, essendo intesa come la condizione che fa sì che ogni membro agisca e si comporti in modo collaborativo, perché convinto che solo dalla collaborazione può scaturire il proprio successo e quello degli altri membri del gruppo. Allo scopo di rendere evidenti gli effetti dell' interdipendenza positiva sul comportamento interpersonale, è sta-

ta proposta una serie di esercizi che simulavano condizioni di tipo individualistico, competitivo e cooperativo [9]. La partecipazione attiva avrebbe dovuto consentire agli alunni di apprezzare i risultati prodotti dai tre differenti contesti (v scheda n. 3). Nella prima esperienza (competitiva) si è voluto individuare chi fosse il migliore. Alla fine della prova ai ragazzi è stato chiesto di descrivere le emozioni provate (paura, voglia di rinunciare, ansia da prestazione, etc.). Nella

seconda esperienza (individualistica) si è inteso scoprire le capacità di ognuno, ma senza fare confronti per rivelare chi fosse il migliore. Anche in questa occasione si è cercato di mettere in evidenza le emozioni che hanno accompagnato la prestazione (maggior rilassamento rispetto alla prova precedente, paura del giudizio del conduttore, etc.). Nella terza esperienza si è chiesto invece che il compito fosse svolto in collaborazione e che le emozioni suscitate fossero descritte individualmente. Generalmente la terza prova è accompagnata da momenti di ilarità che provocano caduta di tensione, sensazione di piacere durante l'esperienza, notevole impegno e maggior durata dell'attenzione, incoraggiamento e aiuto reciproco, etc. L'altro tipo di esercizio cui è stata sottoposta la classe in questione ha riguardato la efficacia della comunicazione. Nel lavoro di gruppo è molto importante che la comunicazione tra i membri si sviluppi secondo alcune precise modalità. Si possono elencare innumerevoli comportamenti costruttivi e distruttivi rispetto al miglioramento delle capacità comunicative. I comportamenti costruttivi sono quelli che aiutano a realizzare il lavoro di gruppo, mentre

SCHEMA n. 3

COMPETITIVA	INDIVIDUALISTICA	COOPERATIVA
<p>Obiettivo: individuare chi è il migliore.</p> <ul style="list-style-type: none"> - i partecipanti si distribuiscono in modo che non si disturbino a vicenda e siano invitati a non comunicare reciprocamente - si consegna il compito da svolgere - al via ciascun partecipante scriva su un angolo l'ora d'avvio della prova e poi inizi il compito. 5 minuti di tempo - al segnale di sospendere, tutti scrivano sul foglio la soluzione, chi terminasse prima del termine prefissato, segni il tempo accanto a quello di inizio - si chieda chi ha trovato la soluzione corretta procedendo il conto alla rovescia (43,42,41,etc.) - si individuino i primi tre: la graduatoria dei primi tre sia stabilita in base alla vicinanza al numero corretto - a questo punto si inviti il migliore ad alzarsi in piedi perché abbia un segno di riconoscimento da parte degli altri (richiesta di applauso dai colleghi o dai compagni, oppure un elogio per le capacità dimostrate, attribuzione di una posizione significativa davanti a tutti etc.) e così ci si comporti per gli altri due  <p>Quanti quadrati ci sono disegnati nella figura sopra?</p> <p>(Soluzione: 40)</p> <p>Autovalutazione: si invitino tutti a scrivere su un foglio le emozioni e/o le riflessioni fatte nel corso dell'esperienza</p>	<p>Obiettivo: scoprire ciò che ciascuno è capace di fare da solo</p> <ul style="list-style-type: none"> - i partecipanti si distribuiscono in modo che non si disturbino a vicenda e siano invitati a non comunicare reciprocamente - si consegna il compito da svolgere (foglio girato) - al via ciascun partecipante, girato il foglio, scriva su un angolo l'ora di avvio della prova e poi inizi il compito. 5 minuti di tempo - al segnale di sospendere, tutti scrivano sul foglio la soluzione, chi terminasse prima del termine prefissato, segni il tempo accanto a quello di inizio - terminata la prova, si ritirino i fogli sui quali ognuno avrà scritto il proprio nome e cognome. Questo segno di riconoscimento è importante per valutare quanto ognuno, singolarmente, è stato capace di fare - sfogliare i fogli e simulare di vagliare le capacità differenti  <p>Quanti cubi sono disegnati nella figura sopra?</p> <p>(Soluzione: 8)</p>  <p>Autovalutazione: si invitino tutti a scrivere su un foglio le emozioni e/o le riflessioni fatte nel corso dell'esperienza</p>	<p>Obiettivo: eseguire in gruppo il compito assegnato</p> <p>Essa sarà eseguita non più da soli ma in gruppo</p> <p>La conta dei triangoli deve essere eseguita con la partecipazione di tutti i membri di ciascun gruppo. Pertanto, se lo si riterrà opportuno, al termine si può chiedere a chiunque di loro di spiegare il procedimento con cui è giunto alla identificazione del numero dei triangoli che è stato dichiarato. Si aggiunga anche che se questi non fosse in grado di farlo, il gruppo a cui appartiene sarà penalizzato, in quanto gli sarà assegnato un numero di triangoli inferiore a quello che in precedenza il gruppo aveva dichiarato.</p> <ul style="list-style-type: none"> - i partecipanti si distribuiscono in gruppi di 4 membri in modo da poter comunicare reciprocamente - si distribuisca a ciascun gruppo un solo foglio, girato dalla parte bianca con la figura in questione - al via si giri il foglio, si scriva su un angolo l'ora di avvio della prova e si contino i triangoli presenti nella figura, avendo a disposizione 5 minuti - al segnale di sospendere, tutti i gruppi scrivano sul foglio il numero dei triangoli contati. Il gruppo che terminasse di contarli prima, scriva accanto al tempo di inizio il momento in cui ha terminato  <p>Quanti triangoli ci sono nella figura disegnata sopra?</p> <p>(Soluzione: 52)</p> <p>Autovalutazione: si invitino tutti a scrivere su un foglio le emozioni e/o le riflessioni fatte nel corso dell'esperienza</p>

i comportamenti distruttivi sono i comuni problemi che insorgono nei gruppi e che spesso feriscono i sentimenti e producono un esito poco soddisfacente.

Gli esercizi proposti avevano lo scopo di indurre una riflessione circa l'importanza della comunicazione efficace nelle relazioni interpersonali. Dopo aver diviso la classe in piccoli gruppi, si è proposta la discussione di un apposito brano scelto dal conduttore. Successivamente è stato chiesto ai partecipanti al "gioco" di soffermare l'attenzione sugli aspetti distruttivi e costruttivi che erano emersi durante la discussione (v. scheda n. 4)

Incontri disciplinari

Dopo una breve introduzione del coordinatore in relazione al lavoro da svolgere, le lezioni si sono svolte seguendo alcune modalità di Cooperative Learning.

La scelta delle dimensioni del gruppo (n = 3) non è stata casuale, ma dettata da alcune considerazioni :

- maggiori sono le dimensioni del gruppo, maggiori sono anche le capacità, le conoscenze, le abilità e il numero di menti disponibili per l'acquisizione e l'elaborazione delle informazioni;
- minore è il tempo disponibile, più piccolo dovrebbe essere il gruppo;
- più il gruppo è piccolo, più risulta

difficile che gli studenti si "imboschino" e non contribuiscano attivamente al lavoro;

- più il gruppo è grande, maggiori devono essere le abilità dei suoi membri.

In generale i gruppi di Apprendimento Cooperativo sono composti da due/quattro persone; la regola di massima è che più piccoli sono meglio è, specialmente se gli alunni non hanno acquisito le abilità sociali. Un tipico errore commesso da molti docenti è quello di far lavorare gli studenti in gruppi di quattro, cinque o anche sei persone, prima che abbiano acquisito le abilità per farlo in maniera consapevole e competente.

Un altro fattore importante da tenere presente nella formazione dei gruppi riguarda la omogeneità o eterogeneità dei loro componenti. Nel caso dello studio in questione la scelta dei membri del gruppo è avvenuta mediante estrazione casuale, per garantire una certa eterogeneità dei componenti. I gruppi eterogenei presentano infatti, in generale, alcuni vantaggi:

- espongono gli studenti a molteplici prospettive e metodi di risoluzione dei problemi;
- generano un maggior squilibrio cognitivo (necessario per stimolare lo sviluppo intellettuale e l'apprendimento degli studenti).

Al contrario, quando gli studenti selezionano da soli i loro gruppi, di solito li formano omogenei.

A ciascun gruppo di tre componenti, per ogni lezione, è stata fornita una scheda con le indicazioni del lavoro da svolgere in modo autonomo (v. scheda n. 5).

La struttura a cui è stato fatto riferimento è quella nota con il termine di Jigsaw [10,11]. In una attività di Cooperative Learning come il Jigsaw si toglie all'insegnante il ruolo di trasmettitore di conoscenze, dandogli quello di facilitatore del lavoro di gruppo. Quando si assegna alla classe del materiale da studiare o da leggere, il metodo Jigsaw fornisce un'utile alternativa alla lezione tradizionale e alla lettura individuale. Si formano i gruppi cooperativi, si dà a tutti lo stesso argomento da studiare e si distribuisce il materiale in modo che ogni studente abbia solo una parte del necessario per svolgere il compito assegnato. Ognuno impara la sua parte (nel

SCHEDA n. 4

IL FIUME DELL'ALLIGATORE

C'era una volta una ragazza di nome Abigail che era innamorata di un ragazzo di nome Gregory. Gregory ebbe un incidente e si ruppe gli occhiali. Essendogli amica, Abigail si offrì di portarli a riparare. Ma il negozio era al di là del fiume e durante una piena il ponte era stato spazzato via. Il povero Gregory non riusciva a vedere niente senza occhiali, perciò Abigail voleva a tutti i costi attraversare il fiume fino al negozio dove farli riparare. Mentre se ne stava speranzosa sulla riva del fiume, rigirandosi in mano gli occhiali rotti, un ragazzo di nome Sinbad passò su una barca a remi.

