

ISSN 0392-5942

Anno XXXI, n. 1, 2009

Giornale di Didattica e Cultura della Società Chimica Italiana

# CnS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA

DIDATTICA  
STORIA  
EPISTEMOLOGIA  
AGGIORNAMENTO  
ETICA

<http://www.soc.chim.it>  
<http://www.didichim.org>



## LA CHIMICA NELLA SCUOLA

Anno XXXI  
Gennaio - Marzo 2009

### Direttore responsabile

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

### Past-Editor

**Paolo Mirone**  
e-mail: paolo.mirone@fastwebnet.it

### Redattore

**Pasquale Fetto**  
Via Carlo Iussi, 9  
40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. 051463312 cell. 3280221434  
e-mail: pasquale.fetto@didichim.org

### Comitato di redazione

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

### Comitato Scientifico

Rinaldo Cervellati, Rosarina Carpignano,  
Aldo Borsese (*Presidente della Divisione di  
Didattica*), Luigi Cerruti, Giacomo Costa,  
Franco Frabboni, Gianni Michelon, Ezio Roletto

### Editing

**Periodicità:** Trimestrale (4 fascicoli all'anno)

### Abbonamenti annuali

Italia euro 48 - Paesi comunitari euro 58  
Fascicoli separati Italia euro 12  
Fascicoli separati Paesi extracomunitari euro 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 Mostacci  
SCI, Viale Liegi, 48/c - 00198 - Roma  
Tel. 068549691 fax 068548734  
E-mail: soc.chim.it@agora.stm.it

Copyright 1995 Società Chimica Italiana

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

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

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

### Editore

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

### Stampa

Centro Stampa DE VITTORIA r.s.l.  
Via Degli Aurunci, 19 - 00185 ROMA

## SOMMARIO

<b>EDITORIALE</b>	<b>1</b>
di <i>Pierluigi Riani, Pasquale Fetto</i>	
Anatol M. Zhabotinsky	<b>3</b>
di <i>Rinaldo Cervellati</i>	
Leggere le figure. Chi l'ha visto? – Parte II	
L'immagine del laboratorio	<b>5</b>
di <i>Francesca Turco, Gianmarco Ieluzzi, Luigi Cerruti</i>	
Sviluppo storico del concetto di equilibrio chimico	<b>18</b>
di <i>Fabio Marchetti, Riccardo Pettinari, Claudio Pettinari, Augusto Cingolani, Corrado Di Nicola</i>	
Le fonti storiche come strumento didattico: costruzione della pila di Volta	<b>30</b>
di <i>Mario Branca, Rossana G. Quidacciolu</i>	
'Il sistema periodico' di Primo Levi: come una semplice proposta di lettura abbia creato molte riflessioni	<b>41</b>
di <i>Marina Scandola, Raffaella Di Guardo, Luciana Sitta, Alberto Isolan</i>	
La Regola delle Fasi di Gibbs ed il suo Analogo Algebrico-Geometrico	<b>63</b>
di <i>Mario Capitelli</i>	
Agenti tossici negli ambienti di lavoro: cenni storici sulle concentrazioni limite nell'Italia degli anni '70	<b>66</b>
di <i>Silvia D'Amico</i>	
Varie ed eventuali	<b>76</b>
di <i>Ermanno Niccoli</i>	
9 <sup>th</sup> European Conference on Research in Chemical Education (ECRICE) Istanbul, 6 – 9 luglio 2008	<b>78</b>
di <i>Liberato Cardellini</i>	
XXIII Congresso Nazionale della S.C.I. XVI Convegno della Divisione di Didattica	<b>80</b>
Istruzioni per gli Autori	

Le figure esornative sono tratte dal testo: L. Troost et E. Péchard – *Traité Élémentaire de Chimie* – Paris, Masson et Cie Editeurs, 1910

Il rinnovamento che la redazione sta portando avanti da qualche anno subisce, con il numero che viene qui presentato, un'accelerazione ben visibile.

Il titolo generale della rivista non si tocca, è chiaro: sempre CnS – La Chimica nella Scuola. Si modifica però il sottotitolo, che mette in evidenza l'allargamento degli interessi di CnS: non più quindi “giornale di didattica”, ma “giornale di didattica e cultura”, dove nella cultura entrano la storia, l'aggiornamento, l'epistemologia, l'etica. Tutti temi che erano da tempo ben presenti, ma che dovranno nel tempo essere debitamente valorizzati.

Si tratta di uno sforzo notevole, che la Società Chimica Italiana sosterrà anche finanziariamente: l'intenzione è quella di aumentare considerevolmente il numero di pagine dei fascicoli, portando il volume complessivo a oltre 300 pagine annue. Ovviamente se avremo a disposizione il materiale da pubblicare; va detto comunque che al momento attuale la produzione è abbastanza soddisfacente.

Ma cosa c'entra la Chimica con la Cultura? Una bella domanda, alla quale molti vorrebbero dare una risposta totalmente fuorviante: la chimica è tecnica, con la cultura non c'entra proprio nulla. Nella società a tutti i livelli abbiamo sempre avuto chiari segnali di questa tendenza di pensiero; proviamo a rifletterci brevemente.

Nel passato (anche recente) l'area scientifico-sperimentale non era considerata parte fondamentale della cultura. L'uomo colto sapeva di belle lettere, di filosofia, di storia, ma spesso non sapeva nulla di scienza, e magari pure se ne vantava. Qualche considerazione riceveva la Fisica, in parte per la sua connotazione di “matematica applicata” (?), in parte per il lodevole sforzo di qualche autorevole personaggio che si interrogava riguardo ai fondamenti di quello che stava facendo (ricordiamo fra tutti Heisenberg e Einstein). Nulla, ma proprio nulla, per la Chimica; e va detto che i grandi chimici del recente passato ben poco hanno fatto per uscire da questa situazione. Emblematico, e per i più completamente sconosciuto, un episodio della documentatissima storia della commissione istituita da Luigi Berlinguer, con il compito di individuare i saperi da sviluppare nella scuola del terzo millennio (commissione detta “dei saggi”). Nel primo documento inviato alla commissione (siamo nel 1997) un illustre professore di filosofia così pontificava:

“... ritengo necessario lo sviluppo dell'insegnamento delle matematiche (anche nelle applicazioni informatiche) a scapito della *dimensione nozionistica di materie come le scienze naturali e la chimica*”.

Ovvero: dall'alto della mia cultura umanistica mi permetto di tranciar giudizi riguardo a discipline delle quali non conosco rigorosamente un accidente.

Passando alla situazione di oggi, la separazione scienza - cultura rischia di diventare drammatica. Non addentriamoci nei problemi dei fondi per la ricerca, per i quali pare che l'unica strada da percorrere sia quella di tagliare. Guardiamo invece al settore che, come rivista di didattica, ci interessa maggiormente: quello della formazione. Ebbene, un dato emerge con chiarezza: l'area scientifica è sotto attacco (più o meno evidente) in tutta la scuola; vale sempre, con sfumature varie, la considerazione della cultura classica come “vera cultura”, e in questa prospettiva è il Liceo Classico la scuola “veramente formativa”. La stessa tendenza, dopo il colpo di spugna che ha cancellato le SSIS, sta prendendo piede nella bozza di progetto di legge che è stata formulata per la futura formazione degli insegnanti. In questa bozza, abbastanza definita per la scuola primaria e per la scuola secondaria di primo grado, lo spazio dedicato a un'area scientifica è direttamente proporzionale alla “fondamentalità” della stessa: in ordine decrescente: matematica – fisica e biologia – altra roba.

Guardiamo, ad esempio, il percorso previsto per la scuola dell'infanzia e per la scuola primaria, ovvero per i livelli scolastici nei quali gli allievi formano le basi delle loro conoscenze: troviamo 22 crediti formativi (CFU) per la Matematica, 13 CFU per le Scienze Biologiche, 9 CFU per la Fisica, 4 CFU per la Chimica. Nella parte più esplicativa, la Chimica è liquidata con la dizione generica "Elementi di Chimica organica e inorganica". Fra l'altro, non viene neppure vagamente preso in considerazione il problema della trasversalità: se non interverranno drastici cambiamenti, nella formazione dei futuri insegnanti di scuola dell'infanzia e di scuola primaria la separazione fra le discipline sarà totale.

Traduciamo questi dati: nella formazione di base del cittadino, la matematica ha un peso importante, e su questo, tutto sommato, non si può avere molto da eccepire. Per le scienze sperimentali vince la componente biologica, probabilmente intesa in senso puramente naturalistico; perde qualche punto la fisica (forse perché è difficile); quanto alla chimica, meno se ne parla e meglio è.

Aspettiamo ulteriori eventi; quanto a noi, cerchiamo di portare avanti il nostro lavoro per rendere evidente un dato oggettivo: la Chimica, alla pari di tutte le scienze sperimentali, deve costituire parte integrante del bagaglio culturale del cittadino.

**Pierluigi Riani**  
**Pasquale Fetto**

## Anatol M. Zhabotinsky

(Mosca 1939 - Boston 2008)

Rinaldo Cervellati



Lo scorso mese di settembre è prematuramente scomparso il Prof. Anatol M. Zhabotinsky, uno dei primissimi pionieri di quel settore della dinamica non lineare di cui le reazioni oscillanti sono il più noto esempio chimico.

Ho avuto la grande fortuna di incontrare e intrattenermi con il Prof. Zhabotinsky durante la Gordon Research Conference ‘Oscillations & Dynamic Instabilities in Chemical Systems’, svoltasi a Barga (Lucca) dal 6 all’11 giugno 1999. Trovai il Prof. Zhabotinsky persona gradevolissima, pronta ad ascoltare chiunque, ricordo che mi ascoltò con grande attenzione mentre gli traducevo in inglese alcuni brani di un mio articolo pubblicato in italiano sulla rivista CnS-La Chimica nella Scuola (*CnS, La Chimica nella Scuola*, 1999, XXI, 40). I suoi commenti su qualche punto controverso della storia della reazione di Belousov (poi nota come reazione di Belousov-Zhabotinsky) mi furono di grande aiuto nel comprendere le difficoltà dei chimici, in particolare dei chimico-fisici ad accettare una realtà che sembrava contraddire il 2° Principio della Termodinamica. Il Prof. Zhabotinsky possedeva oltre alle notevolissime capacità scientifiche una grande chiarezza espositiva, unite alla modestia propria dei veri ‘grandi’ personaggi.

Anatol M. Zhabotinsky nacque nel 1939 da padre professore di fisica all’Università di Mosca e maturò i suoi interessi nel campo delle oscillazioni proprio dal padre. Da bambino gli interessava la biologia ma quando fu il momento di iscriversi all’Università, le Scienze Biologiche (e non solo quelle) stavano vivendo, nell’Unione Sovietica, un momento oscuro a causa delle teorie biologiche altamente politicizzate di Trofim D. Lysenko (a lungo Presidente dell’Accademia delle Scienze Agricole dell’URSS, dal 1938 al 1962). Sicchè, nel 1955, Zhabotinsky si iscrisse a fisica e, dopo la costituzione del Dipartimento di Biofisica, continuò gli studi in questo ramo. Diplomatosi nel 1961 fu dapprima destinato dalle autorità a lavorare in un Istituto Medico per il trattamento del cancro e, come biofisico, fu assegnato al reparto di radiologia. Nello stesso tempo decise anche di proseguire gli studi per il conseguimento del dottorato nello stesso Dipartimento di Biofisica dove aveva ottenuto il diploma. Il suo professore di biochimica, Simon E. Schnoll, gli suggerì di occuparsi di una reazione chimica oscillante, in particolare di quella strana “ricetta” (che Schnoll sapeva essere di Boris P. Belousov). Egli iniziò quindi lo studio dettagliato sperimentale e meccanicistico della reazione di Belousov. Mentre iniziò questa ricerca riuscì ad avere il trasferimento a un altro istituto medico sui tumori, diretto da un esperto nel settore, Léon Shabad, che gli assegnò il lavoro di mettere a punto l’analisi per fluorescenza degli idrocarburi ciclici negli scarichi delle automobili, lasciandogli nel contempo piena indipendenza nel proseguire la ricerca per il dottorato. Gli ottimi risultati ottenuti da Zhabotinsky nella messa a punto del metodo di analisi per fluorescenza gli valsero l’apprezzamento di Shabad, che gli concesse un piccolo laboratorio e tempo libero per le sue ricerche personali. Come studente di dottorato riuscì ad essere esonerato da una coscrizione militare destinata a giovani diplomati in scienze naturali e in discipline tecnologiche. Scrisse e pubblicò i suoi primi due articoli sulla reazione oscillante, dopo aver ottenuto il permesso da Belousov\*. Nel 1965 conseguì il dottorato di ricerca discutendo la dissertazione: “Reazioni

\* Ricordiamo che lo scopritore dell’oscillatore acido malonico-bromato acido catalizzato da ioni  $Ce(IV)$  fu Boris P. Belousov (1890-1973), ma i suoi lavori furono rifiutati da riviste di chimica perché ‘in contraddizione con il 2° Principio della Termodinamica’. Belousov ne fu così amareggiato da smettere di occuparsi del fenomeno scoperto. Ne rimase traccia nell’abstract di una comunicazione a un Congresso di Medicina Nucleare (*Sb. Ref. Radiat. Med. za 1958, Medgiz, Mosca, 1, 145*), la ‘ricetta’ che Schnoll diede a Zhabotinsky. Tuttavia gli articoli di Belousov furono in seguito pubblicati postumi.

## Dalla copertina

*chimiche periodiche in fase liquida*". Ottenne quindi un posto di ricercatore associato nell'istituto di Fisica Biologica dell'Università di Puschino, dove era stato trasferito il Dipartimento di Biofisica. Ciò fu un passo importante, poiché nel frattempo si era sposato ed era più facile trovare un appartamento a Puschino che non a Mosca. In una intervista rilasciata al Prof. Hargittai così si esprime riguardo i suoi interessi di ricerca: "...il mio principale interesse di ricerca non era studiare le reazioni chimiche oscillanti di per se stesse, ma piuttosto di utilizzarle per modellizzare processi biologici analoghi. L'argomento che più mi attraeva era la propagazione delle onde di eccitazione nel cuore. Tutti sanno che il normale funzionamento del cuore è controllato da onde di eccitazione molto lunghe propagantesi dal nodo seno-atriale. Esisteva [ed esiste (Scott, S.K., 1998. Chemical waves and heart attacks, *Educ. Chem.*, 35, 72)] una teoria che attribuisce le più dannose aritmie cardiache all'insorgere di onde corte di eccitazione a spirale nel miocardio. Pochi cedettero a questa teoria. Noi iniziammo a studiare onde chimiche in strati sottili di miscele in regime oscillante e constatammo la formazione di onde a spirale analoghe a quelle che insorgerebbero nel miocardio".

Due anni dopo tornò a Mosca, dove trovò un nuovo lavoro al Ministero di Medicina Industriale, come capo del laboratorio di modellistica matematica. Qui svolse un interessante lavoro sulla regolazione biochimica degli eritrociti nel sangue. I suoi interessi si rivolsero poi al tentativo di applicare la sua esperienza sui fenomeni oscillanti per il miglioramento della chemioterapia dei tumori. La scoperta per risonanza della divisione di cellule in seguito alla somministrazione periodica di farmaci antitumorali ad alta tossicità, consentì lo studio e lo sviluppo di più efficaci e meno tossici chemioterapici. Nel 1980 fu insignito del Premio Lenin. Nel 1985 la burocrazia russa rese praticamente impossibile il lavoro nel ministero e, nel 1989, Zhabotinsky riuscì a trovare un altro impiego al Centro Scientifico Nazionale di Ematologia, dove sperò di poter applicare i risultati ottenuti in precedenza per il trattamento della leucemia. Si trovò invece a dover riorganizzare il Dipartimento e, quando finalmente divenne capo di un ampio ma disomogeneo Dipartimento, la Russia Sovietica era sull'orlo del collasso. Fortunatamente, nel 1991, il professor Irving E. Epstein, notissimo sia come ricercatore sia come divulgatore dei fenomeni chimici oscillanti, gli offerse un posto di visiting professor alla Brandeis University nel Massachusetts, USA. Questo posto fu poi trasformato in un contratto rinnovabile annualmente di professore aggiunto di chimica nella stessa università. Nell'intervista rilasciata al prof. Hargittai disse che il fatto di non avere un posto fisso era il suo unico cruccio. Alla Brandeis ritornò al suo iniziale campo di ricerca, le reazioni chimiche oscillanti, occupandosi soprattutto dello studio delle "onde" e delle "spirali" chimiche.

Come già ricordato Anatol M. Zhabotinsky fu persona assai modesta: alla domanda se fu mai stato trattato come una celebrità, rispose: "No. Come sapete qui, nell'area di Boston, per la maggioranza della gente le squadre locali di basketball e di baseball, che non sono le migliori del Paese, significano molto di più di Harvard e del MIT messi insieme". L'intervistatore replicò allora: "Naturalmente. Ma io intendevo fra i chimici". Ecco la risposta di Zhabotinsky: "Qualche volta".

### Fonti consultate

Winfree, A.T. 1984. The Prehistory of the Belousov-Zhabotinsky Oscillator, *J. Chem. Educ.*, 61, 661-3. (basato su conversazioni che Winfree ebbe con Zhabotinsky durante una visita nella città di Puschino (ex-URSS)

Hargittai, I. 1996. Interview to Prof. Zhabotinsky, *The Chemical Intelligencer*, July 1996, 19-23, Springer-Verlag, New York

# LEGGERE LE FIGURE

## II. Chi l'ha visto? L'immagine del laboratorio

FRANCESCA TURCO, GIANMARCO IELUZZI, LUIGI CERRUTI

Dip. di Chimica Generale ed Organica Applicata Corso Massimo d'Azeglio, 48 – Torino  
francesca.turco@unito.it

“Scienze sperimentali” si diceva una volta. Poi, accodati all'inarrestabile trionfo della fisica teorica sulla fisica sperimentale, i didatti delle più diverse discipline hanno preferito ospitare nei testi e nei corsi una moltitudine di “principi”, “fondamenti”, “elementi”, teorici, piuttosto che dilungarsi sulle pratiche di laboratorio o sul campo. Non ci riferiamo - per ora - alla strumentazione, che pur essendo una componente essenziale di qualsiasi laboratorio, quando è avulsa dal suo ambiente d'elezione assume significati diversi,[1] ma al laboratorio come luogo sociale, in cui si incontrano comunità diverse, quelle dei ricercatori, dei tecnici, degli studenti, dei costruttori di strumenti, ecc. Solo una minoranza esigua degli studenti della scuola secondaria ha mai visto un laboratorio chimico dal vero, e temiamo che solo quella stessa minoranza abbia potuto trovare nei libri di testo immagini di laboratori.