Abigail chiese a Sinbad se era disposto a portarla dall'altra parte. Lui accettò a patto che, mentre venivano riparati gli occhiali, lei andasse in un emporio vicino a rubare una radio che lui voleva da tempo. Abigail si rifiutò di farlo e se ne andò da un amico di nome Ivan che aveva una barca. Quando Abigail riferì a Ivan il suo problema, lui le disse che aveva troppo da fare per aiutarla e non voleva farsi coinvolgere. Abigail, con la sensazione che di non avere nessun'altra scelta, tornò da Sinbad e gli disse che avrebbe accettato la sua proposta.

Quando Abigail restituì a Gregory gli occhiali aggiustati, gli raccontò cosa aveva dovuto fare. Gregory si arrabbiò così tanto per quello che aveva fatto che le disse che non voleva più vederla.

Sconvolta, Abigail si rivolse a Slug e gli raccontò perché era addolorata. Slug era così dispiaciuto per lei che promise di vedersela con Gregory. Andarono nel cortile della scuola dove Gregory stava giocando a pallone e Abigail tutta contenta rimase a guardare mentre Slug faceva a botte con Gregory e gli rompeva il suo paio di occhiali nuovi.

Elencate questi personaggi da "migliore" a "peggiore": Abigail, Gregory, Sinbad, Ivan, Slug. *Motivate le vostre decisioni* (Cohen, E. G.; Organizzare i gruppi cooperativi, Erickson, Trento).

COMPORAMENTI COSTRUTTIVI (aiutano a realizzare il lavoro di gruppo)

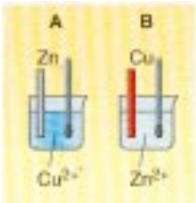
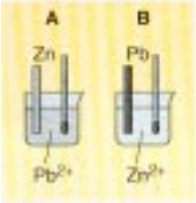
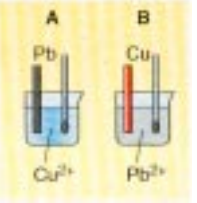
- ha idee nuove
- richiede o dà informazioni
- spiega le proprie idee
- ascolta
- non sovrappone la voce
- non dà giudizi negativi
- loda le buone idee e i suggerimenti positivi
- è disponibile al compromesso

COMPORAMENTI DISTRUTTIVI

- parla troppo
- ascolta molto poco
- insiste nel voler fare accettare le proprie idee
- non riesce a far fronte ai comportamenti distruttivi degli altri
- critica le persone invece di criticare le idee
- lascia che siano gli altri a fare tutto il lavoro

al raggiungimento dell'obiettivo cooperativo.

SCHEDA n. 5

PARTE 1	PARTE 2	PARTE 3
<p>OSSERVAZIONI SPERIMENTALI: <u>Nel becher A</u> - la lamina si corrode - la soluzione da azzurra diventa incolore e si separa un deposito rossastro - la temperatura è aumentata</p> <p><u>Nel becher B</u> non avviene nessuna trasformazione e la T si mantiene costante</p>	<p>OSSERVAZIONI SPERIMENTALI: <u>Nel becher A</u> - la lamina si corrode - si separa un deposito di colore grigio - la temperatura è aumentata</p> <p><u>Nel becher B</u> non avviene nessuna trasformazione e la T si mantiene costante</p>	<p>OSSERVAZIONI SPERIMENTALI: <u>Nel becher A</u> - la lamina si corrode - la soluzione da azzurra diventa incolore e si separa un deposito rossastro - la temperatura è aumentata</p> <p><u>Nel becher B</u> non avviene nessuna trasformazione e la T si mantiene costante</p>
		
<p>COMPITO:</p> <ol style="list-style-type: none"> date le sopra citate osservazioni sperimentali cercate di individuare il perché delle trasformazioni avvenute. - perché la lamina si corrode? - perché la soluzione cambia colore e si deposita un solido rossastro? - perché la T è aumentata? - perché nel becher B non avviene nessuna trasformazione? individuate quali elementi si ossidano e quali si riducono e cercate di individuare il numero di elettroni coinvolti nel processo provate a scrivere la reazione redox riassuntiva del processo in esame 	<p>COMPITO:</p> <ol style="list-style-type: none"> date le sopra citate osservazioni sperimentali cercate di individuare il perché delle trasformazioni avvenute. - perché la lamina si corrode? - perché si separa un deposito di colore grigio? - perché la T è aumentata? - perché nel becher B non avviene nessuna trasformazione? individuate quali elementi si ossidano e quali si riducono e cercate di individuare il numero di elettroni coinvolti nel processo provate a scrivere la reazione redox riassuntiva del processo in esame 	<p>COMPITO:</p> <ol style="list-style-type: none"> date le sopra citate osservazioni sperimentali cercate di individuare il perché delle trasformazioni avvenute. - perché la lamina si corrode? - perché la soluzione cambia colore e si deposita un solido rossastro? - perché la T è aumentata? - perché nel becher B non avviene nessuna trasformazione? individuate quali elementi si ossidano e quali si riducono e cercate di individuare il numero di elettroni coinvolti nel processo provate a scrivere la reazione redox riassuntiva del processo in esame

5. Risultati e discussione

In IV A, dove l'argomento disciplinare è stato affrontato tradizionalmente, non si sono osservati comportamenti verbali o atteggiamenti degni di attenzione. Buona parte della classe ha costantemente manifestato stati di passività nei confronti dell'argomento trattato. Pochi studenti (tre o quattro) hanno mostrato interesse facendo domande (timidamente espresse), mentre la maggior parte di loro sembrava stanca e "assente". Un interesse lievemente maggiore si è manifestato nell'ultima lezione, dato che l'argomento trattato (la pila) si prestava a più facile discussione/interazione, per la difficoltà intrinseca della sua comprensione. Tuttavia, la maggior parte della classe sembrava non essere coinvolta, nonostante i continui sforzi del docente a "lanciare" messaggi non verbali di incoraggiamento e apprezzamento.

In IV B, dove l'argomento disciplinare è stato invece affrontato mediante l'uso del Cooperative Learning, si sono evidenziati comportamenti degni di nota.

nostro caso per esempio PARTE 1,2 e 3 della scheda n. 5) e la insegna poi agli altri membri del gruppo per svolgere al meglio gli esercizi assegnati (v. scheda n. 6).

Con il metodo Jigsaw, ogni studente deve partecipare attivamente, perché il suo gruppo abbia successo. A questo scopo, infatti, ogni studente deve svolgere il suo compito e contribuire

Il primo incontro, riguardante le abilità sociali, è stato accompagnato da un clima di generale diffidenza e chiusura nei confronti della novità. Si deve sottolineare che i ragazzi erano stati precedentemente "preparati" all'intervento, sia dal Consiglio di Classe, che dalla Dirigente Scolastica. Probabilmente questa "preparazione" ha creato in loro una serie di aspettative non sempre positive e atteggiamenti di difesa verso la novità. Durante l'incontro sono stati infatti osservati comportamenti di "gelida" chiusura uniti a manifestazioni di dubbio e incertezza (per es. silenzio assoluto, espressioni incerte, ecc.). Numerosi sono stati gli sforzi da parte del docente per rendere l'atmosfera più ac-

SCHEDA n. 6

<p>LAVORO DI GRUPPO COOPERATIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> - mettendo insieme le tre esperienze su cui avete ragionato, sapreste indicare quali dei tre elementi (Zn, Cu e Pb) ha maggior capacità a cedere elettroni? a chi cede elettroni lo Zn? a chi cede elettroni il Pb? a chi cede elettroni il Cu? - sapreste mettere in ordine i metalli Zn, Cu e Pb in base alla propria capacità di ossidarsi? <p>VALUTAZIONE: alla fine del lavoro di gruppo cooperativo (ultimi 10 min. di lezione) verrà estratto a sorte un esponente di un gruppo. Se lo studente sarà in grado di spiegare alla classe in modo soddisfacente il proprio lavoro, l'intero gruppo riceverà un BONUS + da utilizzare nella verifica. In caso contrario l'intero gruppo verrà penalizzato con un BONUS -.</p>

cogliente e creare un clima di reciproca fiducia.

Probabilmente l'impegno dell'insegnante ha prodotto i frutti nelle lezioni successive (disciplinari) in cui il clima è andato via via migliorando, fino a divenire "sciolto" e di generale apprezzamento del metodo. I ragazzi si sono mostrati sempre più interessati e meno dubbiosi, collaborando in modo attivo e proficuo anche alle attività di gruppo. Durante l'osservazione del lavoro in gruppo, non è stato notato alcun episodio o comportamento che potesse far pensare alla nascita di un conflitto, anzi, tutti gli alunni hanno partecipato attivamente per la buona riuscita del lavoro comune in un contesto di positiva collaborazione. In ultima analisi, durante l'incontro con-

clusivo delle lezioni, la classe ha esplicitamente espresso un giudizio favorevole al metodo ed ha dichiarato che in quella giornata si era recata a scuola solo per svolgere la lezione di Cooperative Learning, dato che tutte le altre ore della mattinata sarebbero state ore "buche". Anche i commenti extra-scolastici, raccolti dai genitori e da altri docenti del Consiglio di Classe, hanno sottolineato come i ragazzi fossero rimasti favorevolmente "colpiti" dal metodo "nuovo" e come risultassero entusiasti di aver partecipato attivamente, in prima persona, al proprio apprendimento. La buona riuscita della metodologia adottata emerge anche dalle risposte degli studenti al questionario che è stato loro chiesto di compilare (v. scheda n. 7).

Nessuno (0%) ha trovato il metodo privo di interesse, e nonostante non fossero stati trattati argomenti disciplinari particolarmente semplici, nessuno (0%) ha dichiarato di aver trovato il compito difficile (scheda 7). Quest'ultimo dato assume un significato particolarmente interessante se si tiene presente che l'apprendimento è stato autonomo, cioè privo della spiegazione classica dell'insegnante. Infine, il questionario ha rilevato che non si sono verificati particolari problemi nella organizzazione/gestione del gruppo. Tutti gli studenti si sono mostrati collaborativi e disponibili al lavoro in cooperazione. Non sono stati rilevati momenti di disinteresse marcato, di malcontento o di rifiuto del lavoro o del compagno. Il dato potrebbe risultare "strano" se si pensa che questi ragazzi non hanno seguito un adeguato "training" sulle abilità sociali, tuttavia la novità del metodo, inserita in un contesto di evidente disagio scolastico manifestato nei confronti del Consiglio di Classe, potrebbe avere influito favorevolmente sulla buona riuscita del metodo.

Cooperative Learning versus lezione tradizionale

I tempi necessari alla trattazione degli argomenti disciplinari sono risultati esattamente equivalenti nelle due classi oggetto di studio.

Rispetto alla lezione tradizionale, la metodologia del Cooperative Learning ha permesso di ottenere i seguenti vantaggi:

- una individualizzazione dell'insegnamento. L'aiuto dell'insegnante, fornito solo su richiesta e circoscritto alle parti non direttamente comprese dai componenti del piccolo gruppo, permette di individualizzare l'insegnamento, potenziando e rinforzando aspetti differenti all'interno dei vari gruppi;
- una maggior partecipazione attiva e interessata. Gli studenti risultano costruttori del loro sapere, mostrando autonomia gestionale e organizzativa. I benefici effetti della partecipazione attiva si sono evidenziati nella trattazione della pila Daniell. I ragazzi di IV A hanno avuto parecchie difficoltà nella comprensione dell'argomento, mentre i ragazzi di IV B non hanno mostrato alcun problema. Ciò potrebbe essere dipeso da un diverso apprendimento dei prerequisiti necessari avvenuto nelle lezioni precedenti. In IV B gli studen-

SCHEDA n. 7

LE RISPOSTE DEGLI STUDENTI

Totale studenti presenti = 16

Totale questionari restituiti = 16

Domande	Risposte degli studenti
1) che percentuale di studenti ha trovato il lavoro non interessante?	0%
2) che percentuale di studenti ha trovato il lavoro abbastanza interessante?	69%
3) che percentuale di studenti ha trovato il lavoro molto interessante?	31%
1) che percentuale di studenti ha trovato il lavoro estremamente difficile?	0%
2) che percentuale di studenti ha trovato il lavoro molto facile?	12%
- che percentuale di studenti ha trovato il lavoro disorientante, con istruzioni non molto chiare?	0%
- gli studenti si sono resi conto che l'attività richiedeva abilità multiple?	La maggior parte sì; due studenti non hanno risposto alla domanda. Le risposte possono così essere raggruppate: <i>saper ascoltare, tolleranza, collaborazione, ammettere di sbagliare, mettersi in discussione, serietà, conoscenza della chimica</i>
- che percentuale di studenti ha avuto possibilità di parlare oltre le tre volte?	100% <i>nessuno ha dichiarato di aver avuto problemi nell'esprimere la propria opinione</i>
- che percentuale di studenti ha dichiarato di essere andata d'accordo con tutto il gruppo o con la maggior parte dei suoi membri?	100%
- quanti studenti hanno ascoltato le idee altrui?	La maggior parte degli studenti si è dichiarata disponibile all'ascolto
- vorresti lavorare ancora con questo gruppo?	Il 94% ha dichiarato di sì un solo studente ha detto di no perché "non vuole più lavorare in gruppo"
- con quale compagno vorresti lavorare in gruppo?	Per l'81% la scelta del compagno è indifferente; tre alunni hanno invece indicato dei nomi

ti erano parte attiva del loro apprendimento, e sicuramente hanno lavorato di più e con maggior attenzione rispetto al metodo tradizionale, in cui molti si sarebbero limitati ad ascoltare e a copiare la soluzione dei problemi alla lavagna.

I risultati delle verifiche individuali [12] non hanno evidenziato significative differenze fra le due classi oggetto di ricerca. La classe che ha svolto Cooperative Learning ha ottenuto una media di 6,44 (d.s.=2,37), mentre la classe di controllo una media di 6,76 (d.s.=1,33) come mostrato in Tabella 1. Entrambi i risultati sono significativamente diversi ($p < 0,05$) rispetto alla prova di verifica dell'unità precedente. Nessuna differenza significativa è stata invece osservata fra le due clas-

se avrebbero raggiunto gli stessi risultati. Spesso, in questi tipi di studi, l'analisi del risultato quantitativo ha un valore limitato, dato il grande numero di variabili che possono influenzare il materiale umano oggetto di studio. Gli aspetti qualitativi del lavoro hanno comunque messo in evidenza l'efficacia della metodologia adottata.

6. Limiti del lavoro

Il presente lavoro manca della analisi delle strategie metacognitive che gli alunni hanno adoperato studiando l'argomento con modalità cooperativa.

Gli autori si propongono in futuro di progettare una ricerca in cui vengano valutati, oltre ai processi cognitivi,

Tabella 1 – Medie e deviazioni standard delle verifiche individuali

Verifica	Classe	Media	Std. dev	Classe	Media	Std. Dev.
elettrochimica	IV A	6.76	1.33	IV B	6.44	2.37
unità precedente	IV A	4.95	-	IV B	5.00	-

si parallele, anche se in IV B, 5 ragazzi su 20 hanno ottenuto voti decisamente superiori alla media dell'anno. L'andamento delle valutazioni è stato invece più omogeneo in IV A.

Gli autori ritengono che la mancanza di significatività fra le due verifiche riguardanti gli stessi aspetti contenutistici (lezione frontale *versus* il Cooperative Learning), possa essere dipesa dal periodo dell'anno in cui si sono svolte tali prove (fine anno) e dalla limitatezza (in termini quantitativi) degli argomenti verificati. Tuttavia altre variabili potrebbero aver giocato un ruolo nel verificarsi di tali risultati. Innanzi tutto la diversità delle due classi oggetto di studio. La IVB, classe in cui si è operato attraverso il Cooperative Learning, era una classe che manifestava numerosi problemi di scolarizzazione e in cui la motivazione allo studio dei singoli membri era alquanto scarsa. Gli autori non sono perciò in grado di dire se, affrontando tradizionalmente l'argo-

anche quelli metacognitivi.

7. Conclusioni

I risultati ottenuti si sono mostrati sicuramente incoraggianti e stimolanti per quanto riguarda l'uso della metodologia Cooperative Learning. L'introduzione teorica sul metodo ha avuto l'effetto di tranquillizzare i ragazzi, e le modalità utilizzate hanno aiutato il docente a rendere la lezione più attiva e partecipata.

Riguardo agli scopi che questo lavoro si era prefissato, non possiamo che esprimere parere favorevole, sia per quanto riguarda la *percorribilità del metodo*, sia per quanto riguarda la sua *efficacia didattica*.

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare la Prof.ssa Liliana Dozza del Dipartimento di Scienze della Formazione dell'Università di Bologna, per la consulenza psicopedagogica offerta in fase di progettazione del lavoro.

REFERENTE PER EVENTUALI CONTATTI:

Prof.ssa Beatrice Aimi – abea@libero.it

Bibliografia e note

- [1] G.H. Mead: *Mente e società*. Giunti Barbera, Firenze (1966)
 - [2] W. Doise, G. Mugny : *La costruzione sociale dell'intelligenza*. Il mulino, Bologna (1982)
 - [3] Polmonari A. , Ricci Bitti P.(a cura di): *Aspetti cognitivi della socializzazione in età evolutiva*. Il Mulino, Bologna (1978)
 - [4] Chiari G: *Climi di classe e stili di insegnamento*. In E. Morgagni F. Russo (a cura di), *Sociologia dell'educazione*. Bologna - Cooperativa Libreria (1997)
 - [5] Jhonson D., Jhonson R., Holubec E. : *Apprendimento cooperativo in classe*. Erickson, Trento 1996
 - [6] Sharan Y.,Sharan S.: *Gli alunni fanno ricerca*. Erickson, Trento 1998
 - [7] Comoglio M., Cardoso M.A.: *Insegnare e apprendere in gruppo*. LAS, Roma (1996)
 - [8] Cardellini L., Felder R.M.: *L'apprendimento cooperativo*. Un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *CnS-La Chimica nella Scuola*, **XXI**, 18-25 1999
 - [9] Comoglio M.: *Educare Insegnando*. LAS, Roma (1998)
 - [10] Slavin R.E.: *Cooperative Learning: theory, research, and practice*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs (NY) 1990
 - [11] Quaderni di animazione e formazione (autori vari): *Il Cooperative Learning - Strategie di sperimentazione*. Ed. Gruppo Abele, 1999
 - [12] I testi delle verifiche individuali sono disponibili su richiesta agli Autori.
- Numerosi sono i siti Internet dedicati al Cooperative Learning, per lo più americani e inglesi, tra di essi si possono segnalare:
- <http://www.scintille.it/>
 - <http://www.clrc.com/>
 - <http://www.muohio.edu/~iascecwis>

Una intervista a HANS-JÜRGEN SCHMIDT

Laureato in chimica nelle università di Kiel (1952) e Heidelberg (1960). Ricercatore al Max Planck Institute e poi assistente tecnico all'Università di Braunschweig. Dal 1964 al 1971 ricercatore in industrie chimiche (Chemische Werke Hüls); insegnante di didattica della chimica (Pädagogische Hochschule) in Dortmund fino al 1980 e professore di didattica della chimica all'Università di Dortmund fino alla pensione (1998). Dal 1999 professore di didattica della chimica all'Università di Karlstads in Svezia.