### Il laboratorio come avanguardia tecnologica

Nel 1638 ad Anversa veniva stampata e messa in vendita una collezione di 20 incisioni, che riproducevano disegni dell'artista fiammingo Jan van der Straet (1523-1605), noto anche con il nome italianizzato di Giovanni Stradano. Le tavole erano raccolte sotto il titolo *Nuova Reperta*, e cioè *Nuove scoperte*, ed alcune di esse erano destinate a diventare celebri.[2] Il nostro interesse per questa collezione è molteplice. In primo luogo si tratta di un esempio splendido - e famoso - di comunicazione iconografica, in secondo luogo lo stesso titolo ci mette sull'avviso che l'attenzione agli sviluppi tecnologici non è affatto recente, ed infine, come vedremo, la chimica, le sue applicazioni e il laboratorio hanno un ruolo rilevante in questa ‘immagine del progresso’ che risale all'inizio dell'età moderna. Nella Tabella 1 abbiamo riportato i temi delle 20 incisioni, di cui 19 sono dedicate ad una specifica innovazione. Ciò che colpisce è il tono civile, si direbbe ‘olandese’,[3] del complesso delle immagini: a noi l'olio d'oliva non parrebbe dello stesso livello di interesse della polvere da sparo, ma fu lo stesso artista a proporre nella tavola di frontespizio (Figura 1) una gerarchia fra innovazioni, collocando in una precisa disposizione grafica quelle che riteneva essere le nove principali scoperte.

Tabella 1

*Nova Reperta, 20 incisioni con le Nuove Scoperte alla fine del secolo XVI*

1. Frontespizio: le 9 maggiori scoperte	2. La scoperta dell'America
3. La bussola	4. La polvere da sparo
5. La stampa	6. Orologeria in ferro
7. Legno di guaiaco per la cura della sifilide	8. La distillazione
9. L'allevamento dei bachi da seta	10. La staffa
11. Il mulino a acqua	12. Il mulino a vento
13. L'olio d'oliva	14. Lo zucchero di canna siciliano
15. I colori ad olio	16. Gli occhiali
17. Declinazione magnetica e longitudine	18. Lucidatura delle armature
19. L'astrolabio	20. L'incisione su rame

Nella tavola ripresa in Figura 1 possiamo apprezzare immediatamente il riferimento simbolico al sorgere di tempi nuovi, sulla destra si sta allontanando un anziano signore, probabilmente Saturno, che rappresenta un'epoca al tramonto, mentre sulla sinistra avanza una donna, forse Minerva, che pur discinta indica con una bacchetta professorale il Nuovo Mondo. Entrambi i personaggi hanno in mano un serpente che si morde la coda, simbolo inequivocabile del tempo. I due tondi, che attirano subito l'occhio corrispondono alle incisioni 2 e 3, la scoperta dell'America e la bussola, mentre

## Chi l'ha visto? L'immagine del laboratorio

al centro, in primo piano, è rappresentato un cannone, di cui fusto e bocca da fuoco costituiscono un asse visivo che rinvia al torchio da stampa; cannone e torchio, con relativi accessori, rinviano alle incisioni 4 e 5 di Tabella 1. Completano questo indice figurato, a destra il legno di guaiaco (incisione n. 7) e gli apparecchi per la distillazione (n. 8); a sinistra, sullo stesso piano degli apparecchi chimici un orologio (n. 6), una sella con le staffe in bella mostra (n. 10), e fuori simmetria i rametti con i bozzoli dei bachi da seta (n. 9).

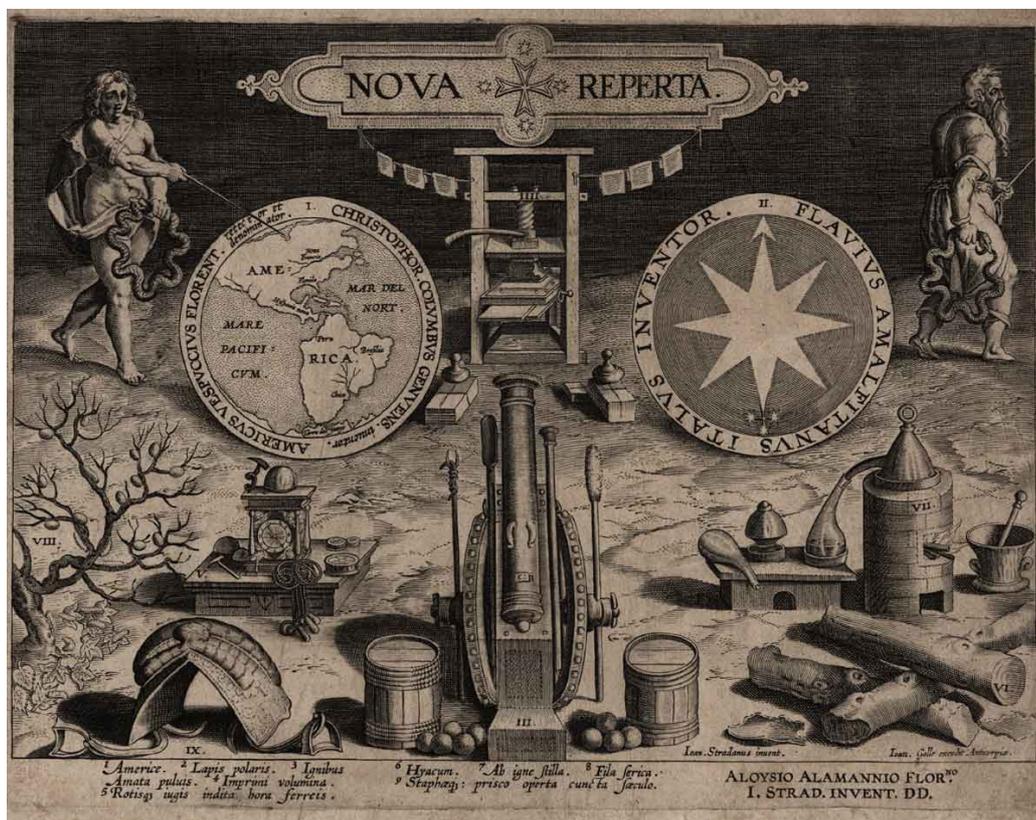


Figura 1

Non si conosce con esattezza la data precisa di composizione delle tavole da parte dell'artista fiammingo; i disegni probabilmente risalgono agli anni 1580. Come vedremo fra poco Stradano soggiornò a lungo a Firenze e in varie altre grandi città italiane, e la stessa attribuzione dell'invenzione della bussola ad un *Italus Inventor* testimonia il suo affetto per il nostro Paese. Come è noto, tre delle quattro principali scoperte raffigurate in Figura 1 giunsero in Europa dalla Cina: bussola, polvere da sparo, e arte della stampa; oltre, ovviamente, alla coltivazione dei bachi da seta. D'altra parte se si considera ancora la tavola di Figura 1 si nota che altre due innovazioni tecnologiche presenti da parecchi secoli in Europa non erano affatto di origine 'europea': l'alambicco proveniva dalla civiltà araba (che lo aveva mutuato dai greci) e la staffa, nota in Svezia fin dal VI secolo, era giunta in Europa dalle steppe dell'Asia centrale. Quanto al guaiaco, l'uso di questo legno come mezzo terapeutico era giunto in Europa dall'America tropicale, la stessa fonte della sifilide, la malattia che avrebbe dovuto curare. A parte la 'scoperta dell'America' l'unica vera innovazione di origine europea presente nel frontespizio è l'orologio meccanico.

Prima di proseguire nell'analisi iconografica, non possiamo trascurare il fatto che nel *Novum Organum* di Bacone ritroviamo la stessa enfasi e successione retorica fra il Nuovo Mondo e una specifica trinità di innovazioni. In un citatissimo aforisma (I, 129) Bacone indica le invenzioni più importanti "di cui le origini, benché recenti, sono oscure e ingloriose: senza dubbio l'Arte della Stampa, le Macchine da guerra a Polvere, e l'Ago Nautico" (*quarum primordia, licet recentia, obscura et ingloria sunt: Artis nimirum Imprimendi, Pulveris Tormentarii, et Acus Nauticae*).[4] Nella frase precedente quella qui citata Bacone si pronuncia in modo terribile sui diritti dei detentori della tecnologia nei confronti degli altri uomini: "se un uomo solo considerasse quale differenza vi sia fra la vita degli uomini nella provincia più civilizzata dell'Europa e nelle più selvagge e barbare contrade della Nuova India; egli sentirà che è grande abbastanza da poter dire giustamente essere l'uomo Dio all'uomo (*hominem homini Deum esse*)". Non ci sono attenua-

zioni o esitazioni in questa affermazione, né intenzioni etiche come sarà più tardi in Spinoza (*Etica*, 4, 35). Con questa frase Bacone assolve la distruzione delle civiltà dette pre-colombiane, e apre la strada ai futuri massacri degli 'indiani' da parte dei 'pionieri' inglesi.

Abbiamo insistito sulla necessità di fare attenzione ad un eccessivo euro-centrismo proprio perché la comunicazione iconografica spesso colloca inequivocabilmente nel tempo e nello spazio ciò che racconta. Nella tavola intitolata *Distillatio* (Figura 2) sono narrati diversi episodi della vita di laboratorio. Al centro della composizione vi è un grande bagnomaria, accudito da tre personaggi adulti e da un ragazzo scalzo che alimenta il focolare; sulla sinistra due signori stanno discutendo qualche punto importante o difficile di un testo; immediatamente alle loro spalle si vede una bilancia. Se a sinistra si discute, e forse ci si appresta a pesare, a destra, su piani diversi sono rappresentate diverse pratiche di laboratorio: un bambino sta frantumando qualcosa in un mortaio, un inserviente manovra un torchio, e sullo sfondo un altro personaggio lavora davanti ad un fuoco vigoroso. Fumi più o meno densi caratterizzano tutti gli spazi del laboratorio, con l'eccezione dell'angolo occupato dai due studiosi. Nella tarda tradizione alchemica gli occhiali indossati dal personaggio seduto simboleggiano lo sguardo acuto dello studioso.[5] Tutto l'ambiente è 'europeo', non vi è traccia delle origini greco-arabe della distillazione.

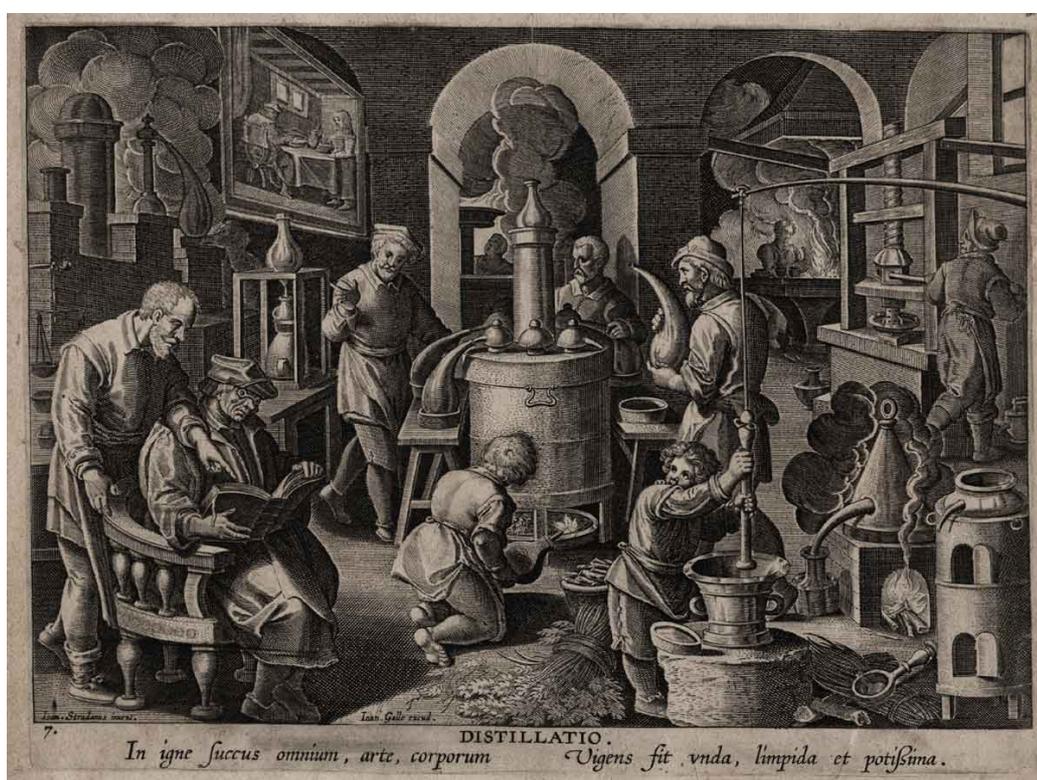


Figura 2

Nel nostro primo contributo sulla comunicazione iconografica abbiamo sottolineato che l'analisi sociosemiotica richiede uno studio d'insieme che, tenendo conto delle pratiche sociali e delle condizioni d'uso, renda ragione del senso generato dal sistema segnico. Il caso del laboratorio descritto da Stradano è particolarmente significativo perché l'artista fiammingo ne fece due versioni, con tecniche e destinatari diversi. L'immagine di Figura 2 era collocata in un contesto di comunicazione che si riferiva ad un pubblico colto, interessato alle novità dell'epoca e alle innovazioni tecnologiche. Si trattava di un pubblico già consolidatosi nel tempo, visto che uno dei successi editoriali del secolo XVI era stato il *De rerum inventoribus* dell'urbinate Vergilio Polidoro. Del tutto diverso il contesto di produzione e di fruizione del quadro di Figura 3. Il pannello fu dipinto nel 1570 come componente della decorazione dello Studiolo di Francesco I de' Medici. Nel 1570 il Granduca aveva affidato a Vincenzo Borghini la progettazione e a Vasari la realizzazione di una particolare stanza privata. Nelle parole di Borghini: "Lo stanzino ha da servire per una guardaroba di cose rare et pretiose, et per valuta et per arte, come sarebbe a dire gioie, medaglie, pietre intagliate, cristalli lavorati et vasi, ingegni

## Chi l'ha visto? L'immagine del laboratorio

et simil cose, non di troppa grandezza, riposte nei propri armadi, ciascuna nel suo genere”.[6] La destinazione pubblica dell’immagine di Figura 2 contrasta quindi nettamente con la fruizione privata dell’immagine di Figura 3.