Il Prof. Schmidt è molto attivo nel settore della didattica ed è stato delegato per il suo paese nell'associazione per la didattica della matematica e delle scienze in Europa dal 1973 al 1999 e delegato della Società Chimica Tedesca per la divisione di didattica chimica nella Federation of European Chemical Societies (FECS) dal 1993 al 1999. E' stato l'ideatore e l'organizzatore dei Dortmund Summer Symposia, dal 1981 al 1996, membro dell'Editorial Board del Journal of Research in Science Teaching dal 1992 al 1996 e dal 1994 è membro dell'Editorial Board dell'International Journal of Science Education. Assegnatario di diversi riconoscimenti tra i quali l'Aulis Award nel 1972/73, l'ICASE Distinguished Service Award per il 1994, il premio per l'eccellenza nell'insegnamento all'Università di Dortmund nel 1998. Il Prof. Schmidt è membro onorario dell'associazione tedesca per la didattica della matematica e delle scienze.



HANS-JÜRGEN SCHMIDT

Quali sono le idee più importanti che la ricerca in didattica ha reso disponibili agli insegnanti?

Quando ho incominciato a fare studi empirici sull'apprendimento della chimica e ho analizzato le risposte sbagliate degli studenti nelle prove scritte oppure ho ascoltato le risposte che gli studenti hanno dato nelle interviste, sono stato profondamente impressionato perché mi sono reso conto che spesso gli studenti avevano delle buone ragioni per non essere in grado di risolvere correttamente la prova proposta. E presto mi è diventato molto chiaro che molti studenti erano guidati alla stessa risposta sbagliata usando una strategia corretta. Queste osservazioni hanno formato la base per lo studio condotto in una maniera sistematica delle concezioni (e delle idee sbagliate) degli studenti. I nostri studi – e quelli di altri – hanno mostrato che spesso gli studenti cercano di risolvere i problemi di chimica in un modo ragionevole, anche quando sbagliano la soluzione. Dai nostri studi risulta anche che degli

LIBERATO CARDELLINI*

studenti sbagliavano perché avevano carenze e difficoltà perfino nella comprensione dei principi chimici di base.

Quello che ho imparato dalla ricerca in didattica è che molti studenti vogliono capire la chimica, ma la vogliono apprendere in una maniera ragionevole. Nelle lezioni di chimica dovremmo perciò andare incontro alle loro esigenze ed insegnare in una maniera che risulti intellettualmente più coinvolgente, cioè in una maniera più riflessiva. Dovremmo anche accettare la preparazione raggiunta dai nostri studenti quando arrivano a seguire i nostri corsi e concentrare il nostro insegnamento maggiormente sui principi di base.

E così grave avere delle idee sbagliate nelle scienze?

Non è grave avere delle concezioni difformi. Sono a favore di corsi di chimica che diano ampie opportunità allo studente di spiegare la propria comprensione dei termini chimici. In questa situazione può accadere che lo studente sviluppi un'interpretazione

di un termine che devia da quella che generalmente viene accettata. Come insegnanti dobbiamo essere equi nel giudicare i nostri studenti, perché avere delle idee sbagliate è legittimo. Usiamo dei termini come etichette per indicare dei concetti. Per di più va tenuto presente che la struttura concettuale della chimica non è coerente in ogni dettaglio. Per esempio, spesso usiamo la vecchia e la nuova versione del significato di un termine nello stesso contesto, pur essendo tra loro incompatibili.

Purtroppo nei nostri corsi non abbiamo la possibilità di discutere queste discordanze, anche perché spesso noi insegnanti non siamo consapevoli della loro esistenza. Questo significa che da un lato gli insegnanti possono imparare dalle concezioni difformi degli studenti a diventare insegnanti migliori. Dall'altro lato, se uno studente sviluppa una concezione difforme questo può essere una indicazione di un lavoro fatto individualmente con la propria testa nell'elaborazione di quanto gli viene insegnato: e questo è molto positivo.

Perché gli studenti sviluppano idee sbagliate?

In alcuni casi è facile capire perché

* Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra, Facoltà di Ingegneria dell'Università, Via Breccie Bianche - 60131 Ancona. E-mail: libero@unian.it

studenti propongono significati alternativi ad alcuni concetti scientifici. Le difficoltà sorgono, per esempio, quando gli studenti ragionano su dei concetti che hanno cambiato significato nel tempo. Nel corso della storia della chimica, spesso nuove teorie sono state sviluppate e sono state collegate ai vecchi termini. Evidentemente in questo processo ha avuto luogo un cambiamento di significato. Come risultato abbiamo che i termini sono diventati in qualche misura ambigui perché ora racchiudono sia il vecchio significato che quello nuovo. Il termine 'neutralizzazione' è un esempio di questo fatto. Questo termine originariamente era stato riferito agli acidi e alle basi, sostanze che durante una reazione si consumano a vicenda. Tuttavia la teoria di Brønsted descrive la reazione di neutralizzazione come il trasferimento di un protone tra specie, dove una coppia acido-base scompare, e un'altra viene formata. La ricerca ha mostrato che gli studenti mescolano l'originale interpretazione del termine insieme con quella moderna [1].

Un altro esempio. Il termine 'reazione chimica' originariamente si riferiva a un processo che avveniva in una sola direzione in cui i reagenti scompaiono perché sono trasformati in prodotti. A un livello più avanzato (nell'evoluzione della storia della chimica, come pure nell'insegnamento dei vari corsi) una reazione chimica viene vista come un equilibrio nel quale una reazione diretta e una inversa sono in competizione l'una con l'altra. E dove, come sappiamo, sono presenti reagenti e prodotti. Gli studenti hanno difficoltà a capire il nuovo concetto, perché ancora hanno in mente il concetto della reazione che avviene in una sola direzione [2].

Come identifichi le concezioni difformi degli studenti?

Per identificare le concezioni difformi abbiamo sempre usato sia metodi quantitativi che metodi qualitativi. Come metodo quantitativo abbiamo utilizzato dei test a risposta multipla e abbiamo contato le risposte degli studenti. Invece, come metodo qualitativo abbiamo usato la tecnica dell'intervista. Anche la prova scritta ha una componente qualitativa in quanto abbiamo chiesto agli studenti di riportare i loro commenti e li abbiamo analizzati in dettaglio. Questa combinazione di

metodi è stata usata per scopi di verifica (triangolazione): i risultati dell'intervista completano i risultati dello studio della prova scritta, mentre i dati ottenuti in quest'ultima completano la prima. Abbiamo anche voluto differenziare tra concezioni difformi comuni, idee importanti e casi singolari. E per questo abbiamo chiesto ad alcune migliaia di studenti di prendere parte a una prova scritta. Dai commenti riportati dagli studenti e dalle interviste è diventato evidente come le concezioni difformi possano avere una base logica.

Nelle prove scritte hai chiesto a migliaia di studenti di cooperare. Perché hai voluto avere così tante risposte?

Lavoriamo con popolazioni molto numerose per essere sicuri che in ciascuna classe soltanto uno studente (o due al massimo, in media) riceva una data prova. Gli esperti di statistica ci dicono che è più ragionevole investigare 10 studenti provenienti da classi differenti che 10 studenti della stessa classe. Abbiamo bisogno di avere grandi popolazioni anche per ottenere un numero sufficiente di commenti per ciascuna idea sbagliata. Tanto per fare un esempio: assumiamo che 150 o 200 studenti abbiano completato una prova. Supponiamo che il 20% abbia fatto un errore interessante, e il 50% di questi abbia fornito un chiarimento particolareggiato della loro risposta. Alla fine ci troviamo con 15 o 20 commenti che possiamo analizzare. In una prova scritta lavoriamo con 150 - 200 classi per una singola prova; ovvero con un campione costituito da 3000 a 4000 studenti [3]. Comunque, una prova consiste di sei o più argomenti (domande) e le prove individuali vengono distribuite a caso agli studenti.

Nelle domande a scelta multipla, le scelte degli studenti possono essere influenzate dal modo in cui sono formulate o dalla posizione della risposta corretta rispetto ai distrattori?

C'è sempre il pericolo che il metodo usato abbia le sue debolezze. Qui la triangolazione diviene importante: noi affrontiamo il problema che viene investigato usando diversi metodi, come prove scritte ed interviste per esempio. Si veda anche la risposta 4. Se hai dubbi circa l'influenza della

posizione della risposta corretta rispetto a quella dei distrattori, fai la prova mettendoli in posizioni differenti. Più volte abbiamo proceduto secondo questa via, ma non abbiamo potuto rilevare alcuna influenza significativa. Tuttavia non mi sembra che questo sia un problema reale per la ricerca.

Hai condotto molte ricerche sul calcolo stechiometrico. Quale lezione hai imparato? Puoi dare qualche suggerimento?

La nostra ricerca si è concentrata su problemi semplici nei quali gli studenti per la soluzione avevano da usare tre variabili, la massa, la massa molare e la quantità chimica della sostanza. La ricerca ha mostrato che gli studenti spesso hanno cercato di risolvere i problemi usando soltanto due variabili. E questo procedimento è certamente sbagliato. Tuttavia, in diversi casi, questi studenti possono essere visti come incamminati sulla via verso la risposta corretta.

Dalle strategie che gli studenti hanno usato per risolvere questi problemi abbiamo potuto costruire una prova per loro facile da risolvere. Nei nostri studi empirici [4] diversi studenti hanno sottolineato il fatto che avevano risolto queste prove per mezzo della 'pura logica' e 'senza la matematica'. Il mio suggerimento per gli insegnanti è che dovrebbero usare problemi semplici di questo genere per introdurre il calcolo stechiometrico e discutere i principi prima di utilizzare le strategie matematiche. Questo approccio può anche essere facilmente implementato in una unità del progetto Nuffield.

La didattica è sempre stata il tuo interesse principale?

Dopo che avevo finito la scuola secondaria, ero incerto se avessi dovuto studiare chimica per diventare un insegnante o invece un chimico nell'industria. Mio padre era un insegnante. Ho deciso di studiare chimica e ho fatto la mia tesi in chimica metallorganica con Georg Wittig, il premio Nobel, in Heidelberg. Mentre lavoravo nell'industria, mi è stato chiesto d'insegnare dei corsi di chimica nella scuola secondaria locale nel tardo pomeriggio; a quel tempo in Germania avevamo una scarsità di insegnanti di chimica. Questa esperien-

za ha riattivato il mio interesse verso l'insegnamento della chimica. In seguito, quando la didattica della chimica è diventata una materia del corso in diverse Istituzioni per la Preparazione degli Insegnanti (Pädagogische Hochschule) e nelle università in Germania mi è stato offerto un posto in tale posizione all'Università di Dortmund. Questo è forse dovuto alla mia buona preparazione in chimica, come è riflesso anche dalla mia ricerca: essa è fortemente collegata alla chimica.

Qual è la cosa più importante che hai imparato da Georg Wittig? Che cosa ricordi di questo grande scienziato?

Wittig aveva una grande stima per la ricerca ed era un ottimo supervisore. Ogni giorno faceva una visita a ciascun membro del suo gruppo per discutere i risultati degli esperimenti o per pianificarne di nuovi. Dopo che avevamo deciso su quale argomento sviluppare la mia tesi per il Master, mi disse: "quando hai finito il tuo primo esperimento, per favore chiamami. Ti farò vedere come fare le prime prove con il miscuglio di reazione (composti metallorganici)". E un buon servizio era sempre garantito.

Per i componenti del suo gruppo era un dovere assoluto condurre gli esperimenti in modo accurato. Il prodotto principale e tutte le reazioni secondarie importanti dovevano essere studiate prima di poter incominciare il successivo esperimento. Wittig ci chiedeva di non tralasciare nulla, specialmente i composti che dalle analisi risultavano inaspettati. Wittig era una persona mite, una persona senza pretese. Questa può essere la ragione per la quale ha ricevuto il premio Nobel molto tardi, all'età di 82 anni. Nondimeno, col suo esempio mi ha convinto che la ricerca di qualità elevata paga sempre.

Qualche storia da ricordare? Quando ho lavorato nel gruppo di Wittig avevamo un collega più anziano che aveva sofferto molto durante la seconda guerra mondiale. Era sempre sul punto di sottoporsi all'esame finale, ma all'ultimo minuto si ritirava. Questo è accaduto diverse volte. Un giorno, quando il nostro collega si era ancora una volta cancellato per l'esame di Dottorato, Wittig ha inviato due dei

136 suoi assistenti a cercare il riluttante esaminando per accompagnarlo nel suo ufficio, con ogni mezzo. I due as-

sistenti hanno dovuto seguire il dottorando dappertutto per convincerlo: alla fine l'esame è stato sostenuto e la carriera dell'uomo come chimico è stata assicurata.

In quale settore dell'industria hai lavorato?

Quando ero un giovane chimico, in Germania alcune aziende chimiche conducevano ricerche nel settore della sintesi delle gomme usando composti metallorganici come attivatori della polimerizzazione. Tuttavia a quel tempo pochi chimici erano stati preparati durante gli studi universitari nel settore della polimerizzazione. Lo stesso Ziegler, che pochi anni dopo avrebbe inventato la polimerizzazione Ziegler-Natta, era originariamente un chimico esperto in un altro settore. Per formazione egli era un metallorganico come me. Così ho pensato di accettare l'impiego nelle industrie come un ricercatore nel settore della gomma sintetica. Ed è stato un periodo molto interessante della mia vita.

Come è nata l'idea dei Dortmund Summer Symposia? Perché hanno attratto così tanti studiosi?

Non è facile condurre ricerche di qualità in didattica della chimica. Quando ho incominciato ad interessarmi di studi empirici, ho pensato di organizzare i *Dortmund Summer Symposia* come un forum per presentare e discutere gli studi in scienza dell'educazione, con una enfasi particolare ai metodi usati per condurre gli studi. La prima parte dei *Symposia* sono stati tenuti ogni anno tra il 1981 e il 1987 e usando il tedesco come lingua per le conferenze. Da allora in poi i *Symposia* si sono svolti ogni due anni, utilizzando l'inglese come lingua ufficiale delle conferenze e sono andati avanti fino al 1996. Per tradizione, ciascun presentatore aveva a disposizione per la propria relazione lo stesso tempo di quanto era riservato alla successiva discussione, cioè 40-45 minuti. L'organizzazione del convegno non aveva fondi a disposizione, così ciascun partecipante si doveva pagare le spese, perfino coloro che presentavano i loro lavori. Nell'insieme le conferenze sono sempre state accettate molto bene e sono diventate un evento internazionale. Nelle prime conferenze l'incontro aveva la durata di due giorni mentre nelle ultime

durava quattro giorni. I partecipanti avevano continuamente la possibilità di interagire e scambiarsi le idee. Chiedi anche al Prof. Mirone, che è stato uno dei partecipanti. Per me, non ci sono state altre conferenze così godibili come i *Dortmund Summer Symposia*. Ho sempre imparato molto dai lavori presentati e particolarmente dalle discussioni che seguivano e mi sono fatto molti nuovi amici. Dal 1988 in poi i *Dortmund Summer Symposia* si sono spostati alla Utrecht University. Due conferenze hanno già avuto luogo con molto successo e il nuovo presidente è il Dr. Onno de Jong.

I tuoi colleghi apprezzano il tuo lavoro in didattica? Come sei considerato dal corpo accademico?

Sono un membro del dipartimento di chimica della mia università. Alcuni anni or sono, tutti i dipartimenti di chimica dello Stato Federale dove vivo sono stati valutati dal governo. Tutti abbiamo dovuto fare un rapporto sul lavoro che avevamo fatto. Successivamente, un gruppo di professori è venuto e ha intervistato il corpo accademico, il personale non docente del dipartimento e gli studenti. Col mio gruppo di ricerca abbiamo ottenuto il massimo del punteggio, migliore di quello ottenuto da altri gruppi nel dipartimento. La commissione di valutazione ha apprezzato in modo speciale le nostre attività internazionali (cioè i *Dortmund Summer Symposia*) e le pubblicazioni nelle riviste internazionali. Nell'anno accademico 1999/2000 sono stato invitato per un anno come un professore di didattica della chimica all'Università di Karlstad in Svezia; questa posizione mi è stata nuovamente offerta per il successivo anno accademico.

Questi ed altri fatti sono apprezzati moltissimo da tutti i membri del dipartimento e dall'intera università. La mia posizione come professore ordinario per la didattica della chimica è la stessa come quella di un professore di chimica inorganica, di chimica organica, di chimica fisica, ecc.

Quali qualità pensi siano importanti negli insegnanti?

Considero essere molto importanti per gli insegnanti queste tre caratteristiche:

(a) Gli studenti hanno bisogno di tem-

po per arrivare alla comprensione dei concetti scientifici. Perciò gli insegnanti devono essere pazienti.

(b) Quando gli studenti imparano la chimica, possono sviluppare delle idee personali (vedi la risposta 2). Perciò gli insegnanti devono saper ascoltare.

(c) Gli insegnanti dovrebbero conoscere la loro materia molto bene. Questo è da intendere in due sensi. Una buona conoscenza della chimica è una buona base per gli insegnanti per rendere esplicito agli studenti perchè amano la chimica e la insegnano. Inoltre, la conoscenza di alcuni risultati della ricerca sulla didattica delle scienze aiuterà gli insegnanti a migliorare il loro insegnamento.

La sempre maggiore disponibilità di software didattico può cambiare profondamente l'istruzione superiore. Non è che gli insegnanti saranno sostituiti dai computer?

La tecnologia moderna influenzerà l'insegnamento nel futuro come è già accaduto nel passato. Quando ho cominciato a studiare chimica all'università i professori non avevano la possibilità di utilizzare neppure le lavagne luminose. Più tardi, è stata introdotta l'istruzione programmata. In quegli anni in Germania non avevamo un numero sufficiente di inse-

gnanti, perciò l'utilizzo di programmi è stato visto come una possibilità di sopperire alla mancanza di insegnanti. Ma questo non si è avverato. Personalmente sento che avremo bisogno di insegnanti anche nel futuro perchè l'apprendimento è, almeno in parte, un processo sociale.

Bibliografia

- [1] H.-J. Schmidt, A label as a hidden persuader: chemists' neutralization concept, *Int. J. Sci. Educ.*, 1991, **13**, 459-471.
- [2] J. H. van Driel, W. de Vos, N. Verloop, H. Dekkers, Developing secondary students' conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium, *Int. J. Sci. Educ.*, 1998, **20**, 379-392.
- [3] H.-J. Schmidt, Students' Misconceptions - Looking for a Pattern, *Sci. Educ.*, 1997, **81**, 123-137.
- [4] H.-J. Schmidt, An Alternate Path to Stoichiometric Problem Solving, *Research in Science Education*, 1997, **27**, 237-249; H.-J. Schmidt, Stoichiometric problem solving in high school chemistry, *Int. J. Sci. Educ.*, 1994, **16**, 191-200.