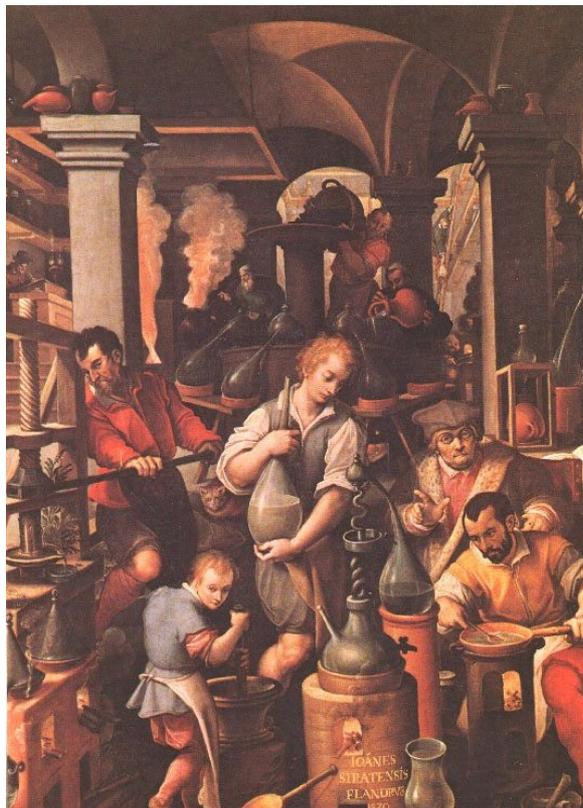


Figura 3

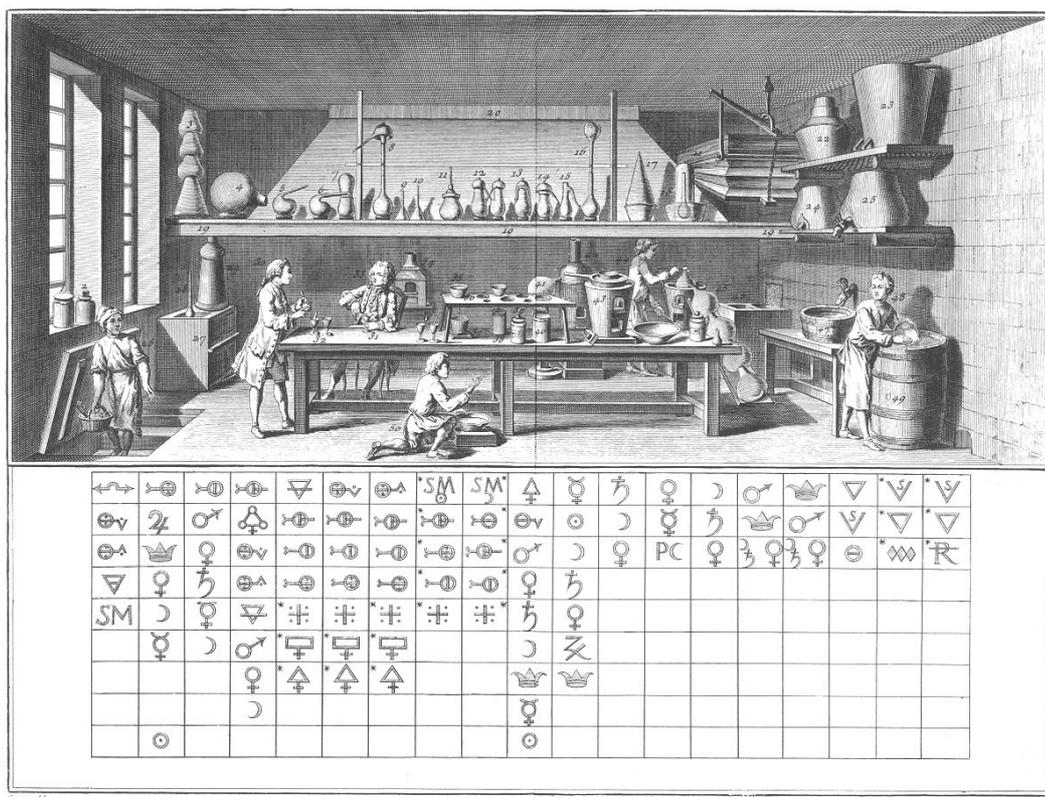
Comparando le due figure, si nota subito che la fruizione privata della Figura 3 viene sottolineata dal tipo di inquadratura usata. La scena è ristretta rispetto alla visuale più ampia della Figura 2: la scena è come rinchiusa al centro della stanza del laboratorio. L’incisione mostra un’architettura a tre navate, il quadro si concentra su una sola navata, quella centrale. Il numero dei personaggi raffigurati, dieci, è lo stesso nelle due opere, ma questo implica ovviamente una maggiore densità nel quadro. La distanza da cui sono prese le scene è diversa, e questo ovviamente conferisce una maggiore familiarità con quella del dipinto, che avvolge maggiormente l’osservatore, quasi da farlo diventare uno tra i personaggi accanto al bagnomaria centrale. Questa è infatti la *far social distance* per usare le categorie proposte da E. Hall[7], diversamente dalla *public distance* dell’incisione. Sono ambedue distanze che non vogliono instaurare relazioni di coinvolgimento con l’osservatore, ma mentre la prima è lo spazio da cui ci posizioniamo per osservare una scena in modo distaccato, la seconda ci allontana fino a un livello di estraneità formale. Non si cerca il coinvolgimento emotivo, questo è chiaro, ma il dipinto crea un relazione di familiarità in quanto non esiste ancora il livello che richiama alla formalità del rapporto. L’occasione e la destinazione dell’opera sono dunque presenti nella scelta delle caratteristiche strutturali delle due opere. È ovvio che in queste due immagini ci saremmo aspettati, come in realtà ci sono, la presenza di figure umane. Sono figure di studiosi o di inservienti che animano il laboratorio, che ce lo consegnano nella immediatezza del suo utilizzo, nella sua vita vera e propria; dunque non siamo in presenza di un laboratorio, seppur alchemico, ordinato e ben sistemato e proprio per questo *falso*, ma in un luogo presentato come un ambiente dell’attività umana colto nelle sue proprie dinamiche. Questi personaggi raffigurati (*represented participants*)[8] sono all’opera e dunque rendono viva la scena e il laboratorio.

È presente tuttavia una differenza notevole tra le due opere: mentre nella tavola sulla distillazione i personaggi sono tutti dediti ciascuno alla propria incombenza, esprimendo relazioni di fatica e lavoro tra loro, nel dipinto lo studioso guarda davanti a sé, con uno sguardo che sembra voler certamente indirizzare e controllare la pratica a cui sovrintende l’uomo con la barba sulla destra del quadro; questo sguardo non si esaurisce però all’interno del quadro, perché guardando davanti a sé guarda dritto negli occhi lo spettatore. Dunque uno sguardo di controllo, di supervisione, uno sguardo diretto allo spettatore; in più uno sguardo attraverso gli occhiali. Già si è detto come gli occhiali simboleg-

gino l'acutezza dello studioso, l'intelligenza propria di chi sa *inter legere*, legare insieme concetti e informazioni, di chi sa leggere dentro le cose. Perché questa differenza? La risposta è presto chiara collegando l'intenzione dell'artista e la fruizione dell'opera. Inserito nello Studiolo, il quadro doveva essere per Francesco I uno sprone a farsi acuto osservatore e studioso attento. Noi, che non siamo certamente i destinatari originari, possiamo cogliere tale relazione, di cui abbiamo appena detto e che lega l'autore e il destinatario. Ci sostituiamo ovviamente al destinatario dell'epoca e pur tuttavia possiamo recepire il messaggio decodificandolo dall'insieme dell'opera. In tal modo il destinatario si trova proiettato in un'ottica differente da quella che normalmente lega l'immagine al destinatario. In genere l'osservatore non è oggetto dell'azione della figura, ossia "di domanda" (*demanding*) secondo la definizione usata da Kress e van Leeuwen; è invece soggetto che richiede un'azione "di offerta" (*offer*). Mentre nel caso della tavola la presenza delle figure umane è un'offerta informativa per chi guarda, nel caso del quadro invece è chi osserva che diventa oggetto dell'informazione veicolata.

### Il laboratorio dell'*Encyclopédie*

La tavola dell'*Encyclopédie* che prenderemo in considerazione è una tavola doppia del 1763 composta da due parti: una superiore con la rappresentazione di un laboratorio e una parte inferiore dove è riportata una *table des Raports*, ossia una tabella delle affinità (Figura 4). La tavola è opera di Louis-Jacques Goussier (1722-1799), un artista singolare,[9] collaboratore accurato e stimato del grande Diderot. L'immagine rappresenta l'interno di un laboratorio dell'epoca ripreso con vista frontale e con una prospettiva centrale. Lo spazio della scena è quasi tutto occupato dal bancone e dalla grande cappa che quasi lo sovrasta occupando tutta la larghezza della stanza. Le finestre sulle sinistra contribuiscono a dare il senso della prospettiva centrale e a illuminare l'interno. La scena è ripresa da un'angolatura che permette all'osservatore di osservare il laboratorio dal centro della stanza e da un'altezza tale che possa abbracciare l'intera scena con un unico colpo d'occhio. Come osservatori siamo dunque posti su una posizione da cui possiamo cogliere l'oggetto per quello che è, per come appare, cercando di darne una rappresentazione il più possibile oggettiva. Il secolo dei Lumi è presente dunque nel contesto di produzione dell'immagine permeandone il suo modo di porsi e di comunicare con l'osservatore.



*Laboratoire et table des Raports*

Figura 4

## Chi l'ha visto? L'immagine del laboratorio

La distanza da cui è presa la scena è una distanza pubblica (*public distance*): la vita del laboratorio, con scienziati e inservienti, è rappresentata all'interno del suo proprio ambiente per trasmettere informazioni sul contesto, per dire qualcosa di più sulla gestione e la pratica del laboratorio. Si ricorre a questa distanza proprio per rendere le figure e gli oggetti rappresentati su un piano di estraneità tra loro e l'osservatore, in modo tale da rendere oggettivo il contenuto codificato nell'immagine.

Vista da questa prospettiva, la scena è strutturata in modo tale da suggerirci che la lettura del suo contenuto va fatta in modo oggettivo e razionale. È possibile infatti individuare un filo conduttore narrante: l'asse da sinistra a destra. Su tale asse la presenza di soggetti umani costruisce una narrazione, ossia la narrazione del fare scienza. A sinistra troviamo il garzone che scende nel magazzino portandovi carbone: la preparazione dell'occorrente è l'inizio materiale delle sperimentazioni. Segue la scena dei due scienziati (il fisico e il chimico) che discutono sulla dissoluzione operata dagli acidi sui metalli: come a sottolineare l'importanza della teoria che orienta il lavoro sperimentale. Proseguendo troviamo inginocchiato un altro garzone che è intento a controllare la raccolta di liquidi, cui seguono due altri tipi di operazioni: un aiutante del chimico che sta effettuando una trasformazione chimica mediante l'uso di un principio attivo e un terzo garzone indaffarato a lavare la vetreria. Siamo dunque nella fase operativa vera e propria, opera dell'aiutante del chimico supportata dalle mansioni dei garzoni. L'ultima scena, il lavaggio della vetreria, è infatti la conclusione del processo, la fine della narrazione rappresentata nella tavola.

Va sottolineato che il centro della scena è tuttavia occupata non da persone, ma dalla vetreria, che campeggia in tutta la sua forza evocativa di strumento insostituibile. Sono infatti strumenti esposti per essere dettagliatamente mostrati al lettore, con richiamo numerico alla didascalia esplicativa, esposti in mostra anche se utilizzati nell'atto in cui viene rappresentata la scena. È l'esibizione dello strumento come mezzo della ragione umana, dell'opera umana, razionalmente utile e utilizzato e non più misterioso apparecchio alchemico. Questa volontà di esibire uno strumento negli anni a venire prenderà le varianti dell'esposizione e dei cataloghi. Se guardiamo la tavola dal basso verso l'alto, due sono i punti focali cui concentrare l'attenzione: il bancone e la grande cappa. Il bancone è la base fisica della pratica di laboratorio, è l'appoggio necessario per l'operazione materiale scientifica. La cappa ha certamente un ruolo utile nel laboratorio, ma la sua disposizione, la sua grandezza aiutano a non avere punti di fuga: la scena risulta in questo modo concentrata nella fascia centrale della scena; inoltre la sua posizione risulta funzionale come piano di sostegno per la strumentazione.

Ci viene consegnata dunque una visione ben precisa del laboratorio: il laboratorio come luogo privato, in cui esporre i risultati dell'opera umana sotto la guida della ragione. Luogo privato dello scienziato in cui operare per riconsegnare la dovuta dignità alle scienze e alla tecnica, da troppo tempo discipline inferiori e secondarie delle arti e delle lettere.



Figura 5

Un filo narrante razionale lega la scena, ne costituisce il filo rosso: la scena del fisico e del chimico che discutono ne è l'apice e nello stesso l'archetipo (Figura 5). Il fisico in piedi, indizio ne è la spada al fianco, è in visita al padrone del luogo, cioè il chimico, seduto a intrattenere l'ospite con dotta dissertazione e dimostrazione pratica. Il fisico e il chimico, quindi, personificazioni della fisica e della chimica, due discipline mostrate in tal modo come distinte e autonome, ma interagenti in nome della comune razionalità che è la loro ragione d'essere. Il dialogo tra i due scienziati è quasi un'eco del dialogo che ne "La scuola di Atene" di Raffaello Sanzio lega Platone ad Aristotele, i due vertici della ricerca del 'vero' nella tradizione del pensiero occidentale. Ma nel nostro caso sono i due scienziati, e dunque la fisica e la chimica, ad essere alla ricerca del *vero*, del *nuovo vero* che confidando nella dea ragione, possibilità tutta umana, rivendicano il ruolo centrale dell'osservazione dei fenomeni naturali e del progresso della conoscenza rispetto all'autorità dominante della Bibbia e di Aristotele.

### Il celebre laboratorio di Justus Liebig

Senza alcun dubbio Justus Liebig (1803-1873) è stato il più famoso chimico del secolo XIX. I suoi importanti contributi scientifici furono solo uno dei motivi di questa celebrità internazionale, che andava ben oltre i confini della comunità scientifica. In effetti all'origine della fama di Liebig vi sono tre iniziative editoriali ed una attività imprenditoriale innovativa. Nel 1840 Liebig pubblicò in tedesco ed in traduzione inglese un'opera che impose all'attenzione di un ampio pubblico l'uso di concimi chimici per aumentare la produzione agricola; in Italia il volume fu edito come *La chimica nelle sue applicazioni all'agricoltura e alla fisiologia*.<sup>[10]</sup> Due anni dopo, nel 1842, Liebig ottenne un nuovo grande successo editoriale con un libro sulle applicazioni della chimica organica alla fisiologia e patologia degli animali; tra l'altro veniva proposta una teoria delle epidemie che portò ad un imponente movimento per il rinnovamento igienico-sanitario delle strutture urbane.<sup>[11]</sup> Infine nel 1844 Liebig raccolse in volume 26 *Chemische Briefe (Lettere chimiche)*, articoli divulgativi che aveva pubblicato a partire dal settembre del 1841 sulla *Augsburger Allgemeine Zeitung*. Il numero delle *Lettere* aumentò fino a 50 nella quarta edizione del 1859.<sup>[12]</sup> Quanto alle iniziative industriali Liebig non fu avaro di tentativi, e l'unica di successo (un grande successo) fu la produzione industriale avviata nel 1862 in Uruguay di un estratto di carne che negli anni successivi fu commercializzato in tutto il mondo. La popolarità di Liebig si costruì in termini immediati nel triennio 1840-1842, l'incisione di Figura 6 fu pubblicata nel 1842, quindi si deve intendere contestuale all'impegno di Liebig per affermare la chimica come scienza fondamentale - e, ovviamente, se stesso come scienziato principe. L'immagine che sarà oggetto della nostra analisi è fra le più note della storia della chimica, e si trova insieme ad altre sette tavole in un fascicolo di presentazione/celebrazione del laboratorio di Liebig.<sup>[13]</sup>



Figura 6

## Chi l'ha visto? L'immagine del laboratorio

L'autore del disegno era Wilhelm Trautschold (1815-1876) un artista che ebbe i suoi momenti più felici nella ritrattistica accademica,[14] e che qui struttura la vita nel laboratorio di Liebig in una serie di episodi, ma prima di entrare nell'intreccio della scena possiamo identificare molti dei personaggi che la animano. All'estrema sinistra, chiaramente in posa con il gomito appoggiato al bancone, è ritratto Vicente Ortigosa (1817-1877), uno studente messicano; più in là, allo stesso bancone, vi sono due personaggi non identificati, intenti a qualche pratica sperimentale; dalle due parti del tavolo di sinistra si fronteggiano uno studente nordamericano di nome Wilhelm Keller, e l'assistente Heinrich Will (1812-1890), che diventerà il successore di Liebig a Giessen. Adolf Strecker (1822-1871) si affaccia sulla scena da un locale contiguo, mentre in primo piano è ritratto l'inserviente Heinrich Aibel; lo svizzero Wydler e Franz Varrentrapp (1815-1877) stanno controllando una distillazione, Johann Scherer (1814-1869) volge le spalle allo spettatore. Proseguendo con lo sguardo verso sinistra si vede un allievo non identificato, a cui seguono due personaggi intenti a verificare l'esito di una reazione: Emil Bockmann sta scaldando una provetta sotto lo sguardo attento di August Wilhelm Hofmann (1818-1892). Vediamo ora più da vicino l'ambiente di lavoro e alcuni episodi di vita di laboratorio descritti da Trautschold nel suo disegno.



Figura 7

Il giovane barbuto che vediamo in Figura 7 era un giovane ufficiale proveniente dalla costa occidentale del Messico. Ortigosa era stato inviato in Europa dal suo governo per apprendere le tecniche più avanzate della chimica, e Alexander von Humboldt (opportunosamente consultato) non aveva esitato a consigliare Giessen come la sede migliore. La posa di Ortigosa non è casuale, infatti il personaggio ha il compito didascalico di tenere in mano, in bella evidenza, l'apparecchio a bolle per l'assorbimento della  $\text{CO}_2$ , il simbolo stesso dell'opera scientifica di Liebig. Anche gli altri due personaggi sono interessanti: quello con il camicione è tutto preso da ciò che sta succedendo sotto i suoi occhi, mentre il secondo considera con aria decisamente dubbiosa il contenuto di una grossa beuta. Ma questo angolo della scena non mostra soltanto gli studenti, infatti l'occhio dell'osservatore non può non indugiare sui reagenti stipati negli scaffali che scandiscono i posti di lavoro e sulla vetreria che affolla l'armadietto aperto sulla estrema sinistra. I reagenti e la vetreria sono gli strumenti delle pratiche analitiche che erano insegnate nel laboratorio; il loro stesso numero indica che l'analisi esige procedure variabili e complesse.

In Figura 8 vediamo più da vicino quanto abbiamo già descritto poco sopra. Bockmann ha nella mano sinistra un fornello ad alcool, alla cui fiamma sta scaldando il fondo di una provetta prudentemente tenuta lontano dal volto. L'operazione però non sembra essere esplorativa ma dimostrativa, infatti essa è messa in scena per uno spettatore privilegiato. Hofmann era di casa in quel laboratorio, ma qui è rappresentato con un guanto stretto nella mano destra, come se fosse appena arrivato. Il posto di lavoro, particolarmente ingombro, è quindi quello di Bockmann, che probabilmente ha interrotto ciò che stava facendo per mostrare ad Hofmann una reazione nuova o di difficile interpretazione. La posa noncurante di Hofmann è del tutto simmetrica rispetto a quella di Ortigosa, tuttavia il messicano tiene in mano uno strumento di lavoro e così il guanto del giovane tedesco[15] potrebbe indicare che gli allievi di Liebig, in fin dei conti, erano degli studenti e non dei forzati, prigionieri del laboratorio.



Figura 8

L'immagine di Trautschold ispira indubbiamente laboriosità, amicizia, serenità, eppure si può giungere ad avvertire un senso drammatico quando si coglie una assenza: quella del Maestro. Allievi e inservienti mettono in scena la vita del più famoso laboratorio del mondo, ma Justus Liebig, il suo fondatore, non è presente. In realtà il grande chimico tedesco aveva ormai iniziato il percorso che di là a qualche anno lo porterà al suo nuovo incarico a Monaco, la mondana capitale del regno di Baviera. Liebig, che nel 1826 aveva aperto il suo laboratorio agli studenti, nel 1852 pose come condizione per il suo trasferimento di non dover dare istruzioni agli studenti in laboratorio.[16] Già nell'aprile del 1840 Liebig aveva scritto al suo migliore amico, Friedrich Wöhler, che era stanco del lavoro di laboratorio e delle sue minuzie: "solo le applicazioni mi attraggono, e queste devono essere lo scopo dei successivi periodi della vita".[17]

### Il laboratorio come luogo eroico

Uno degli eventi più noti dell'intera storia della scienza è, per molteplici motivazioni, la scoperta della radioattività da parte di Marya Sklodowska (1867-1934) e di suo marito Pierre Curie (1859- 1906). Parte del fascino dell'impresa derivò dalle condizioni proibitive della ricerca e del luogo in cui si svolse: la celebre 'baracca' nel cortile della École Municipale de Physique et Chimie Industrielle, in rue Lhomond. Siamo a cavallo fra Otto e Novecento e le numerose immagini tramandate sono soprattutto fotografie. Il contenuto intenzionale della comunicazione non è però inferiore di quanto fosse con le tecniche precedenti, dipinto o incisione: la scelta di cosa far apparire nelle fotografie è una scelta precisa, e come si vedrà nel caso esaminato costruita 'ad arte', così come la disposizione degli oggetti e, più semplicemente, il decidere di diffondere quella certa immagine è stato voluto.



Figura 9

Nell'incisione (Figura 9, parte sinistra) che riproduce il laboratorio[18] non ci compaiono figure eppure è più realistica della più celebre foto[19] (Figura 9, parte destra) con figure del medesimo luogo (è *esattamente* il medesimo: stesse sedie, stessa stufa sullo sfondo, l'incisione potrebbe anche derivare dalla foto), quella con i coniugi Curie vistosamente in posa, foto nella quale Sklodowska è seduta e, anziché il consueto camicione, indossa un vaporoso vestito, che avrebbe impedito di muoversi in laboratorio perfino a una vera signora di fine Ottocento.

Analizziamo più approfonditamente l'incisione: riprende la stessa porzione di spazio del laboratorio della fotografia, la stessa prospettiva ma usando un'inquadratura più allargata. È una scelta certamente non è casuale: è una visuale con un punto di fuga lontano, che ci proietta alla destra indefinita dello sguardo, con lo sfondo della parete che accompagna, e nello stesso tempo delimita, la proiezione. La scena è ripresa ad altezza uomo, per farci entrare nella scena con naturalezza, come se entrassimo realmente nel laboratorio. È un modo per vedere la realtà così com'è, come appare. L'altezza e lo sguardo d'insieme sul laboratorio dunque ci permettono di cogliere la scena nella sua interezza, perché ci posizionano nella scena a un livello ben preciso e cioè a quello di chi riconosce in quella realtà che appare sotto gli occhi un luogo importante, che ha segnato una tappa importante nella strada della conoscenza scientifica. Alla sinistra della scena troviamo il tavolo con il materiale occorrente, messo in bella mostra, in esposizione; è una scena ricca di materiali e strumenti, molto più ricca della fotografia. Tutto questo occupa è messo sulla sinistra dell'insieme, laddove si colloca lo spazio dedicato a ciò che è dato, alla realtà acquisita: si vuole sottolineare in tal modo come i risultati scientifici dei Curie ormai siano un patrimonio della scienza, non un miraggio lontano. Il progresso è a portata di mano, anzi già lo viviamo, lo possiamo afferrare: la concezione positivista permea il messaggio veicolato all'immagine. Sulla destra, dove generalmente viene messo il dato nuovo, l'incognita, la novità, una rinnovata concezione che si sta affermando, troviamo il resto del laboratorio ma come arredamento, inessenziale suppellettile, secondaria mobilia; certo quest'altra parte del laboratorio contribuisce a dare concretezza e veridicità alla scena, ma

## Chi l'ha visto? L'immagine del laboratorio

proprio perché messa nella prospettiva di fuga diventa labile e sfuggente.

Quello che salta subito agli occhi confrontando la fotografia e l'incisione è la sedia vuota al centro dell'incisione. Un'assenza che tuttavia riempie la scena. Va notato anche che questa sedia non è l'unica presente, ma le altre due addirittura quasi sfuggono alla nostra attenzione: sono incomplete e poste in spazi che relativizzano la loro presenza. Le due linee portanti della fuga prospettica (il piano del tavolo e la linea della parete) vengono interrotte dalla sedia vuota, come una pausa che, suggerendo la mancanza dei coniugi, ne evoca le figure. Figure che però proprio nel momento in cui vengono sottratte ritornano nella mente dell'osservatore con maggiore vigore. La sedia, quella che importa, proprio per dove è posizionata, compensa il punto di fuga, diventa il punto di vista dell'immagine, evoca l'assenza dei due scienziati. Dunque la sedia vuota non è più semplice sedia, è allusione viva perché rimanda alla fisicità dei due scienziati; pur tuttavia rimaniamo come sospesi perché non è univoca questa evocazione. Perché non disegnare i coniugi? O quantomeno un particolare, un indizio preciso? A nostro avviso la sedia interroga e nello stesso tempo allude, suggerisce la risposta. Certamente questa sedia, proprio quel tipo di sedia, con quell'impagliatura, con quell'angolazione (notiamo per inciso che nella fotografia la sedia è quasi tutta completa e sembra leggermente differente da quella dell'incisione: la curvatura dello schienale e le gambe) non possono che richiamarci un'altra sedia, altra ma identica: la sedia de *La camera di Arles*, che Vincent van Gogh dipinse nel 1888.[20]



Figura 10

Un quadro fondamentale e rivoluzionario, che aveva stravolto la tradizionale rappresentazione. L'accostamento è implicito, immediato tanto che con questo richiamo, come si suol dire, si chiude il cerchio. L'assenza-presenza degli scienziati è suggerita ma non soddisfa l'evocazione che la sedia produce. Proprio a questo punto il messaggio veicolato diventa chiaro: è uno sforzo di far accomodare l'osservatore, di accoglierlo in modo tale che l'assenza evocativa degli scienziati diventi presenza completa con l'osservatore, dunque è tensione verso la completezza, volontà di accogliere il lettore nell'avventura scientifica che grande ha reso i coniugi Curie, così come l'osservatore viene invitato ad accomodarsi nella camera di Van Gogh.

Dall'analisi delle due immagini, in particolare dell'incisione, che è più ricca di contenuti, salta immediatamente all'occhio come nell'evoluzione storica le condizioni del luogo della 'battaglia', il laboratorio, siano peggiorate invece di progredire, i locali rappresentati nelle pagine precedenti appartengono a edifici prestigiosi, la rimessa è e appare invece rimediata: è un'ex sala di dissezione, le pareti sono costituite da tavole di legno, l'arredamento è come minimo spartano e l'attrezzatura minimale rispetto alla ricchezza esposta nelle immagini precedenti. Questa povertà fu senza dubbio reale, a causa della scarsa ortodossia della coppia: un insofferente i doveri accademici e una donna. L'aspetto inadeguato è stato però certamente evidenziato per sottolineare il carattere eroico dell'impresa (e lo fu davvero): è celebre la frase di Sklodowska riportata della figlia: "Io trascorrevi qualche volta il giorno intero ad agitare una massa in ebollizione con un'asta di ferro grande quasi quanto me. Alla sera ero rotta dalla fatica",[21] ma il dato più immediato per comprendere le dimensioni della sfida sta nelle masse: da una tonnellata di minerale fu estratto un deci-

mo di grammo di cloruro di radio. *Manualmente*, in quattro anni di assiduo e faticosissimo lavoro furono discesi sette ordini di grandezza! A quanto pare Wilhelm Ostwald (1824-1903) in visita rimase impressionato e in qualche misura incredulo per le condizioni del locale:

"In seguito ad una mia insistente richiesta mi fu mostrato il laboratorio dove poco prima era stato scoperto il radio [...] Era un incrocio fra una stalla ed un magazzino di patate, e se non avessi visto il tavolo da lavoro e qualche apparato chimico, avrei potuto pensare che mi fosse stato fatto uno scherzo".[22]

Riportiamo una terza foto del laboratorio dei Curie (Figura 11). Non è delle più note, compare su un solo sito[23]in rete, ma è notevole: le dimensioni e lo sfondo sono industriali: dunque la ricerca è solitaria ed eroica ma le dimensioni e le ricadute sono di entità industriale: alla fine dell'Ottocento la scienza non è un'avventura privata per gentiluomini ma una lotta produttiva. La fotografia ci trasmette con immediatezza alcuni aspetti di questa lotta.

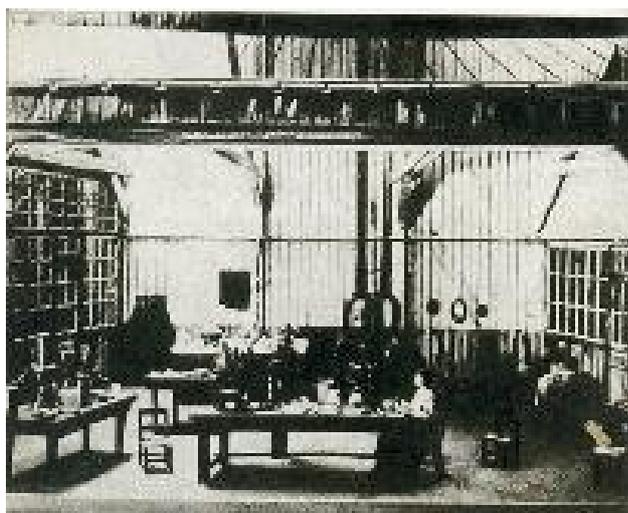


Figura 11

Innanzitutto si percepisce un enigmatico senso di solitudine. È qui falsificata l'immagine della scienza come impresa collettiva che si ritrovava nello studiolo di Francesco I così come nella Francia illuminista e nel laboratorio di Giessen. Sklodowska è sola, e la sua solitudine è trasformata in enigma dalle due (solite) sedie, ben disposte ai due capi del bancone, ma miseramente vuote - in attesa. Pur nell'incertezza grafica dell'immagine 'scaricata' dalla rete, si coglie l'affollarsi degli apparati chimici su tutti i ripiani di lavoro, vi è quindi e comunque una continuità funzionale con tutti i laboratori che abbiamo visto in precedenza. Questi tratti di continuità e discontinuità aprono alle nostre conclusioni.

### Conclusioni

La diversa iconografia di van der Straet, Goussier e Trautschold permette di tracciare un doppio percorso storico del laboratorio chimico. Il primo percorso è istituzionale. Il quadro dello studiolo di Francesco I nello stesso tempo è opera di corte e rappresenta un luogo di corte. Il chimico-alchimista e il suo luogo di lavoro non avevano alcuna autonomia rispetto al 'protettore' locale, aristocratico o prelado. Il laboratorio raffigurato nell'*Encyclopédie* ha una collocazione istituzionale del tutto diversa, perché non ne ha nessuna. Nel 1763 i laboratori chimici non appartenevano a nessuna istituzione pubblica; le ricerche fondamentali della chimica pneumatica furono condotte da Stephen Hales, (1677-1761), un parroco di campagna; da Joseph Black, (1728 - 1799) quando era ancora uno studente di medicina; da Carl Scheele (1742 -1786), un farmacista svedese; da un predicatore, scrittore e polemista di nome Joseph Priestley (1733-1804); da Henry Cavendish (1731-1810) un ricco ed eccentrico *gentleman*, ed infine da Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) un finanziere francese, che utilizzava strutture pubbliche - l'Hôtel de l'Arsenal - per le sue ricerche private. L'università è per noi l'istituzione protagonista della ricerca scientifica, ma per quanto riguarda i laboratori chimici questo comincia ad essere vero solo nell'Ottocento, e in date molto variabili a seconda delle nazioni interessate e delle singole sedi. L'immagine del laboratorio di Liebig rappresenta un luogo di avanguardia scientifica e di innovazione istituzionale: la pratica sperimentale offerta agli studenti. Il percorso istituzionale tratteggiato dalle prime tre immagini è quindi questo:

luogo di corte → luogo privato → luogo pubblico

Il caso del laboratorio eroico di Marie Curie, *née* Sklodowska ci dice che possono essere esistite molte varianti del trac-

## Chi l'ha visto? L'immagine del laboratorio

ciato principale. Non tutti i luoghi *pubblici* lo sono in egual modo; la drammatica solitudine di Sklodowska lo dimostra.

Il secondo percorso storico riguarda gli aspetti operazionali della chimica. Si potrebbe chiedere se entrando nei laboratori rappresentati da van der Straet, Goussier e Trautschold un 'viaggiatore del tempo' avrebbe riconosciuto di essere in un laboratorio chimico. L'ovvia risposta affermativa nascerebbe dalla presenza in tutte e tre le immagini di apparati per la distillazione, sia pure con un'importanza ed un ingombro via via decrescente. Anche da questo punto di vista il laboratorio di Sklodowska impone un momento di attenzione: la penosissima preparazione di campioni sempre più puri di cloruro di radio non richiedeva distillazioni. Tuttavia il tavolo protagonista delle due immagini di Figura 9 ospitava apparati destinati palesemente alla manipolazione di sostanze. La continuità operativa della chimica è fuori discussione proprio nella trasformazione delle sostanze, il suo aspetto disciplinare più caratteristico.

Concludiamo con una semplice osservazione. La *Chimica nella Scuola* ha recentemente dedicato uno speciale al laboratorio.[24] Lo speciale presenta una ricca iconografia, tra cui spiccano molte immagini di strumenti, anche di carattere storico, ma non ve ne è nessuna che presenti il laboratorio come luogo, come spazio sociale con i suoi diversi attori. Certamente non si tratta di noncuranza, perché in tutti i contributi dello speciale il laboratorio è discusso proprio come luogo di pratica sociale, insostituibile nella didattica chimica e nell'educazione scientifica. Forse il significato di questa assenza è più profondo, e ci richiama irresistibilmente l'assenza di Liebig nell'immagine poi celeberrima del suo laboratorio. Il Maestro era indispensabile nel 1842, così come il laboratorio nel 2007: *multo magis nunc in absentia* (Filippesi, 2:12).

### Bibliografia

- [1] Tratteremo le immagini degli strumenti nel nostro prossimo articolo. Qui anticipiamo che l'immagine di uno strumento può servire a molti scopi, da quello puramente retorico a quello meramente commerciale; può servire a riprodurre lo strumento o a descriverne la manutenzione, ecc.
- [2] Il lettore interessato vedere in un'unica pagina tutte le tavole, e quindi anche la struttura dell'opera all'indirizzo: <http://www.lehigh.edu/~ejg1/ed/novarepall.htm>; probabilmente la seconda incisione è la più nota, con Amerigo Vespucci che 'scopre' l'America, rappresentata come una donna formosa e nuda che sta per scendere da una amaca.
- [3] Dobbiamo comunque chiarire che si tratta di una 'civiltà' definita *ad excludendum*. Ne rimangono fuori, esplicitamente, proprio gli abitanti dell'America che nell'immagine citata sono rappresentati alle spalle della ragazza ignuda come una banda di cannibali che sta arrostando un 'quarto d'uomo' allo spiedo. Gli olandesi non furono meno razzisti degli altri colonizzatori europei.
- [4] Non senza qualche amara ironia la storia ci fa ricordare ancora una volta che tutte e tre innovazioni citate da Bacone ebbero origine in Cina.
- [5] Non sempre gli occhiali furono un simbolo positivo. Nel 1504 Hieronymus Bosch in un quadro dedicato a San Giovanni a Patmos dipinse un orribile demone con corpo da insetto, coda di scorpione, volto senile e occhiali. [http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Hieronymus\\_Bosch\\_089.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Hieronymus_Bosch_089.jpg).
- [6] La citazione di Borghini si trova in rete a vari indirizzi. Il manoscritto originale fu rintracciato e citato da Alessandro Del Vita nel 1927, cfr. F.-O. Schuppiesser, "Die Welt der Antike und der menschlichen Arbeit im Studiolo Francescos I. im Palazzo Vecchio. Zur Kunst des Spätmanierismus in Florenz", <http://mypage.bluewin.ch/schupposc/studio.htm>.
- [7] Edward Hall, *The hidden dimension*, New York: Doubleday, 1966.
- [8] G. Kress, T. van Leeuwen, *Reading Images: The Grammar of Visual Design*, London: Routledge, 1996. Questo importante testo ci è stato molto utile nel mettere a punto le procedure di analisi delle illustrazioni; è stato riedito nell'aprile 2006.
- [9] In realtà la 'singolarità' di Goussier è tutta nella nostra valutazione soggettiva, che mette in un contrasto un po' bigotto l'ordine tecnologico delle sue tavole con il disordine esistenziale della sua vita privata.
- [10] La prima traduzione italiana fu pubblicata a Vienna nel 1844, quando già l'opera di Liebig era già arrivata alla quinta edizione: G. Liebig, *La chimica applicata all'agricoltura ed alla fisiologia*, Vienna: Volke, 1844.
- [11] La prima edizione italiana si ebbe a Napoli, un centro editoriale che contese a Torino la pubblicazione delle opere del chimico tedesco: G. Liebig, *Chimica organica applicata alla fisiologia animale ed alla patologia*, Napoli: Rondinella, 1843.
- [12] In Italia le *Lettere* giunsero dapprima in una traduzione dalla versione francese; G. Liebig, *Nuove lettere sulla chimica considerata nelle sue applicazioni all'industria, alla fisiologia e all'agricoltura*, prima versione dal francese di A. Ranieri, Napoli: [s. n.], 1852; poco dopo fu pubblicata una traduzione diretta dal tedesco: J. Liebig, *Lettere prime e seconde sulla chimica e sue applicazioni, all'agricoltura, alla fisiologia, alla patologia, all'igiene e alle industrie*, trad. di E. Leone, e note di A. Selmi, Torino: Soc. Ed. Biblioteca Comuni Italiani, 1853.
- [13] J. Hofmann, *Das chemische Laboratorium der Ludwigs-Universität zu Giessen*, Heidelberg: Winter, 1842.
- [14] Si possono ricordare i ritratti dello stesso Liebig e di Thomas Graham.
- [15] August Hofmann diventerà uno dei chimici più celebri dell'Ottocento, fondatore di due scuole di chimici: in Inghilterra fra il 1845 e il 1865 presso il Royal College of Chemistry di Londra, e dal 1865 in Germania come titolare della cattedra di chimica all'Università di Berlino.
- [16] J.R. Partington, *A History of Chemistry*, vol. IV, London: MacMillan, 1964, p. 297.
- [17] A. W. Hofmann (a cura di), *Aus Justus Liebig's und Friedrich Wöhler's Briefwechsel in den Jahren 1829-1873*, vol. I, Brunswick, 1888, p. 178. Quando scrisse questa lettera Liebig aveva 36 anni, morì poco prima di compiere il settantesimo compleanno.
- [18] M.E. Weeks, *Discovery of the Elements*, USA: Journal of Chemical Education, 6th ed, 1960, p. 810, tratta da: Jacques Danne, *La Nature*, 32 [1], 217 (5 mar 1904).