ALTRE PUBBLICAZIONI RILEVANTI

H.-J. Schmidt, How pupils think-empirical studies on pupil's understanding of simple quantitative

relationships in chemistry, *School Science Review*, 1984, **66**, 156-162.

H.-J. Schmidt, Secondary school students' strategies in stoichiometry, *Int. J. Sci. Educ.*, **12**, 457-471 (1990).

H.-J. Schmidt, M. Beine, Setting multiple-choice tests, *Educ. Chem.*, 1992, **29**, 19-21.

H.-J. Schmidt, Conceptual Difficulties with Isomerism, *J. Res. Sci. Teach.*, 1992, **29**, 995-1003.

H.-J. Schmidt, Chemistry teaching in Germany, *Educ. Chem.*, 1992, **29**, 104-106.

H.-J. Schmidt, Applying the concept of conjugation to the Brønsted theory of acid-base reactions by senior high school students from Germany, *Int. J. Sci. Educ.*, 1995, **17**, 733-741.

H.-J. Schmidt, Does the Periodic Table refer to chemical elements? *School Science Review*, 1998, **80**, 71-74.

H. Eybe, H.-J. Schmidt, Quality criteria and exemplary papers in chemistry education research, *Int. J. Sci. Educ.*, 2001, **23**, 209-225.

H. Eybe, H.-J. Schmidt, Group discussions as a research method in chemistry education. Manuscript prepared for publication.

H.-J. Schmidt, T. Baumgärtner, Changing ideas about the Periodic Table of Elements and students' alternative concepts of isotopes and allotropes. Manuscript prepared for publication.

Relazione dei Giochi e delle Olimpiadi della Chimica 2002

Il 13 luglio si sono concluse a Groningen (Paesi Bassi) la trentaquattresima edizione delle Olimpiadi della Chimica iniziate (4-13 luglio 2002). Vi hanno partecipato 56 nazioni mentre altre 4 hanno inviato osservatori. L'Italia ha partecipato con quattro studenti degli ITIS selezionati a conclusione di una lunga procedura conclusasi a Pavia il 3 luglio. Anche quest'anno i giovani partecipanti hanno tenuto alto l'onore delle scuole Italiane riuscendo a conquistare due medaglie di bronzo (Gabriele Rosi e Dario Cericola, Classe IV dell' ITIS Tullio Buzzi di Prato e classe V dell'ITIS Galileo Ferraris di Verona rispettivamente) e un diploma di merito (Marco Di Antonio, classe V dell'ITIS Alessandrini di Teramo). Ancora una volta, alcuni errori di distrazione hanno fatto perdere mete più ambite ai nostri giovani che si sono cimentati in prove veramente ardue. Il Prof Zwannenburg, presidente del comitato scientifico ha infatti chiarito all'assemblea dei mentors che le prove di selezione erano del livello corrispondente ai primi anni del corso di chimica. Vincitore delle olimpiadi, secondo una tradizione quasi infrangibile è stato un giovane cinese, con un punteggio da nobel. Certo migliore di quello che realizzerebbe il più colto dei Professori accompagnatori e non.

Come si spiega il successo dei cinesi? Alcuni maligni parlano di super allenamento, di almeno un anno, mentre il regolamento ne permette solo uno brevissimo di 10 giorni, regola che l'Italia rispetta. Invece il mentor Prof. Liuan Neun, professore di chimica fisica all'università di Pechino, dice che il risultato è dovuto al fatto che egli seleziona i quattro partecipanti da un gruppo iniziale di alcuni milioni di partecipanti, mentre le altre nazioni partono da un numero di studenti molto basso.

L'Italia ha selezionato i suoi partecipanti tra 6.000 allievi di partenza se si considera che in genere si sceglie tra quelli degli ITIS biennio superiore. Se

MARIO ANASTASIA

si considerano anche i licei, scuola alla quale è in verità diretta la competizione gli allievi sono circa 15000. Ai giochi della chimica hanno infatti partecipato circa 27000 studenti delle scuole medie superiori, così suddivisi: 6.000 del biennio ITIS, 8.000 del liceo sperimentale e del triennio ITIS per chimici, 13.000 del triennio non chimico e delle altre scuole con ridotto insegnamento della chimica.

Da alcuni anni infatti il comitato scientifico, coordinato a livello nazionale dal Prof. Mario Anastasia, ha pensato di distinguere i quesiti delle tre categorie A, B e C proponendo argomenti di crescente difficoltà. Di differente difficoltà sono anche i quesiti delle selezioni regionali e nazionali. Le selezioni si svolgono in varie fasi. Una prima selezione viene effettuata a livello dei singoli Istituti a carico degli insegnanti di chimica che propongono autonomamente quesiti inerenti al programma svolto. Quindi le scuole partecipano ad una selezione regionale organizzata in modo omogeneo dal coordinatore nazionale (Prof. M. Anastasia) che attiva i responsabili nazionali e fa pervenire per tempo i testi stampati di 60 quesiti a risposta multipla per le tre classi A, B e C. Tali quesiti restano segreti sino al giorno della prova che si svolge alla stessa ora in tutta Italia. I responsabili regionali usano solitamente aule universitarie e requisiscono interi settori didattici, perciò la prova si svolge di solito al sabato (quest'anno si è svolta il 4 aprile). E' d'obbligo il sabato successivo, procedere localmente alla premiazione dei tre vincitori per le tre categorie: A, B e C. Si svolgono così 20 cerimonie per le regioni partecipanti, in cui i primi classificati sono premiati con premi che anche se non sono simbolici non devono assumere significato venale. La correzione

dei quesiti avviene in modo automatico, utilizzando un programma, fornito dall'organizzazione, che permette la correzione tramite l'uso di una parola chiave inviata a prova avvenuta. Si produce così una classifica finale in modo automatico e immediato. Un dischetto con i risultati viene anche inviato al responsabile nazionale che ne sintetizza il risultato globale per una valutazione generale della prova, la pubblicazione su "La Chimica nella Scuola" e sul sito web della SCI, sezione didattica.

La selezione nazionale si svolge in tre giorni a Frascati presso il Centro Giovanni XXIII (quest'anno dal 23 al 25 maggio) dove ciascuna regione invia dai tre ai quattro studenti, uno per ciascuna classe (dipendentemente dai risultati conseguiti nell'anno precedente, il coordinatore assegna uno o più allievi in soprannumero). Allievi e professori accompagnatori sono ospitati dall'organizzazione presso il Centro Giovanni XXIII dove si svolge una prima prova (quest'anno il 24 maggio) che individua i primi tre classificati di ciascuna categoria. Questi vengono premiati con un diploma di medaglia d'oro d'argento e di bronzo, per ciascuna categoria e un delfino d'oro della Pomellato donato dall'organizzazione. Quest'anno sono risultati vincitori:

per la classe C:

1. Cericola Dario dell'ITI "Ferraris" di Verona
2. Creati Francesco dell'ITIS "Savonia" di Chieti
3. Rosi Gabriele dell'ITIS "Buzzi" di Firenze

per la classe B:

1. Amorusco Nicola del L.C.S.T.E. "Majorana" di Mola di Bari
2. D'Ambrogio Giacomo, del L.C. S. "Volta" di Caltanissetta
3. Amelio Diego, del L.C. "Telesio" di Cosenza

per la classe A:

1. Mattia Elio dell'ITIS "M. Panetti" di Bari

2. Ragno Daniele del L.S.C. Tecnologico "Ferraris" di Bari

3. Rizzetto Alberto ITI "M. Planck" di Lancenigo (TV)

Sulla base dei risultati conseguiti nella prima prova che comportava la soluzione di 60 quesiti a risposta multipla, la commissione ha ammesso alla selezione finale del 25 maggio, che comportava la soluzione di sei problemi a risposta libera, 24 studenti, 12 della classe C e 12 della classe B.

I selezionati hanno sostenuto una prova durata 3 ore, risolvendo problemi di organica, analitica e chimica fisica. Contemporaneamente i docen-

ti accompagnatori hanno risolto i problemi e hanno proposto i punteggi da assegnare ai vari problemi. Così la Commissione ha selezionato otto candidati da sottoporre all'allenamento intensivo a Pavia.

Sono quindi stati selezionati otto candidati: Piccinini Marco, Livieri Alessandro, Battisti Matteo, Di Antonio Marco, De Bortoli Marco, Cericola Dario, Creati Francesco e Rosi Gabriele.

Gli allenamenti si sono svolti presso l'Almo Collegio Borromeo sotto la guida di validi docenti (Professori Associati e Ricercatori delle Università di Milano e di Pavia) che hanno studiato i problemi preparatori forniti dalla com-

missione organizzatrice delle Olimpiadi e hanno definito i curricula dei docenti organizzatori in modo da poter prevedere gli argomenti d'esame.

Alla fine dell'allenamento sono stati selezionati i quattro candidati alle Olimpiadi:

Cericola Dario, Creati Francesco, Rosi Gabriele e Di Antonio Marco.

I prescelti sono stati accompagnati a Groningen dai Proff. M. Anastasia e S. Gori. Qui si sono trattenuti dal 3 luglio al 13 luglio.

La gara è stata dura e i giovani si sono battuti bene conquistando, come detto, due medaglie di bronzo e un diploma di merito.

34^a Olimpiade Internazionale

I risultati

**Rosi Gabriele
Cericola Davide
Di Antonio Marco**

**medaglia di Bronzo
medaglia di Bronzo
diploma di Merito**

Continua da pag. 125

sione specifica della materia.

Il capitolo VII tratta specificatamente della struttura molecolare, prima dal punto di vista storico, con ampio spazio alla scuola russa e, in particolare a Butlerov, poi in termini di prospettive legate anche alle cosiddette "scienze della complessità". Secondo Villani, "la struttura molecolare può rappresentare la proprietà emergente del sistema complesso molecola e creare, quindi, un rapporto tra la chimica e le scienze della complessità". Il libro prosegue con il concetto di trasformazione, fino alla vera e propria trasformazione chimica. La documentata descrizione dell'evoluzione storica del concetto di reattività, a partire dai primi studi sulle reazioni catalitiche pubblicati tra il 1812 e il 1825, fino alle attuali teorie, guida speditamente il lettore in un campo avvincente della storia della chimica. Il capitolo dedicato al problema della realtà del mondo atomico e molecolare analizza in proposito le tesi di Bohr, Einstein e Bachelard. La posizione di quest'ultimo è trattata in maggior dettaglio, anche perché è più strettamente collegata al libro. Pur dicendosi in larga parte d'accordo con questo "filosofo del mondo molecolare", Villani preferisce una posizione intermedia tra realismo e idealismo, a sostegno di

un realismo veramente critico. Il concetto di struttura molecolare in Bachelard appare svalutato perché, secondo l'A., non si esaurisce nelle relazioni spaziali tra gli atomi e deve includere aspetti dinamici. Altro spazio è dedicato alla spiegazione scientifica tramite molecole, poi alla storia e all'importanza della nomenclatura. Sotto il titolo: "Dalla macchina meccanica alla fabbrica chimica" è trattato, infine, l'uso delle molecole come mezzo esplicativo in campo non chimico, limitandosi però all'animato. Secondo l'A. non esiste una dicotomia tra inanimato ed animato, ma una pluralità di piani di complessità con corrispondenti autonomie disciplinari. Nelle conclusioni, viene affrontato il problema del rapporto fra le discipline scientifiche e quello dell'unitarietà della scienza. Questa ultima idea, come la teoria del tutto, ostinatamente ricercata dai fisici è, di fronte all'odierna complessità, nient'altro che una chimera riduzionista. Perciò, lo spazio che si apre alle sintesi parziali, ai saperi multipli, agli scienziati che riescono a superare le specializzazioni appare immenso. Si potrebbe dire che l'A. ha validamente contribuito a questo, scrivendo un libro utile, la cui lettura è raccomandata non solo

ai cultori di storia e filosofia della chimica ma a tutti quei chimici che, insoddisfatti di un approccio meramente tecnico o utilitaristico alla propria disciplina, si interrogano sull'autentico significato dei concetti che ne sono alla base. Oggi poi che in ambito accademico ci si sforza di invogliare i giovani allo studio della chimica, varrebbe la pena di spiegare che l'approccio chimico allo studio della natura può costituire, come sostiene Villani, anche un modello per l'interpretazione dei fatti umani e sociali, forse più adeguato di quello fisico, capace di riproiettare la chimica fra le avanguardie culturali. C'è da aggiungere che il libro è arricchito da una copiosa bibliografia con più di trecento riferimenti aggiornati all'anno 2000; manca invece un indice alfabetico dei nomi che ne avrebbe facilitato la consultazione rapida. Benchè non si tratti di un'opera a carattere divulgativo, si riconosce all'A. di aver compiuto ogni sforzo per ridurre le difficoltà cui, presumibilmente, andrà incontro il lettore sprovvisto di familiarità con gli argomenti trattati.

Marco Taddia

139



Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca
Dipartimento per lo sviluppo dell'istruzione
Direzione generale per la formazione e l'aggiornamento del personale della scuola
Ufficio 3°

Prot. n. 3635/c/3

Roma, 2 SET. 2002

Divisione di Didattica
della Società Chimica Italiana
Via Giorgieri, 1
34127 TRIESTE

OGGETTO: D.M. 177/2000 - Inserimento elenco definitivo soggetti qualificati per la formazione del personale della scuola.

Si comunica, che con decreto del 31 luglio 2002, codesta Associazione è stata inserita nell'elenco definitivo dei soggetti qualificati.

Si rammenta che, ai sensi del D.M. n.177/2000, il riconoscimento di soggetto qualificato ha la durata di tre anni e può essere rinnovato su istanza del singolo soggetto.

Si prega codesta Associazione di far conoscere il piano di attività di formazione per l'a.sc.2002/2003, al fine di consentire al Comitato Tecnico Nazionale di predisporre eventuali interventi di monitoraggio, ai sensi dell'art. 4 comma 3 del citato D.M.

Il Dirigente
Dot.ssa Anna Rosa CICALA

Dubbi e sconcerto di un aspirante costruttivista

Gli psicologi, quando mettono a confronto le varie teorie sullo sviluppo cognitivo, amano scoprirne le incompatibilità piuttosto che le complementarità e si ha la sensazione che l'atteggiamento polemico sia in loro molto radicato.

Gli argomenti vengano gonfiati e sbatnuti con l'ausilio di un linguaggio spesso criptico fino ad ottenere una specie di panna montata dove noi comuni insegnanti faticiamo ad orientarci.

Mi sia concessa una battuta un poco acida: gli psicologi, fatte le dovute eccezioni, in un mondo sempre più integrato e multidisciplinare dove ognuno interagisce quotidianamente con il resto del mondo, sono gelosissimi delle loro competenze e non si preoccupano minimamente di farsi capire da chi opera in aree disciplinari limitrofe ad esempio dagli insegnanti; in compenso discettano talvolta con supponenza di scienza e di insegnamento scientifico con affermazioni che spesso lasciano perplessi.

Un merito va in ogni caso loro riconosciuto, hanno la mano felice nella scelta delle metafore capaci di materializzare concetti che rischiano in ogni momento di perdersi nella nebbia dell'astrattezza.

Ciò nonostante il costruttivismo, metafora, relativa alla crescita della conoscenza, mi lascia perplesso. Se è vero che la struttura cognitiva di base è in continua evoluzione ed accede a livelli formali sempre più elevati, se è vero che l'assimilazione di ogni nuovo contenuto comporta l'accomodamento, leggi ristrutturazione, dell'edificio cognitivo, se non posso ignorare gli scherzi della memoria essenzialmente associativa, la metafora regge solo in parte. È come se durante la costruzione di un edificio dovessi in continuazione mettere mano alle fondamenta.

La rappresentazione mentale del nostro sapere è viceversa molto più labile ed inquietante, un qualcosa che viene scritto sull'acqua.

Ciò nonostante le mie letture relative alle teorie psicologiche che sono alla



base del costruttivismo sono continue, l'argomento è gustoso, da Piaget si passa con naturalezza a Bruner ed il tutto viene integrato dalle interessanti riflessioni di Vygotskij. Ai miei occhi di comune ex-insegnante le tre teorie pur non conciliandosi in alcune parti, appaiono largamente complementari.

Ma passiamo al costruttivismo. Avevo a suo tempo letto che il costruttivismo si fonda su di un assunto: la conoscenza, intesa come una rete di relazioni che legano tra loro differenti contenuti del sapere, viene "costruita" dal soggetto in apprendimento. Successivamente con mia sorpresa, ma non troppa per le ragioni sopra esposte, ho scoperto che sulla base delle tre teorie sopra citate sono state elaborate differenti definizioni del costruttivismo. Elenchiamone sommariamente alcuni esempi.

Il costruttivismo individuale o piagetiano rappresenta la definizione fondante del costruttivismo (1986), è messo in atto dal soggetto per soddisfare i suoi bisogni individuali legati allo sviluppo delle strutture cognitive. Il meccanismo fondamentale è ovviamente quello dell'assimilazione del nuovo contenuto e dell'accomodamento della struttura.

Un secondo tipo di costruttivismo è il cosiddetto costruttivismo radicale,

legato ai lavori di von Glasersfeld, uno dei maggiori studiosi in questo campo. La sua definizione, a parte il fatto che la connotazione politica del termine radicale in questo caso può risultare fuorviante, è basata su due assunti: la conoscenza è attivamente organizzata dal soggetto in apprendimento; scopo della conoscenza è quello di organizzare la propria esperienza per attribuirle un significato rispetto al mondo con il quale si interagisce. Secondo il costruttivismo

radicale in ambito didattico la conoscenza non passa mai integra dal docente al discente.

Il costruttivismo sociale sottolinea ciò che i precedenti tipi di costruttivismo sembrano ignorare o comunque trascurare cioè il contributo alla formazione della conoscenza dell'interazione sociale. Un'altra definizione del costruttivismo sociale considera con particolare attenzione il ruolo giocato del linguaggio.

A partire dal costruttivismo sociale vengono formulate alcune varianti della teoria. Un esempio è il costruttivismo critico dove il costruttivismo sociale si combina con le problematiche legate ad un modello di apprendimento/insegnamento ed alle difficoltà di comunicazione che si generano nell'ambiente (sociale) della classe.

Anche il costruttivismo contestuale considera gli effetti del contesto culturale e della visione del mondo sulla formazione delle idee degli studenti. Con queste ultime definizioni evidentemente si esce dalla logica puramente piagetiana per accogliere alcune istanze tipiche di Vygotskij.

Una migliore definizione, molto analitica del costruttivismo individuale, non riassumibile in poche righe, è stata infine data da George Kelly.

Che cosa ne dobbiamo concludere

noi, insegnanti, naturali fruitori di dette teorie?