[19] Tratta da <http://www.anlamak.com/tanimak/yabanci/Curie-Marie.htm> e datata 1899 su <http://www.ptchem.lodz.pl/en/museum2.html>.

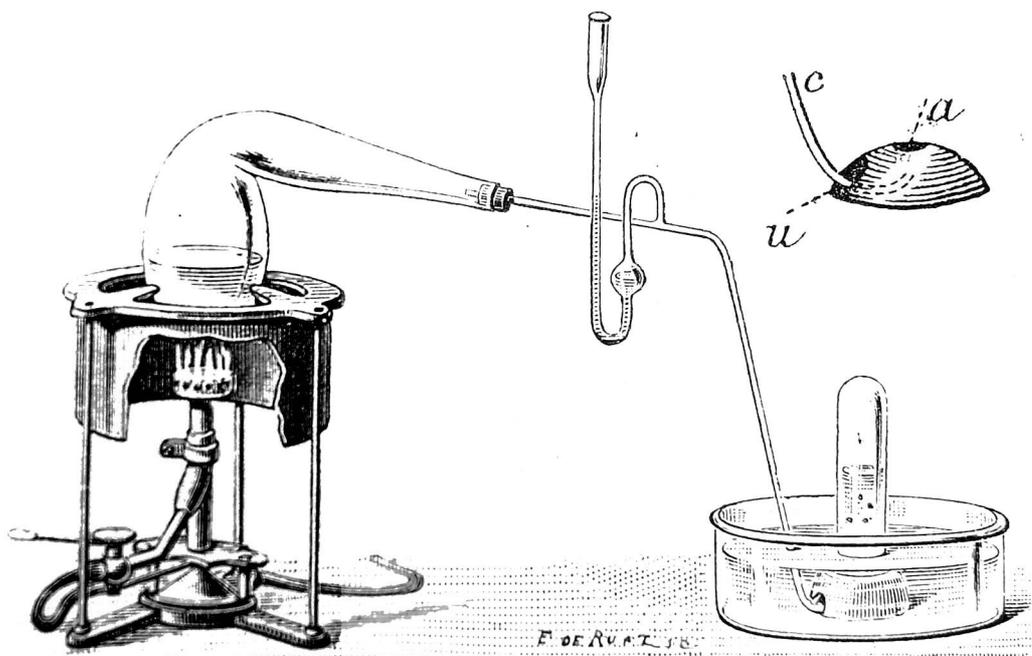
[20] *La camera di Van Gogh ad Arles*, 1888, olio su tela, 90x72 cm, Amsterdam, Rijksmuseum Vincent Van Gogh.

[21] Eve Curie, "Vita della signora Curie", ed. Biblioteca moderna Mondadori (1948). Prima edizione del 1937, p. 97.

[22] Nanny Fröman su [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/articles/curie/](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/articles/curie/).

[23] <http://coolchem.webpark.pl/sklodowska.htm>.

[24] *CnS. La Chimica nella Scuola*, a. XXVIII, n. 4-5, 2006.



Préparation de l'oxygène par la décomposition  
du chlorate de potassium.

# Sviluppo Storico del Concetto di Equilibrio Chimico

FABIO MARCHETTI,\* RICCARDO PETTINARI, CLAUDIO PETTINARI,  
AUGUSTO CINGOLANI, CORRADO DI NICOLA

Dipartimento di Scienze Chimiche, Università degli Studi di Camerino,  
fabio.marchetti@unicam.it

## Sommario

*Viene delineata l'evoluzione storica dei concetti fondamentali che sono alla base della moderna comprensione dell'equilibrio chimico: dall'iniziale idea di affinità chimica per spiegare l'interazione tra due sostanze, si giunse attraverso due secoli a comprendere che molte reazioni sono incomplete e che si instaura un equilibrio dinamico e reversibile. Le tappe fondamentali e le figure degli scienziati che hanno contribuito a questo percorso epistemologico vengono inquadrare nei rispettivi contesti storici, con l'intento di fornire una visione d'insieme delle motivazioni che hanno spinto varie generazioni di scienziati a studiare questi fenomeni chimici, oltre che delle difficoltà che essi hanno dovuto superare per giungere alle attuali conoscenze sull'equilibrio chimico.*

## Abstract

*Here we report on the historical evolution of the concepts fundamental for the modern comprehension of the chemical equilibrium: starting from the old idea of chemical affinity as the basis of interaction between substances, scientists have understood within two centuries that many chemical reactions don't go to completeness, whereas a reversible and dynamic equilibrium is reached. The fundamental steps and the most important scientists that contributed to this epistemological path will be inserted in the correct historical contest, with the aim to give a global vision on the motivations and difficulties that scientists had to face in the development of the actual knowledge of chemical equilibrium.*

## Introduzione

La crisi delle vocazioni per le materie scientifiche e per la chimica in particolare ha fatto emergere negli ultimi anni la necessità di utilizzare nuove e differenti tecniche di insegnamento mirate ad aiutare gli studenti nella comprensione dei concetti formali di questa disciplina, stimolando la loro curiosità e la loro capacità di ragionamento. Il metodo di insegnamento basato su un approccio storico-epistemologico è considerato da molti studiosi un efficace strumento per avvicinare gli allievi alla chimica. Esistono infatti alcune analogie tra le attuali difficoltà di apprendimento e gli ostacoli cognitivi che gli scienziati hanno affrontato nel passato.<sup>1</sup>

Mentre sono sufficientemente noti gli sviluppi storici della tavola periodica e dei concetti acido base, tanto che in molti libri di scuole superiori e universitari l'approccio divulgativo è appunto quello storico, quantomeno nei tratti essenziali, ed esistono per tali tematiche anche diverse proposte didattiche basate su approcci storico-epistemologici,<sup>2</sup> l'origine del concetto di equilibrio chimico è invece un argomento meno noto, soprattutto qui in Italia, mentre nella letteratura internazionale esistono solo alcuni lavori su riviste di didattica della chimica che delineano le linee essenziali dello sviluppo di tale concetto.<sup>3</sup> Ciò è probabilmente dovuto alla complessità dell'argomento e anche alla difficoltà di individuare un unico percorso evolutivo, poiché diversi settori sia della fisica che della chimica hanno apportato ciascuno dei contributi alle attuali conoscenze sull'equilibrio chimico e sulla sua natura dinamica. Le attuali metodologie didattiche, utilizzate nell'insegnamento dell'equilibrio chimico, risentono ancora di tale multidisciplinarietà. Infatti nei testi di Chimica Generale viene generalmente proposto un approccio di tipo cinetico mentre nei testi di Chimica Fisica viene utilizzato un approccio più rigoroso di tipo termodinamico.<sup>4</sup>

Sulla base di tutto ciò abbiamo pensato di svolgere una ricerca ad ampio raggio che rintraccia le tappe principali degli studi storiografici sull'evoluzione delle concezioni relative alle reazioni chimiche, in modo da divulgare anche in questa rivista di didattica della chimica il pensiero degli scienziati che hanno contribuito alla attuale definizione dell'equilibrio chimico. L'evoluzione di questo concetto scientifico deriva da esigenze pratiche concretizzatesi in un certo periodo storico e attraverso dispute tra precedenti concezioni e nuove teorie.<sup>5</sup> Riteniamo che sia molto importante trasmettere agli studenti questo aspetto epistemologico della scienza, perché una migliore comprensione dei concetti scientifici può derivare da una più approfondita conoscenza dell'origine delle ipotesi degli scienziati e delle problematiche con le quali essi si sono imbattuti. Una maggiore consapevolezza dell'evoluzione delle teorie e dei modelli scientifici può anche contribuire sotto un altro aspetto: vi è spesso la tendenza tra gli studenti a sottovalutare le idee degli studiosi dei secoli precedenti; da questa rassegna storica emergerà invece come molte idee del passato sono ancora, in essenza, presenti nella discussione dei fattori che influenzano le reazioni chimiche e lo stato di equilibrio.



## Sviluppo storico del concetto di Equilibrio chimico

Nel 1775 Bergman (1735-1784), (Figura 2) enunciò il concetto di “affinità elettiva” nel suo trattato “*De Attractionibus Electivis*”: egli considerò le combinazioni chimiche come il risultato di affinità elettive dipendenti soltanto dalla natura delle sostanze reagenti. Bergman sviluppò ulteriormente il concetto di affinità chimica specificando una precisa procedura sperimentale per la determinazione delle affinità, basata su reazioni di spostamento come la seguente:



se l’aggiunta di una sostanza A ad una sostanza BC produceva le nuove sostanze AB e C, si poteva concludere che A avesse maggiore affinità per la sostanza B rispetto a quanta non ne avesse verso la sostanza C. Bergman mise anche in evidenza che in alcune reazioni di spostamento la separazione di C dalla sostanza BC poteva richiedere un eccesso di sostanza A, ciononostante l’affinità di B per A veniva ancora considerata maggiore rispetto all’affinità per C essendosi prodotta una reazione di spostamento.



Figura 2. T. O. Bergman

### Sviluppo del concetto di incompletezza delle reazioni e del ruolo della quantità di sostanza

A due anni dalla pubblicazione della teoria delle affinità di Bergman, nel 1777, Wenzel (1740-1793) pubblicò un trattato dal titolo “*Lehre von der Verwandtschaft der Körper*” in cui tentava di dare una prima misura quantitativa delle affinità chimiche misurando la velocità con cui i differenti metalli venivano dissolti nei vari acidi.<sup>3a</sup> Egli mostrò che la velocità di dissolvimento dei metalli era influenzata non solo dalla natura ma anche dalla quantità di acido impiegato. Tali osservazioni non attirarono però la dovuta attenzione dei contemporanei ed il contributo di Wenzel fu presto dimenticato. La sua intuizione sul ruolo determinante della quantità di sostanza precorreva troppo i tempi e in quel periodo il concetto di affinità elettiva, pur se limitato ai soli aspetti qualitativi, risultava essere più intuitivo e generalizzabile e quindi più accettabile.

Alla fine del XVIII secolo il concetto di affinità si era ormai consolidato nella comunità scientifica come un sistema coerente che permetteva di razionalizzare moltissime reazioni chimiche. Nel 1786 Guyton De Morveau (1737 – 1816) pubblicò nella *Encyclopedie methodique* un lungo articolo dal titolo “*Chymie*” in cui passava in rassegna l’evoluzione del concetto di affinità chimica negli ultimi due secoli distinguendo quattro classi di affinità: affinità dello stato di aggregazione (che agisce solo tra molecole della stessa specie), affinità di combinazione (che unisce sostanze diverse in nuove sostanze omogenee), affinità di distribuzione (alla base del cambiamento di composizione di una sostanza) e affinità di azione combinata (quando intervengono quattro o più sostanze). Egli propose anche le seguenti leggi dell’affinità:

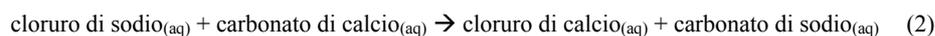
- 1) l’affinità si manifesta soltanto tra le minutissime molecole che costituiscono una sostanza,
- 2) l’eccesso di una sostanza può modificare la sua affinità per un’altra sostanza,
- 3) l’affinità di combinazione si manifesta soltanto quanto supera in grandezza l’affinità di stato di aggregazione,
- 4) dall’affinità di combinazione si ottiene una sostanza con nuove caratteristiche, differenti da quelle delle due o più sostanze da cui essa ha avuto origine,
- 5) l’azione dell’affinità si modifica, rallentando, o accelerando, o addirittura annullandosi, a seconda delle condizioni di temperatura.

Secondo la teoria dell’affinità sarebbe stato impossibile che una reazione avvenisse contrariamente a quanto previsto dalle tavole di affinità, cioè la reversibilità chimica non veniva ritenuta possibile.

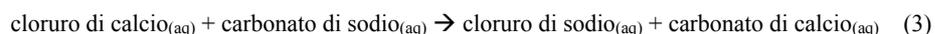
Berthollet (1748-1822), (Figura 3), eminente professore di chimica all’*Ecole Normale* di Parigi, aderì inizialmente alla teoria dell’affinità, ma successivamente modificò le proprie convinzioni. Egli aveva da tempo avviato un dettagliato programma sperimentale che prevedeva di mettere a punto un test affidabile per la determinazione della purezza del *sal nitro* (KNO<sub>3</sub>) che a quei tempi rivestiva un ruolo importantissimo come componente della polvere da sparo. Il suo ottenimento ad un elevato grado purezza richiedeva varie cristallizzazioni e Berthollet ebbe perciò la possibilità di rendersi conto che, all’aumentare della concentrazione di KNO<sub>3</sub>, la soluzione vedeva diminuita la sua capacità di dissolvere nuove quantità di sale. Tale evidenza sperimentale spinse Berthollet a modificare a poco a poco le sue iniziali concezioni sull’affinità in quanto l’affinità tra il sale e l’acqua non poteva più essere considerata come l’unico fattore responsabile del processo di dissoluzione del sale: doveva esistere un’altra forza, antagonista all’affinità, che provocava il suddetto fenomeno di precipitazione.<sup>10</sup>

Nel 1799, assieme ad altri studiosi, seguì Napoleone nella sua campagna in Egitto. Fu proprio dopo quel periodo che Berthollet richiamò l'attenzione della comunità accademica sul fatto che le combinazioni chimiche sono influenzate oltre che dall'affinità chimica anche da un altro fattore: la quantità delle sostanze coinvolte.

Sembra che le idee di Berthollet sugli effetti della quantità di sostanza fossero state ulteriormente influenzate dalle osservazioni e dai successivi tentativi di spiegare la formazione di grandi depositi di carbonato di sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , rinvenuti sulle rive dei laghi salati in Egitto.<sup>3a</sup> Berthollet riconobbe in questo fenomeno naturale la reazione chimica tra carbonato di calcio e cloruro di sodio:



Tale reazione risultava essere esattamente l'opposta della reazione prevista in base alle affinità elettive, che Berthollet conosceva molto bene, cioè:



perciò Berthollet concluse che la formazione di grandi depositi di carbonato di sodio fosse causata dalle grandi quantità di carbonato di calcio (calcere), presenti sulle sponde di questi laghi, che reagiscono con il grande eccesso di cloruro di sodio trasportato dai fiumi e accumulatosi a causa della intensa evaporazione delle acque salate.

Nel tentativo di unificare la comprensione delle reazioni chimiche e di individuare tutti i tipi di forze coinvolte, Berthollet elencò tutti i risultati sperimentali contrari alle previsioni basate sulle affinità elettive. Egli ideò e condusse anche una serie di esperimenti i cui risultati furono interpretati come dovuti all'effetto della quantità delle sostanze coinvolte. Nel suo trattato *“Recherches sur les lois de l'affinité”* egli scrisse: *“l'affinità elettiva, in generale, non agisce come una forza, secondo cui un corpo separa completamente un altro da una precedente combinazione; ...piuttosto, in tutte le combinazioni e decomposizioni prodotte dall'affinità elettiva, ...le proporzioni della suddivisione della base (o soggetto della combinazione) tra due corpi sono determinate non soltanto dalla differenza in energia nelle affinità, ma anche dalla differenza tra le quantità dei corpi; cosicché un eccesso di quantità del corpo con minore affinità può compensare la debolezza nell'affinità”*.<sup>11</sup> Berthollet giunse alla conclusione che l'**incompletezza** di alcune reazioni chimiche fosse dovuta alla **quantità delle sostanze** coinvolte, che può determinare un equilibrio tra tendenze opposte (l'affinità e la quantità di sostanza). In essenza, la quantità dei reagenti svolge un ruolo importante sul modo di evolvere di una reazione, tanto che questa può essere invertita se vengono aggiunte grandi quantità di prodotti. La sua spiegazione: *“l'azione [...] aumenta in proporzione all'aumento di questa quantità, fin quando un equilibrio tra le forze contendenti blocca tale azione, e limita l'effetto”*,<sup>11</sup> mostra notevoli rassomiglianze con il presente concetto di natura dinamica dell'equilibrio chimico. Il termine “equilibrio” venne usato da Berthollet per indicare un bilanciamento di forze chimiche, esattamente come il termine veniva e viene ancora usato nella Meccanica Classica.

Nell'enfatizzare l'effetto della quantità di sostanza, Berthollet arrivò però anche alla errata conclusione che fosse possibile ottenere nuove sostanze con differenti composizioni semplicemente variando le proporzioni dei reagenti. Egli considerava che, ad esempio, i composti di mercurio(I) e di mercurio(II) fossero soltanto gli estremi di tutti i possibili composti di mercurio con stati di ossidazione intermedi tra (I) e (II), cioè secondo Berthollet potevano esistere molte altre sostanze con composizioni intermedie. In pratica, Berthollet pensava che due sostanze potessero combinarsi in modo continuo, in proporzioni variabili dipendenti dalla quantità dei reagenti.