Intanto dobbiamo prescindere almeno in parte dalle raffinate distinzioni degli psicologi e dalla loro esasperata ricerca di definizioni a denominazione di origine controllata, inoltre dobbiamo ancora una volta prendere atto dell'incolmabile fossato che separa le teorie psicologiche dalle applicazioni didattiche.

Penso tuttavia che dobbiamo considerare un aspetto positivo di suddette teorie: non è poca cosa avere qualche idea su ciò che succede nella mente dei nostri studenti durante l'apprendimento; in questo senso le ormai consolidate concezioni sul costruttivismo non solo si innestano

sulle teorie relative allo sviluppo cognitivo ma ne rappresentano in un certo senso il naturale sviluppo.

Non dobbiamo però credere che a partire da queste teorie sia possibile forgiare raffinati strumenti didattici e forse tutto ciò non è nemmeno auspicabile che avvenga.

Il costruttivismo ci suggerisce in ogni caso alcuni adeguamenti del nostro atteggiamento mentale. Se il soggetto è artefice della propria crescita ma questa crescita è influenzata dallo sviluppo cognitivo, dal linguaggio, dal nostro intervento, dal clima sociale compreso quello che si genera all'interno della classe oltre che dal tipo di cultura nella quale siamo immersi, il nostro compito principale è quello di

“contrattare” con i nostri studenti gli obiettivi a partire da quanto essi già sanno del mondo, dobbiamo offrire loro i migliori strumenti di apprendimento di cui disponiamo, sollecitandoli ad impugnarli.

Non so dove ho letto la seguente frase di Erasmo da Rotterdam: il reciproco amore fra chi apprende e chi insegna è il primo e più importante gradino verso la conoscenza.

Nel nostro caso non trattandosi di salire la scala della conoscenza ma di realizzarne la costruzione diremo che si tratta del “primo e più importante mattone nella costruzione della conoscenza”.

Ermanno Niccoli

Contatti via e-mail

Riassunto

Viene fornita una breve spiegazione del funzionamento di newsletters, help on line e mailing list, tre sistemi per ricevere informazioni nella propria casella postale, come sempre corredate di qualche indirizzo indicativo.

Abstract

This issue deals about newsletters, help on line and mailing list, means of information search based on e-mail. Some addresses are done.

Questa puntata tratta le newsletters, gli help on line e le mailing list tre sistemi per ricevere informazioni nella propria casella postale. In particolare le newsletters vedono l'utente totalmente passivo, gli help prevedono un'interazione dell'utente con un operatore e le mailing list possono essere collocate ad un livello intermedio, infatti ogni iscritto alla lista può mandare informazioni o limitarsi a riceverne. Tutti questi sistemi richiedono un'iscrizione, e fra i vari dati è necessario fornire un indirizzo di posta elettronica. Con l'esclusione dei servizi istituzionali sconsiglio di utilizzare il proprio indirizzo principale e di aprirne uno dedicato esclusivamente a questo tipo di contatti e, se siete fra quelli che non gradiscono che i propri interessi finiscano in qualche statistica corredata di nome e cognome, che non contenga dati anagrafici. Fra i vari trabocchetti della rete c'è infatti la possibilità che gli indirizzi siano venduti a terzi da qualche gestore, o vengano rubati, in questi casi si rischia che la casella postale venga inondata di messaggi pubblicitari, se il numero di contatti indesiderati dovesse superare la nostra soglia di tolleranza sarà allora sufficiente abbandonare l'indirizzo.

* Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata, C.so M. D'Azeglio, 48 Università di Torino francesca.turco@unito.it

FRANCESCA TURCO*

Newsletters

Sono servizi che inviano periodicamente una e-mail contenete novità, suggerimenti, indirizzi utili, pubblicità, relativi allo specifico tema cui è dedicata la newsletter, naturalmente ne esistono in relazione a qualsiasi argomento immaginabile. Non mi risulta che esista un elenco di riferimento per gli utenti del Web, ce ne sono molti piuttosto parziali, ma nessuno che sia diventato predominante. Per trovarle è possibile utilizzare uno qualsiasi degli strumenti di ricerca presentati precedentemente, digitando ad esempio "newsletter" e "chimica analitica" o "newsletter" e "didattica chimica", oppure con il sistema indicato in seguito formulando la domanda in linguaggio naturale.

Come sempre la maggior parte del materiale presente è in lingua inglese (e per trovarlo bisogna naturalmente formulare le interrogazioni in tale lingua), le indicazioni che seguono sono fra le poche che ho trovato redatte in italiano, e sono tutte piuttosto generiche. È consigliabile effettuare una ricerca personale e più specifica, possibilmente in lingua inglese, per scegliere quale o quali abbonamenti possano essere interessanti per ciascuno.

All'indirizzo www.lescienze.it/nad.html¹ si trova il modulo di iscrizione alla newsletter di Le Scienze quindi non specificamente dedicata alla chimica ma con possibilità di selezionare esclusivamente le discipline di interesse sulle quali si desidera ricevere materiale. Le newsletters più interessanti per la formazione permanente sono senz'altro quelle delle riviste, che verranno trattate in una delle puntate future, alla quale rimando per ulteriori spunti di questo genere.

Su guide.supereva.it/scienze/chimi-



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

ca/ c'è l'analogo servizio fornito dalla directory. Sono trattati argomenti di facile digeribilità per un pubblico non specializzato e con tono divulgativo. Poco utile per la formazione dei docenti, ma potrebbe essere suggerito agli studenti. Un aspetto positivo è l'identificabilità dell'autore dei testi: il sito ne fornisce nome, cognome, fotografia e recapito. Questo di solito induce chi scrive ad una certa scrupolosità e permette, volendo, di creare un dialogo.

Infine una piccola pubblicità: scrivendo all'indirizzo didichg@unito.it è possibile richiedere l'iscrizione al bollettino elettronico della Divisione di Didattica.

Help on line

Include tutti i servizi che permettono di sottomettere dei quesiti ad un operatore che ci risponderà via e-mail. Alcuni sono generici, come i primi due che presenterò, possono quindi essere utilizzati per far eseguire una ricerca di materiale da un navigatore provetto nel caso si abbiano difficoltà a reperire qualcosa personalmente. La terza ed ultima è invece dedicata esclusivamente alle scienze, ed è possibile rivolgere ad un esperto delle domande professionali.

Su www.cerco.soloinrete.it, una volta sbrigate le operazioni di registrazione, si selezionerà 'fai la tua domanda clicca qui' per aprire la pagina che ci permette di formulare la domanda. Normalmente la risposta arriva entro 24-48 ore dall'invio all'indirizzo e-mail fornito. È bene formulare i quesiti in maniera molto precisa ma il più concisa possibile o si rischia di ottenere una risposta non soddisfacente e si dovrà ripetere la domanda (è possibi-

¹ L'ultimo controllo sugli indirizzi segnalati è stato effettuato il 16/08/02.

le replicare ad una risposta facendola pervenire allo stesso operatore che l'ha fornita, in modo da continuare il dialogo con chi sa già di che si tratta) e si dovranno attendere altre 48 ore per la nuova risposta. A questo proposito segnalo per chi voglia abbandonarsi ad un tripudio multimediale che è possibile farsi avvisare tramite messaggio sul cellulare al momento dell'invio della risposta *e-mail*. È anche possibile, per accorciare i tempi, provare a vedere se altri hanno già effettuato domande analoghe alla nostra consultando l'archivio, con una classica ricerca per parole chiave si potranno visualizzare altri messaggi relativi al nostro tema di interesse, con un po' di fortuna si potranno trovare risposte già confezionate. Questo tipo di servizio sarà probabilmente poco fruttuoso per interrogazioni sulla chimica ma può essere spesso positivo per questioni che riguardano, ad esempio, *software*, gli operatori di solito rispondono infatti anche a domande che non riguardano la ricer-

ca di siti. Selezionando 'WWW' si apre una pagina contenente diverse opzioni "a tendina" per porre qualsiasi domanda che riguardi computer o Internet, che costituisce veramente una grande risorsa sia per i non esperti sia per i più smaliziati. Esistono altre categorie di operatori professionisti che rispondono a diverse questioni specifiche (avvocato, fiscalista,...) ma si tratta di servizi a pagamento. È però sempre possibile consultare gratuitamente l'archivio. Quasi identico il servizio fornito da www.profinder.it.

All'indirizzo ulisse.sissa.it si trova invece la *home page* del servizio di informazione e formazione permanente della Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati. Il sito è ancora in (lenta) costruzione ma è già possibile effettuare domande ad esperti (molto qualificati ed identificabili); i tempi necessari per ottenere una risposta possono essere anche molto lunghi ma solitamente la pazienza viene ben ripagata. Sono presenti molti

altri servizi, fra i quali l'archivio delle domande, suggerimenti di percorsi per una navigazione scientifica di qualità, recensioni di siti. Una visita è caldamente consigliata.

Mailing list

Accenno rapidamente ad un terzo tipo di servizio basato sulle *e-mail*, il motivo della concisione è la supposizione che tutti i lettori di CnS conoscano già perfettamente la *mailing list* della SCI, probabilmente l'unica cui valga la pena iscriversi per chi sia interessato a questo tipo di servizio sulla chimica in lingua italiana. Se così non fosse preciso solo che si tratta di un servizio grazie al quale tutti gli iscritti possono mandare a tutta la lista una *e-mail* con un'informazione che desiderano far conoscere o una richiesta di informazioni, proposte di dibattito, ecc. Per evitare spiacevoli intrusioni il materiale viene controllato da un moderatore. Per iscriversi si seguano le istruzioni riportate alla pagina sci-list.ing.unitn.it.