Fu proprio su questa sua convinzione della composizione variabile delle sostanze che Berthollet venne coinvolto nella famosa controversia con Proust (1754-1826), il quale era profondamente convinto del principio secondo cui le sostanze reagissero in proporzioni definite. La controversia con Proust si protrasse fino al 1807 e venne combattuta a colpi di *Mémoires*. Entrambi rimasero convinti delle proprie idee, anche perché i metodi di analisi quantitativa di quel tempo erano ancora troppo rudimentali per poter offrire dati precisi sui quali affrontare la discussione. A poco a poco però la *“legge delle proporzioni definite”* di Proust ebbe la meglio, in quanto maggiormente verificabile e riproducibile. Nel 1803 Dalton (1766-1844) aveva pubblicato la sua teoria atomica che spiegava facilmente la *legge delle proporzioni definite* e la *legge delle proporzioni multiple*, ma non l'ipotesi della composizione variabile delle sostanze di Berthollet. Ciò contribuì in modo progressivo alla perdita di importanza e di credibilità delle idee del chimico francese.<sup>12</sup> Nonostante le sue convinzioni fossero state rifiutate da molti suoi contemporanei, l'idea dell'effetto della quantità di sostanza sulle reazioni chimiche fu però mantenuta viva fino alla metà del XIX secolo attraverso gli sforzi di alcuni importanti chimici. Gli articoli di Gay-Lussac (1778-1850) continuarono a ricordare ai chimici l'effetto della quantità di sostanza fino al 1839 e agli inizi del 1830 anche Berzelius (1779-1848) commentò favorevolmente le idee di Berthollet sull'azione della massa. Nel 1840 Rose (1795-1864) dimostrò lo stesso effetto della quantità di sostanza nella decomposizione dei solfuri dei metalli alcalini da parte dell'acqua a dare solfuro di idrogeno e idrossido di calcio in contraddizione alle previsioni delle affinità elettive.<sup>3a</sup>



Figura 3. C. L. Berthollet



Williamson (1824-1904) nel 1851 mise in evidenza l'importanza della velocità nelle trasformazioni chimiche: poiché all'equilibrio la quantità di tutte le sostanze coinvolte rimane invariata, egli ipotizzò che i reagenti e i prodotti fossero costantemente in formazione e decomposizione (**reversibilità** delle reazioni).<sup>3</sup>

Nel 1855 Gladstone riportò uno studio sull'equilibrio tra ioni Fe(III) e ioni tiocianato SCN<sup>-</sup>:



Egli osservò che le variazioni di colore relative alla quantità di sostanza colorata Fe(SCN)<sup>2+</sup> fossero dipendenti dalle quantità di reagenti aggiunte.<sup>22</sup>

Nel 1857 Clausius (1822-1888) propose una spiegazione microscopica della parziale evaporazione di liquidi in sistemi chiusi in cui fosse stato fatto precedentemente il vuoto, basandosi sull'idea del moto delle molecole e sulla sua correlazione con il calore.<sup>3b</sup> Secondo la sua ipotesi nel liquido vi sono alcune molecole le cui velocità deviano dal valore medio entro ampi intervalli e solo quelle con sufficiente energia cinetica sono capaci di superare le forze di coesione presenti nel liquido e passare in fase vapore fino a saturare il precedente vuoto. L'incremento di molecole in fase vapore aumenta anche la pressione del vapore, cioè le collisioni con le pareti del recipiente chiuso e con la superficie del liquido, cosicché alcune molecole possono rientrare nella fase liquida. Il fenomeno dell'evaporazione procede fino all'instaurarsi di una situazione dinamica di equilibrio in cui la velocità di evaporazione e la velocità di condensazione si eguagliano.

Nel 1867 Pfaundler (1839-1920) sviluppò la *teoria della dissociazione chimica per i gas*: la parziale decomposizione di un gas veniva razionalizzata assumendo che ad una certa temperatura uguali quantità di molecole decomponessero e si ricombinavano per collisione, ma solo una piccola frazione delle collisioni era efficace nel produrre la reazione chimica.<sup>23</sup>

Nel 1862 Berthelot e de Saint-Giles si occuparono degli effetti dell'azione della massa studiando l'esterificazione dell'acido acetico da etanolo:<sup>3a</sup>



e mostrarono che la velocità di formazione dell'estere era proporzionale alle quantità delle sostanze reagenti. Essi mostrarono anche che si otteneva lo stesso punto di equilibrio per idrolisi dell'acetato di etile, cioè attraverso la reazione inversa:



Tutti questi lavori sulle velocità delle reazioni chimiche che procedono fino ad una situazione di equilibrio crearono le basi per un ulteriore sviluppo delle conoscenze: come vedremo nel prossimo paragrafo il collegamento tra l'equilibrio chimico e la cinetica venne attuato attraverso studi volti a misurare le "forze chimiche".

### Sviluppo del concetto di forza chimica e della natura dinamica dell'equilibrio

Nel 1864 C. M. Guldberg (1836-1902) e P. Waage (1833-1900) (Figura 5), dell'Accademia delle Scienze di Cristiania (Oslo), pubblicarono un lavoro enunciando una *legge generale di azione di massa* in lingua norvegese e successivamente, nel 1867, ripubblicarono lo stesso articolo in lingua francese.<sup>24</sup> In tale lavoro essi introdussero il nuo-

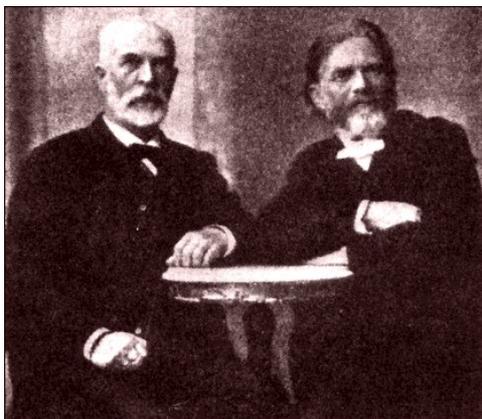


Figura 5. C. M. Guldberg e P. Waage

vo termine "massa attiva" che corrisponde essenzialmente alla moderna concentrazione. Berthollet aveva in precedenza introdotto il termine "massa" nella chimica, definendola come il peso di una sostanza richiesto per produrre un certo grado di saturazione.<sup>25</sup> In termini di reazioni acido-base, secondo Berthollet, la massa era semplicemente proporzionale all'attuale peso equivalente. Egli parlò anche di "sfera di azione" delle sostanze nelle combinazioni chimiche, intendendo con ciò la necessità che i reagenti fossero sufficientemente vicini per interagire. Entrambi questi concetti, la *massa* e la *sfera di azione*, furono combinati nel lavoro di Guldberg e Waage all'interno della enunciazione della legge di azione di massa: l'effetto di un reagente era dovuto sia alla sua massa che alla sfera di azione in cui la combinazione poteva avere luogo. Non potendo conoscere esattamente come stimare la sfera di azione, essi decisero di usare lo spazio in cui le masse dei reagenti erano contenute, perciò il termine "massa attiva" si riferisce semplicemente alla massa per unità di volume, quindi alla concentrazione.

## Sviluppo storico del concetto di Equilibrio chimico

Essi proposero due specifiche leggi, la “*legge dell’azione della massa*” e la “*legge dell’azione del volume*”, dove per quest’ultima proposero proprio di utilizzare le concentrazioni come massa/volume.<sup>24</sup> Essi applicarono le loro idee alle reazioni incomplete o facilmente reversibili per le quali indicarono l’esistenza di “forze chimiche” che danno luogo alle combinazioni e che sono proporzionali al prodotto delle masse attive dei reagenti. Essi conclusero che lo stato di equilibrio deriva dall’eguaglianza di tali forze esercitate nelle reazioni opposte, cioè in quella diretta e in quella inversa. Ad esempio, per la generica reazione:



chiamando con A e B le quantità iniziali dei reagenti e con C e D quelle iniziali dei prodotti, ed infine con x la quantità di reagenti trasformata, la *forza chimica della reazione diretta* risultava:

$$k(A-x)^a(B-x)^b \quad (9)$$

e la *forza chimica della reazione inversa* era:

$$k'(C+x)^c(D+x)^d \quad (10)$$

cosicché la condizione di equilibrio risultava essere:

$$k(A-x)^a(B-x)^b = k'(C+x)^c(D+x)^d \quad (11)$$

dove (A-x), (B-x), (C+x) e (D+x) rappresentavano le masse attive finali delle sostanze A, B, C e D, mentre gli esponenti, a differenza di quanto si possa supporre, non erano i coefficienti stechiometrici della reazione chimica bilanciata, ma dovevano essere determinati sperimentalmente. Le costanti k e k' vennero chiamate *coefficienti di affinità*.<sup>25</sup> Le equazioni (9) e (10) rappresentavano forze chimiche e non velocità di reazioni, anche se le velocità di reazione furono in seguito rappresentate con le stesse espressioni. In questo lavoro appare evidente l’influenza della Meccanica di Newton, cioè che le affinità tra sostanze fossero il risultato di mutue forze attrattive tra i reagenti.

La legge di azione di massa suscitò un certo interesse in quanto poteva permettere una valutazione quantitativa dei coefficienti di affinità e quindi delle affinità stesse. Nel periodo tra questo primo lavoro ed uno successivo del 1879 Guldberg e Waage modificano il loro punto di vista correlando la relazione (11), corrispondente alla condizione di equilibrio, alle velocità delle reazioni diretta ed inversa piuttosto che alla forza chimica dipendente dalle masse attive delle sostanze.<sup>26</sup>

Le forze chimiche connesse alla legge di azione di massa e i corrispondenti coefficienti di attività non erano misurabili sperimentalmente in modo diretto, perciò furono rivolti notevoli sforzi alla ricerca di un metodo indiretto per misurare tali coefficienti. Ostwald (1853–1932), nella sua dissertazione di “Magister der Chemie” nel 1877, propose che il rapporto tra i coefficienti di attività (esso corrisponde approssimativamente alla costante di equilibrio come oggi la intendiamo) potesse essere facilmente calcolato dalle masse attive presenti nelle condizioni di equilibrio.<sup>3a</sup> Ma in quel periodo conoscere il valore di tale rapporto non sembrava molto utile, mentre i valori dei singoli coefficienti erano considerati molto più importanti. Berthelot (1827-1907) a Parigi e contemporaneamente Thomsen (1826-1909) a Copenhagen, riprendendo l’idea di Hess, proposero che il calore sviluppato dalle reazioni chimiche fosse dovuto alla presenza di forze chimiche e potesse perciò costituire una misura indiretta delle affinità chimiche.<sup>27</sup> Thomsen propose anche che la *legge di Hess* fosse una conseguenza della *legge di conservazione dell’energia* e che il calore di reazione fosse il risultato della differenza di contenuto energetico di un sistema chimico prima e dopo una reazione chimica. Berthelot propose il “*principio del massimo lavoro*”: il calore viene liberato solo da reazioni che procedono spontaneamente e in tali processi spontanei si produce la massima quantità possibile di lavoro fisico e chimico. Oggi sappiamo che tale principio era errato, in quanto anche molte reazioni endotermiche sono anche spontanee e che il vero criterio di spontaneità è la diminuzione di energia libera  $\Delta G$ . Tali errate concezioni di Thomsen e Berthelot debbono quindi essere inquadrare nel loro periodo: la seconda legge della termodinamica, che costituisce la base della attuale razionalizzazione dell’equilibrio chimico, fu formalizzata da Clausius solo nel 1867. Il lavoro di questi scienziati fu rivolto soprattutto alla misura delle affinità chimiche più che alla comprensione della natura dell’equilibrio chimico, in ciò risentendo sicuramente dell’influenza di Berthollet come dimostra un lavoro sulla teoria dell’affinità di Bethollet pubblicato dallo stesso Thomsen nei *Poggendorffs Annalen* nel 1869.<sup>3a</sup>

### Formulazione moderna del concetto dell’Equilibrio Chimico

Fu l’olandese J. H. van't Hoff (1852-1911) (Figura 6) a dare un contributo determinante alla definizione del moderno concetto di equilibrio chimico, prima con un lavoro del 1877<sup>28</sup> e poi con il suo “*Etudes de Dynamique Chimique*” del 1884.<sup>29</sup> Egli propose infatti:

- l'uso della doppia freccia per indicare un equilibrio chimico e la sua natura dinamica.
- l'equazione che descrive la variazione della costante di equilibrio in funzione della temperatura (equazione di van't Hoff).
- la "*legge dell'equilibrio mobile*", cioè la *legge di azione di massa*, seppur dopo i lavori di Guldberg e Waage, derivandola dalle velocità di reazione: *le velocità delle reazioni diretta ed inversa all'equilibrio sono uguali*. Questa è esattamente la spiegazione della natura dinamica dell'equilibrio chimico e costituisce la classica derivazione della legge di azione di massa riportata praticamente in tutti i testi scolastici ed universitari.

Attraverso il consolidamento delle cinetica chimica e della termodinamica, van't Hoff fornì alla legge di azione di massa una base più solida e logica di quanto non avesse avuto prima. Nelle prime due sezioni del suo "*Etudes de Dynamique Chimique*"<sup>29</sup> egli riportò una trattazione delle cinetiche chimiche non molto differente da quella presentata nei testi attuali di chimica fisica. Le successive tre sezioni erano intitolate rispettivamente "*L'Influenza della Temperature sulle Trasformazioni Chimiche*" "*L'Equilibrio Chimico*" e "*L'Affinità*". Egli propose che il massimo lavoro fatto da un processo chimico fosse considerato una misura dell'affinità chimica, cosicché il lungo processo di definizione dell'affinità stava finalmente giungendo al termine: l'affinità chimica fu definita infatti come la "*massima quantità di lavoro A che può essere ottenuta da un processo chimico, meno la quantità di lavoro richiesto per mantenere il sistema a volume costante*". Il simbolo *A* è stato poi utilizzato per rappresentare la funzione lavoro di Helmholtz (vi è infatti attualmente un generale accordo sul fatto che il simbolo *A* fosse stato introdotto come abbreviazione di "*arbeit*", cioè "lavoro" in lingua tedesca), ma Sackur afferma che inizialmente, alla fine del XIX



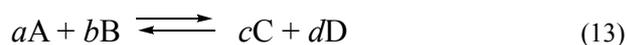
Figura 6. J. H. van't Hoff

secolo, tale simbolo fu utilizzato più semplicemente per rappresentare sia il lavoro che l'affinità.<sup>30</sup> Van't Hoff certamente utilizzò il simbolo *A*, ma lo indicò come "... il lavoro che può essere fatto dalla forza di affinità che determina una reazione chimica".

Secondo Van't Hoff la seconda legge della termodinamica impone alcune restrizioni sulla natura del processo attraverso cui può essere ottenuta la massima quantità di lavoro, cioè il processo deve essere condotto reversibilmente ed isotermicamente. Di conseguenza la legge di azione di massa è valida solo in condizioni di temperatura costante, mentre l'influenza della temperatura sulla costante di equilibrio può essere determinata tramite la famosa relazione che è universalmente nota come *equazione di van't Hoff*, derivata considerando gli equilibri in termini di un ciclo reversibile di operazioni:

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{q}{2T^2} \quad (12)$$

dove *q* venne definito dallo stesso van't Hoff come "... la quantità di calore assorbito quando una quantità unitaria dei reagenti viene convertita nei prodotti senza alcun lavoro esterno". Egli applicò la legge di azione di massa e l'equazione (12) a tutta una serie di differenti situazioni, equilibri omogenei, equilibri eterogenei e reazioni chimiche per le quali  $q = 0$  e  $q \neq 0$ . Nello stesso trattato egli enunciò anche il famoso "*principio dell'equilibrio mobile*": "*Tutti gli equilibri tra due differenti stati di materia sono spostati da una diminuzione di temperatura verso quello dei due la cui formazione sviluppa calore*". Con opportune sostituzioni per il caso degli equilibri fisici (come i cambiamenti di stato) l'equazione di van't Hoff diventa identica nella forma all'equazione di Clausius-Clapeyron. Ma forse la deduzione più interessante ed importante fatta da Van't Hoff fu quella relativa ad una generica reazione:



per la quale il massimo lavoro *A* a temperatura *T* costante è:

$$A = RT \ln T - RT \ln \frac{C_C^c C_D^d}{C_A^a C_B^b} \quad (14)$$

dove nel rapporto sono indicate le concentrazioni o le pressioni parziali di A, B, C e D. Quindi, nel caso in cui tutte le sostanze sono presenti a concentrazione unitaria, la costante di equilibrio *K* è una misura diretta del lavoro massimo *A* e della corrispondente affinità. Per differenziazione parziale seguita dall'appropriata sostituzione, van't Hoff derivò una formula oggi universalmente nota come *equazione di Helmholtz*:

$$A = q - T \frac{\partial A}{\partial T} \quad (15)$$

Qualche anno prima di van't Hoff, precisamente nel 1870, Gibbs (1839-1903) (Figura 7) aveva proposto un approccio

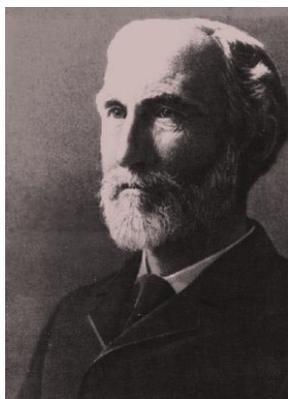


Figura 7. J. W. Gibbs

ancor più generale e rigoroso all'equilibrio chimico, completamente basato su argomentazioni termodinamiche, ma il suo lavoro non suscitò l'immediato interesse che meritava, soprattutto a causa della forma astratta in cui venne presentato. Solo molti anni dopo si comprese il reale significato del contributo di Gibbs ed il fatto che le conclusioni di van't Hoff potevano essere derivate sulla base dei concetti termodinamici sviluppati da Gibbs.

Attualmente tutti i testi di chimica fisica trattano l'equilibrio chimico attraverso una nuova funzione di stato proposta proprio da Gibbs, l'energia libera  $G$ , quantità fisica che incorpora in sé tanto il contenuto di calore quanto quello di entropia. Egli dimostrò che per una reazione chimica spontanea la variazione  $\Delta_r G$  per una reazione chimica spontanea è negativa e che l'energia libera di un sistema varia se si modifica la concentrazione delle sostanze presenti nel sistema. Una volta raggiunto l'equilibrio l'energia libera si posiziona ad un valore minimo, cioè nella condizione di equilibrio  $\Delta_r G = 0$  e quindi dalla seguente relazione:

$$\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \ln \frac{C_C C_D}{C_A C_B} = \Delta_r G^\circ + RT \ln Q \quad (16)$$

(dove  $Q$  è il quoziente di reazione) si ricava l'*equazione fondamentale dell'equilibrio chimico*:

$$\Delta_r G^\circ = -RT \ln \frac{C_C C_D}{C_A C_B} = -RT \ln K_{eq} \quad (17)$$

Tale equazione mostrava che il valore della costante di equilibrio termodinamica poteva essere ricavato da dati termodinamici e viceversa.

Nel 1884, quindi nello stesso periodo degli studi di van't Hoff, il chimico francese Le Châtelier (1850-1936) (figura 8) pubblicò un lavoro<sup>31</sup> in cui tentò di generalizzare la legge di van't Hoff sull'influenza del calore su sistemi all'equilibrio, attraverso il famoso principio oggi universalmente noto con il suo nome (*principio di Le Châtelier*). Nella sua forma più semplice tale principio afferma che "un sistema in equilibrio assoggettato a una sollecitazione risponde in maniera da rendere minimo l'effetto della sollecitazione stessa".<sup>32</sup>



Figura 8. H. L. Le Châtelier

Esso è un principio empirico, una regola pratica, in quanto non offre alcuna spiegazione né permette previsioni quantitative, ciononostante in molti casi si accorda bene con le previsioni quantitative termodinamiche. Il principio di Le Châtelier viene universalmente riportato in tutti i testi di chimica generale e di chimica fisica per prevedere gli effetti che si producono su un sistema chimico all'equilibrio in seguito ad una perturbazione esterna. La perturbazione esterna può essere l'aggiunta o la sottrazione di una certa quantità di reagente o di prodotto (cioè una variazione della concentrazione di una specie presente all'equilibrio), una variazione del volume (o della pressione) del sistema o anche una variazione della sua temperatura e solo in quest'ultimo caso si produce una variazione del valore della costante di equilibrio, come aveva previsto van't Hoff, mentre negli altri casi essa non varia (variano però le velocità delle reazioni diretta ed inversa all'equilibrio).

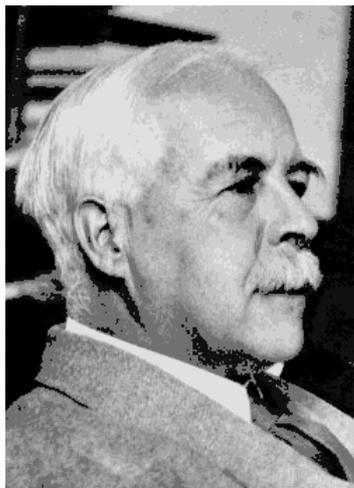


Figura 9. G. N. Lewis

Nel 1921 Lewis (1875-1946) (Figura 9), nel definire rigorosamente l'equilibrio chimico, introdusse il concetto di *attività* al posto del meno adeguato concetto di concentrazione.<sup>33</sup> Il concetto di attività è stato poi la base di successivi tentativi, da parte di vari ricercatori quali Debye, Hückel, Onsager, Harned ed altri, di costruire modelli teorici migliori per le soluzioni di elettroliti.

Nel 1923 lo stesso Lewis e Randall pubblicarono il loro classico trattato "*Thermodynamics*" che diede l'impulso ad un'ampia diffusione della termodinamica e alla sua applicabilità allo studio delle reazioni chimiche e dell'equilibrio chimico. In questo trattato di termodinamica ebbero finalmente la giusta visibilità i concetti proposti da Gibbs: il lavoro massimo di van't Hoff lasciò il posto al termine "*energia libera*", riferito alle reazioni a pressione costante, e venne qui indicata per la prima volta la paternità di tale concetto nella definizione "*energia libera di Gibbs*", proposta da Lewis come "*the work available for use*": quando un sistema a temperatura costante passa spontaneamente da uno stato ad un altro, il massimo lavoro utile disponibile rappresenta la diminuzione di energia libera del sistema.<sup>34</sup>

### Conclusioni

Questa rassegna storica sull'origine dell'attuale definizione di equilibrio chimico ha mostrato come, in accordo a quanto delineato da altri ricercatori,<sup>35</sup> dall'iniziale idea di "*affinità*" si siano sviluppati e definiti nel tempo alcuni concetti fondamentali che hanno segnato l'evoluzione della rappresentazione dell'equilibrio chimico: "*l'incompletezza delle reazioni*", "*la reversibilità delle reazioni*", "*la natura dinamica dell'equilibrio*".

Un ruolo determinante ebbe anche l'idea di "*forza chimica*", che venne usata in modo analogo alle ben note forze meccaniche della fisica, ed indusse Guldberg e Waage ad enunciare la *legge sull'azione di massa* dell'equilibrio chimico inizialmente in termini di "*driving force*" e non in termini di velocità delle reazioni diretta ed inversa.<sup>36</sup>

Queste antiche idee di "*forza chimica*" ed "*affinità*" vengono ancora utilizzate anche se in forme più sofisticate: i chimici utilizzano spesso il termine "*driving force*" (forza motrice) per denotare un importante fattore che costituisce una spinta ad una determinata trasformazione chimica. Il concetto di *forza chimica* è ancora presente nella definizione della forza acida o basica, misurabile attraverso il grado di ionizzazione in soluzione di sostanze acide o basiche, formulata quantitativamente proprio in base ai valori termodinamici delle costanti di ionizzazione. L'*affinità* stessa è ancora sottesa in termini quali "*nucleofilo*" ed "*elettrofilo*", comuni in chimica organica, e nei più moderni concetti di acidi e basi "*soft*" e "*hard*" di Pearson in chimica inorganica.<sup>37</sup> Il concetto di *affinità* è stato infine anche razionalizzato in termini quantitativi da De Donder<sup>38</sup> in base al moderno concetto di *grado di avanzamento della reazione*  $\xi$ , attraverso la seguente formulazione termodinamica:

$$\xi = - \sum_i \nu_i \mu_i = - \sum_i \nu_i (\mu_i^\circ + RT \ln a_i) = RT \ln \frac{K}{Q} \quad (18)$$

e alcuni ricercatori in didattica della chimica hanno recentemente riproposto e anche raccomandato l'utilizzo di tale concetto, in quanto più rigoroso rispetto al principio di Le Châtelier nel prevedere il comportamento di sistemi chimici sottoposti a perturbazioni esterne.<sup>39</sup>

### Riferimenti bibliografici

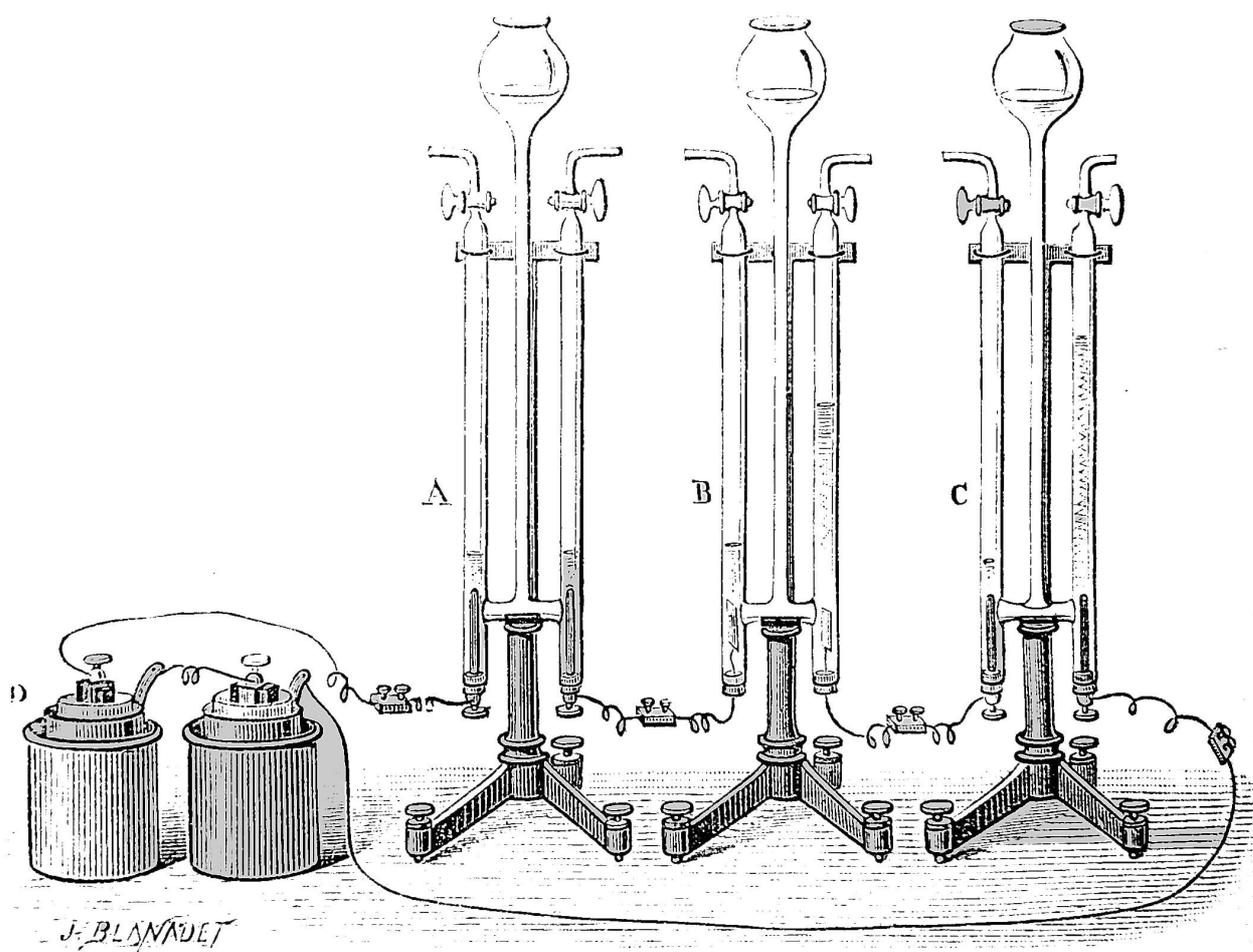
- [1] (a) J. M. Campanario, "The parallelism between scientists. and students. resistance to new scientific ideas", *International Journal of Science Education*, 2002, **24**, 1095. (b) L. Leite, "History of Science in Science Education: Development and Validation of a Checklist for Analysing the Historical Content of Science Textbooks" *Science & Education*, 2002, **11**, 333. (c) C. Gauld, "History of science, individual development and science teaching", *Research in Science Education*, 1991, **21**, 133.
- [2] (a) A. Regis, E. Roletto, "Primo incontro con la tavola periodica degli elementi. Un approccio storico epistemologico all'insegnamento della chimica", *CnS - La Chimica nella Scuola*, 2004, **26**, 161. (b) B. Caccetta, G. Gallo, A. Regis, D. Vione, E. Roletto, "Costruire i Concetti di Acido e di Base. Un Uso Didattico della Storia della Chimica", *CnS - La Chimica nella Scuola*, 2003, **25**, 81.
- [3] (a) M. W. Lindauer, "The Evolution of the Concept of Chemical Equilibrium from 1775 to 1923" *Journal of Chemical Education*, 1962, **39**, 384. (b) J. Quílez, "A Historical Approach to the Development of Chemical Equilibrium Through the Evolution of the Affinity Concept: Some Educational Suggestions", *Chemistry Education: Research and Practice* 2004, **5**, 69.
- [4] M. A. Pedrosa, M. H. Dias, "Chemistry Textbook Approaches to Chemical Equilibrium and Student Alternative Conceptions", *Chemistry Education: Research and Practice* 2000, **1**, 227.

## Sviluppo storico del concetto di Equilibrio chimico

- [5] C. J. Giunta, "Using History to Teach Scientific Method: The Role of Errors", *Journal of Chemical Education*, 2001, **78**, 623. W. B. Jensen, "Logic, History, and the Chemistry Textbook III. One Chemical Revolution or Three?", *Journal of Chemical Education*, 1998, **75**, 961.
- [6] I. Asimov, *Breve Storia della Chimica*, Zanichelli, Bologna, 1994.
- [7] J. R. Partington, *A Short History of Chemistry*, Harper and Brothers, New York, 1960, p. 322. A. Findlay, *A Hundred Years of Chemistry*, The Macmillan Co., New York, 1937, p. 110.
- [8] (a) Michelle Goupil, *Du flou au clair?: histoire de l'affinité chimique de Cardan à Prigogine*, Editions du C.T.H.S., Paris, 1991. (b) P. Walden (traduzione di R. Oesper), "The Beginning of the Doctrine of Chemical Affinity", *Journal of Chemical Education*, 1954, **31**, 27.
- [9] J. I. Solov'ev, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*, Mondadori, Milano, 1976, p. 113.
- [10] (a) C. L. Berthollet, (traduzione di M. Farrell), *Researches into the Laws of Chemical Affinity*, P. H. Nicklin and Co., Baltimore, 1809, p. 1. (b) C. L. Berthollet, (traduzione di B. Lambert), *Essay on Chemical Statics*, J. Mawman, London, 1804. (c) P. Grapi, M. Izquierdo, "Berthollet's conception of chemical change in context", *Ambix*, 1997, **44**, 113.
- [11] Libera traduzione della seguente versione inglese: *It is my purpose to prove in the following sheets, that elective affinity, in general, does not act as a determinate force, by which one body separates completely another from a combination; but that, in all combinations and decompositions produced by elective affinity, there takes place a partition of the base, or subject of the combination, between two bodies whose actions are opposed; and that the proportions of this partition are determined, not solely by the difference of energy in the affinities, but also by the difference of the quantities of the bodies; so that an excess of quantity of the body whose affinity is the weaker, compensates for the weakness of affinity*, riportata in ref. 3a.
- [12] P. Grapi, "The marginalization of Berthollet's chemical affinities in the French textbook tradition at the beginning of nineteenth century", *Annales of Science*, 2001, **58**, 111.
- [13] J. I. Solov'ev, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*, Mondadori, Milano, 1976, p. 182.
- [14] H. Davy, "On Some Chemical Agencies of Electricity", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1807, **97**, 28.
- [15] A. Avogadro, *Memoire sur l'Affinité des Corps*, Accademia delle Scienze di Torino, Memorie, 1824, **28**, 1.
- [16] J. I. Solov'ev, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*, Mondadori, Milano, 1976, p. 360.
- [17] H. M. Leicester, "Germain Henri Hess and the Foundations of Thermochemistry", *Journal of Chemical Education*, 1951, **28**, 581.
- [18] P. A. Favre, J. T. Silbermann, "Recherches sur les quantités de chaleur dégagées dans les actions chimiques et moléculaires", *Annales de Chimie et de Physique*, 1852, **34**, 357.
- [19] E. Farber, "Early studies concerning time in chemical reactions", *Chymia*, 1961, **7**, 135.
- [20] L. F. Wilhelmly, "Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohrzucker stattfindet", *Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie*, 1850, **81**, 413.
- [21] K. J. Laidler, "Chemical Kinetics and the Origins of Physical Chemistry", *Archive for History of Exact Sciences*, 1985, **32**, 43.
- [22] J. H. Gladstone, "On circumstances modifying the action of chemical affinity", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1855, **145**, 179.
- [23] (a) H. A. M. Snelders, "Dissociation, Darwinism and entropy", *Janus*, 1977, **64**, 51. (b) J. Berger, "Chemische Mechanik und Kinetik: die Bedeutung der Mechanischen Wärmetheorie für die Theorie Chemischer Reaktionen", *Annals of Science*, 1997, **54**, 567.
- [24] P. Waage, C. M. Guldberg, "Studies Concerning Affinity" (traduzione di H. I. Abrash), *Journal of Chemical Education* 1986, **63**, 1044.
- [25] C. L. Berthollet, *Reserches into the Laws of Chemical Affinity*, P. H. Nicklin and Co., Baltimore, 1809, p. 5.
- [26] C. M. Guldberg, P. Waage, "Ueber die chemische Affinität" *Journal für Praktische Chemie*, 1879, **19**, 69.
- [27] Per comprendere i contributi di Berthelot e di Thomsen ricordiamo i due metodi generali con cui è possibile misurare le forze: uno di essi è il *metodo diretto*, o statico, l'altro è il *metodo dinamico*, indiretto. Il primo metodo consiste nel correlare la forza da misurare ad un'altra forza nota e variabile, e lasciare che il sistema raggiunga l'equilibrio: in tali condizioni di equilibrio le due forze si eguagliano in grandezza e il valore della forza incognita viene determinato dalla misura dal valore della forza nota, richiesta per raggiungere la condizione di equilibrio. Il metodo dinamico consiste nel lasciare che una forza produca un lavoro, la cui quantità viene misurata in modo da poter poi calcolare la forza che lo ha originato.
- [28] J. H. Van't Hoff, "Die grenzebene, ein beitrag zur kenntniss der esterbildung", *Berichte*, 1877, **10**, 669.
- [29] J. H. Van't Hoff, (traduzione di T. Evan), *Studies in Chemical Dynamics*, Chemical Publishing Co., Easton, Pa., 1896.
- [30] O. Sackur, (traduzione di G. E. Gibson), "Thermochemistry and Thermodynamics" The Macmillan Co., London, 1917, p. 317.
- [31] H. L. Le Châtelier, "Sur un énoncé général des lois des équilibres chimiques", *Comptes Rendus*, 1884, **99**, 786.
- [32] P. Atkins, J. De Paula, *Chimica Fisica*, 4<sup>th</sup> Ed. Italiana condotta sulla 7<sup>th</sup> inglese, Zanichelli, Bologna, 2004, p. 225.
- [33] G. N. Lewis, M. Randall, "The Activity coefficient of Strong Electrolytes", *Journal of American Chemical Society*, 1921, **43**, 1112.
- [34] G. N. Lewis, M. Randall, *Thermodynamics*, McGraw-Hill Book Co., New York, 1923, p. 584.
- [35] (a) J. H. Van Driel, W. de Vos, N. Verloop, "Relating students' reasoning to the history of science: The case of chemical equilibrium" *Research in Science Education*, 1998, **28**, 187. (b) J. H. Van Driel, W. de Vos, N. Verloop, H. Dekkers, "Developing secondary student's conceptions of chemical reactions: The introduction of chemical equilibrium", *International Journal of Science Education*, 1998, **20**, 379.
- [36] E. A. Guggenheim, "More About the Laws of Reaction Rates and of Equilibrium", *Journal of Chemical Education*, 1956, **33**, 544.
- [37] (a) R. G. Pearson, "Hard and Soft Acids and Bases" *Journal of American Chemical Society*, 1963, **85**, 3533. (b) R. G. Pearson, "Hard and soft acids and bases, HSAB", *Journal of Chemical Education*, 1968, **45**, 581, 643.

[38] T. De Donder, *L'affinite*, Gauthier-Villars, Paris, 1927. T. De Donder, P. van Rysselberghe, *Thermodynamic Theory of Affinity*, Stanford University Press, 1936. I. Prigogine, R. Defay, *Chemical Thermodynamics*, Longmans, London, 1954; p 263.

[39] Vedere ad esempio: S. G. Canagaratna, "Approaches to the Treatment of Equilibrium Perturbations" *Journal of Chemical Education*, 2003, **80**, 1211 ed i riferimenti ivi riportati.



Composition en volumes du gaz acide chlorhydrique, de l'eau  
et du gaz ammoniac.

# Le fonti storiche come strumento didattico: costruzione della pila di Volta

MARIO BRANCA<sup>#</sup> E ROSSANA G. QUIDACCIOLU<sup>°</sup>

<sup>#</sup> Dipartimento di Chimica dell'Università di Sassari, via Vienna 2 07100 Sassari. [branca@uniss.it](mailto:branca@uniss.it)

<sup>°</sup> ITI G. M. Angioy via Principessa Mafalda 2, 07100 Sassari

[rossana.quidacciolu@itiangioy.sassari.it](mailto:rossana.quidacciolu@itiangioy.sassari.it)

## Riassunto

*In quest'articolo si propone un esempio di didattica nell'ambito dell'elettrochimica che utilizza documenti storici.*

*Come metodologia didattica si è usato l'"inquiry", processo di apprendimento attivo nel quale gli studenti rispondono a domande attraverso l'analisi dei dati.*

*L'attività proposta ha portato gradualmente gli alunni ad impossessarsi di conoscenze teoriche sul voltaggio e sulla corrente elettrica a partire dall'attività pratica, chiarendo le conseguenze dei collegamenti in serie e in parallelo degli elementi di una pila.*

*Gli allievi hanno presentato gli esperimenti nella mostra interattiva "laboratorio in vetrina" dell'ITI "Angioy" di Sassari, e nella manifestazione pubblica "la scienza in piazza" organizzata nel 2004 a Sassari dall'AIF.*

## Introduzione

Il lavoro proposto nasce nell'ambito del progetto PON, annualità 2004, "La scienza al femminile" destinato a 15 alunne o alunni (di cui almeno il 60% donne), e si inserisce nell'ambito delle attività di orientamento per contrastare la disaffezione verso le discipline scientifiche dure.

Il progetto, pensato per promuovere la partecipazione della componente femminile alle carriere scientifiche, prevedeva tre moduli per complessive 50 ore annuali svolte in orario pomeridiano.

- 1) 10 ore di promozione dell'orientamento di genere (competenze relazionali);
- 2) 20 ore di progettazione ed esecuzione di esperimenti scientifici e costruzione di strumenti;
- 3) 20 ore di approfondimento di competenze scientifico – tecnologiche (creazione di presentazioni multimediali).

La sua realizzazione è stata possibile grazie alla collaborazione interdisciplinare fra esperti e tutor di formazione sia scientifica che umanistica che complessivamente hanno contribuito a stimolare il percorso autonomo di riflessione epistemologica operato dagli allievi. Importante anche la disponibilità dei collaboratori tecnici con competenze di gestione dei laboratori e del personale ausiliario.

Il lavoro nasce dall'idea della scienza come disciplina in evoluzione, che va di pari passo al progresso in altri campi del sapere; in questo senso, biografie, conoscenza delle correnti letterarie e inquadramento storico sono strumenti di lettura della scienza. Abbiamo pensato che far toccare con mano i termini del dibattito, fra sostenitori di diverse teorie, e leggere criticamente gli articoli originali, potesse far emergere il legame tra scienze e tradizione umanistica, evidenziando la natura culturale della scienza. Come periodo d'indagine siamo partiti dalla seconda metà del '700 per ricostruire la storia del dibattito scientifico che ha portato ad un così grande sviluppo nel campo della chimica e della fisica.

Inizialmente gli alunni hanno operato una trascrizione e lettura di brani, scelti dai docenti, di contenuto scientifico, tratti da documenti originali del 1800, seguita da un'analisi dei testi dal punto di vista linguistico e concettuale.

La lettura di brani scientifici del '800 è risultata particolarmente gradita agli allievi che hanno apprezzato le sfumature linguistiche dal sapore antico. I documenti dell'epoca sembrano particolarmente adatti alla divulgazione, forse perché ancora la letteratura scientifica non aveva assunto come destinazione esclusiva il mondo degli esperti.

Una breve introduzione teorica del docente ha presentato agli alunni una prima immagine dello sviluppo delle conoscenze elettrochimiche a partire dalla scoperta di Galvani dell'"elettricità animale" attraverso l'esperienza di Volta e il suo convincimento della teoria del contatto fino allo sviluppo della moderna teoria chimica.

Gli alunni hanno approfondito con una ricerca, operata per la maggior parte attraverso internet, il dibattito storico e il confronto fra la teoria di Galvani e quella di Volta e le successive ipotesi di Davy ed altri che hanno portato alla moderna teoria chimica. Da questa ricerca sono emerse le posizioni intermedie sostenute da alcuni grandi scienziati, quali Ohm e Maxwell. Gli allievi si sono pertanto resi conto del difficile processo di formazione della conoscenza scientifica e del confronto- scontro di posizioni che lo accompagna ed hanno inoltre arricchito il loro bagaglio culturale con notizie sulla biografia dei principali personaggi implicati nel dibattito e sulle attuali conoscenze nel campo dell'elettrochimica.

In parallelo si è proceduto alla costruzione di semplici dispositivi elettrochimici e all'esecuzione di misure di potenziale.

Gli oggetti messi a punto dagli alunni sono rudimentali, ma funzionanti, ricostruzioni di apparecchiature storiche e dimostrano come sia possibile fare didattica con esperimenti anche quando non si disponga di un laboratorio attrezzato, oppure si scelga di utilizzare materiali alla portata degli allievi.

Come metodologia si è usato l'“inquiry”[1-3] processo di apprendimento attivo nel quale gli studenti rispondono a domande attraverso l'analisi dei dati.

Un'attività di “inquiry” è del primo livello quando si forniscono domande, metodi e dati e gli studenti traggono conclusioni precedentemente note; di secondo livello quando si forniscono domande e metodi e gli studenti raccolgono e analizzano i dati; di terzo livello quando si pone soltanto il quesito e gli allievi scelgono gli opportuni metodi, raccolgono i dati e li analizzano e infine di quarto livello quando lo studente autonomamente si pone il problema, ricerca i metodi da usare, raccoglie i dati e li analizza.

Nel nostro caso l'attività ha raggiunto il terzo livello di “inquiry” quando gli alunni hanno dimostrato autonomia nella scelta dei materiali e metodi, e in qualche caso il quarto livello quando dopo aver misurato i potenziali in varie situazioni hanno cercato di ricondurre i dati rilevati alle loro conoscenze sui circuiti in serie e in parallelo.

L'autonomia consentita nell'indagine scientifica e il clima di libertà respirato nel portare avanti volontariamente un'attività didattica facoltativa ha dunque portato gli alunni ad impossessarsi di conoscenze teoriche di elettrochimica supportate dall'esperienza pratica, chiarendo le conseguenze dei collegamenti in serie e in parallelo nelle pile.

Tutto il lavoro è stato sintetizzato in una presentazione multimediale: sono state costruite schede sperimentali relative alla costruzione delle pile e alle misure di potenziale. Inoltre le scoperte di Volta sono state collocate nel contesto storico ed epistemologico attraverso schede biografiche, storiche, letterarie ed artistiche ed approfondimenti teorici riguardo alle tre teorie elettrochimiche. Gli alunni in questo modo hanno acquisito maggiore consapevolezza nell'utilizzo del computer, come strumento per rafforzare il metodo di studio delle discipline tecnologico scientifiche e per produrre strumenti di comunicazione multimediale efficace. La realizzazione di apparecchiature scientifiche funzionanti, con materiali di facile reperibilità, ha incuriosito e avvicinato alla scienza anche coloro che si ritenevano meno adeguati o sprovvisti degli strumenti culturali necessari.

Gli oggetti costruiti ed il loro funzionamento sono stati illustrati nell'ambito delle manifestazioni della XV settimana scientifica presso la mostra dell'ITI "Angioy" di Sassari, e nel corso della manifestazione “la scienza in piazza” organizzata a Sassari nel 2004 dall'AIF. Durante le mostre si è notato negli alunni un potenziamento dell'autostima e delle abilità comunicative oltre che delle capacità di riflessione sui differenti tipi di linguaggio.

In questo lavoro proponiamo solo una piccola parte delle attività sviluppate che riguarda la costruzione di elementi di Volta e il loro collegamento in serie e parallelo.

### **Inquadramento Storico**

Le famose esperienze di Volta prendono le mosse da altre eseguite dall'anatomico Galvani, suo contemporaneo: una rana uccisa di fresco e sospesa ad un'inferriata per mezzo di un filo di rame agganciato ai suoi nervi lombari, dava un guizzo tutte le volte che le zampine venivano in contatto con l'inferriata. Luigi Galvani (1737-1798) ipotizzò l'esistenza dell'elettricità animale: per primo immaginò che i nervi, i muscoli ed il cervello utilizzassero l'elettricità per il loro funzionamento e verificò la sua ipotesi stimolandoli mediante il semplice contatto di un arco bimetallico.

Interpretò allora il fenomeno come dovuto ad elettricità animale, per cui l'arco metallico applicato al preparato avrebbe avuto il semplice scopo di chiudere il circuito. Questa ipotesi fu poi confutata da Alessandro Volta, che da tali osservazioni giunse all'invenzione della pila. Secondo il Volta, l'elettricità non era di origine animale, ma originava dal contatto tra i differenti metalli.

Alessandro Volta per primo inventò la Pila nel 1800, con il suo magico "fluido elettrico". Con la pila fu possibile, per la prima volta, avere a disposizione una corrente elettrica fluente in modo continuo in un circuito. Gli esperimenti che aveva condotto dal 1792 per sottoporre a verifica sperimentale le ipotesi di Galvani sul fluido animale l'avevano progressivamente convinto che “solo” nel contatto di due metalli diversi doveva risiedere la causa prima della generazione del fluido. A partire da questi esperimenti e da altri che coinvolgevano anche i conduttori liquidi, così concludeva Volta:

*“E' dunque dimostrato direttamente che tutti i conduttori sono anche motori di elettricità nel mutuo loro combaciamento: che più degli altri e in 1.° grado lo sono i metalli molto diversi come Argento e Stagno, Ferro e Zingo, e massime Argento e Zingo”.* [4]

“La controversia tra Volta e Galvani è un caso divenuto classico nella storia della scienza: entrambe avevano un contenuto di verità parziale tanto che dagli studi di Galvani, Nobili ecc. nasce l'elettrofisiologia e si sviluppano teorie e applicazioni tecnologiche relative alla trasmissione dell'impulso nervoso nell'encefalo e nel sistema neuro-muscolare; a partire dalla “scoperta” di Volta delle correnti elettriche e dai successivi sviluppi dell'elettrodinamica e dell'elettromagnetismo nascono l'elettronica e la microelettronica, l'informatica, la telematica, la robotica”.[5]

## Le fonti storiche come strumento didattico

### Principio del funzionamento della pila di Volta

Dal punto di vista chimico si basa sul fatto che lo zinco si ossida diventando  $Zn^{++}$  che passa in soluzione lasciando gli elettroni sul metallo che diventa negativo, mentre dalla parte del rame lo ione  $H^+$  della soluzione si riduce ad idrogeno gassoso e il metallo che ha ceduto elettroni diventa positivo.

### Elettrolisi

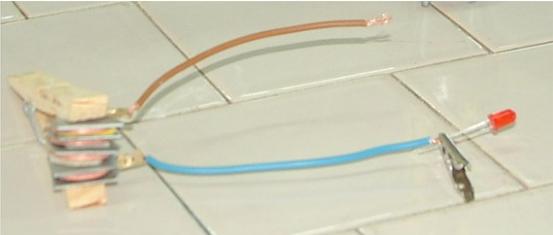
Contrariamente alle pile, in cui l'energia chimica viene convertita in energia elettrica, nelle celle elettrolitiche l'energia elettrica viene trasformata in energia chimica attraverso reazioni di ossido-riduzione provocate dalla corrente elettrica.

La prima decomposizione chimica per mezzo della pila venne effettuata nel 1800 da Nicholson e Carlisle, che ottennero idrogeno e ossigeno dall'acqua e che decomposero soluzioni acquose e di sali comuni.

### DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ SPERIMENTALE

Come abbiamo già detto il metodo dell' inquiry prevede che gli allievi abbiano inizialmente acquisito le tecniche di assemblaggio delle apparecchiature e i sistemi di rilevazione delle misure. In una prima fase si è costruita una pila seguendo le indicazioni scritte da Volta. [6]

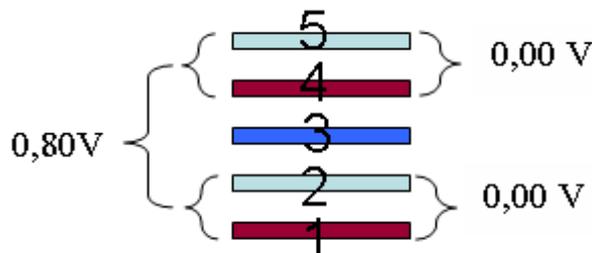
Il docente ha proposto una semplice apparecchiatura ed ha fornito agli alunni/e tutte le indicazioni e i materiali "poveri" per la sua costruzione e l'effettuazione delle misure di potenziale (inquiry: livello 1).

Costruzione pila di Volta nel 2004	Descrizione della pila da parte di Volta nel 1800 [6]
<p><b>Materiali</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Monetine da 5 centesimi di euro;</li><li>● Rondelle rivestite di zinco;</li><li>● Panno superassorbente;</li><li>● Mollette per stendere la biancheria;</li><li>● Filo elettrico;</li><li>● Acqua e sale da cucina;</li><li>● Tester (amperometro – galvanometro).</li></ul> <p><b>Procedura</b></p> <p>Utilizzando elementi più o meno simili a quelli descritti da Volta nel 1800, cerchiamo di riprodurre la Pila.</p> <p>Utilizziamo le monete che sono rivestite di rame, le rondelle zincate e un panno imbevuto di una soluzione acqua e sale disposti a strati alternati nell'ordine rame, zinco, panno, rame, zinco, panno, rame....</p> <p>Gli strati così ottenuti sono tenuti fermi con una molletta per la biancheria. Due spezzoni di filo elettrico sottile permettono il collegamento tra i vari dispositivi.</p>  <p><b>Fig.1</b> Pila di Volta costruita con monete da 5 centesimi di euro e rondelle zincate.</p>	<p><i>“Mi procuro qualche dozzina di piccole piastre tonde o dischi di rame, di ottone o meglio di argento, su per giù di un pollice di diametro... e un numero uguale di dischi di stagno, o molto meglio di zinco della medesima forma e della stessa grandezza, dico all'incirca perché non è richiesta rigorosa precisione: tanto la grandezza che la forma sono arbitrarie, ma dobbiamo fare attenzione che si possano disporre comodamente gli uni sugli altri, in forma di colonna.</i></p> <p><i>Inoltre preparo un gran numero di dischetti di cartone, o di pelle, o di qualsiasi altro materiale spugnoso capace di assorbire e di ritenere acqua o altro liquido e rimanerne imbevuto.</i></p> <p><i>Per la buona riuscita dell'esperimento queste rondelle e dischi, che chiamerò dischi inzuppati, li faccio un po' più piccoli dei dischi o piatti metallici, affinché interposti a questi nel modo che dirò, non sporgono fuori...</i></p> <p><i>Se giungo ad innalzare una colonna di circa 40 strati o di coppie di metalli sarà sufficiente non solo a caricare un condensatore con un semplice contatto al punto di far scoccare la scintilla, ma anche a colpire, con uno o più piccoli colpi, le dita con le quali si toccano le estremità (sommità o piede) della colonna, colpi più o meno frequenti a seconda della frequenza con la quale si ripetono questi contatti, e ciascun colpo somiglia alla leggera scossa provocata da una bottiglia di Leida, caricata leggermente.</i></p>

MISURE DI POTENZIALE NELLA PILA A MONETINE

Gli allievi sono stati invitati a fare considerazioni sui dati raccolti arrivando ad individuare inizialmente la differenza di potenziale fornita da una singola cella formata da Rame, Zinco, strato umido, Rame (Cu,Zn/umido/Cu). Inoltre misurando la ddp tra il primo strato di rame e gli altri gli strati sovrastanti, gli alunni hanno potuto comprendere l'inutilità, ai fini dell'incremento di potenziale del primo strato di rame, realizzando che la cella utile è costituita semplicemente da una lastra di zinco, un panno imbevuto di soluzione salina (umido) e una lastra di rame. Il livello di inquiry in questo caso era il secondo in quanto non si è inizialmente fornita una informazione teorica, ma le informazioni sono scaturite direttamente dall'analisi effettuata.

Sono state eseguite due serie di misure denominate prova 1 e prova 2



**Fig. 2**  
Pila di Volta. ddp misurata tra i differenti strati.  
1=Cu, 2=Zn, 3= Panno umido, 4=Cu, 5=Zn.

Differenze di Potenziale** in volt	2 Zinco	3 Umido	4 Rame	5 Zinco
1Rame (prova 1)	0	*	0.80	0.80
1Rame (Prova 2)	0	*	0.77	0.61

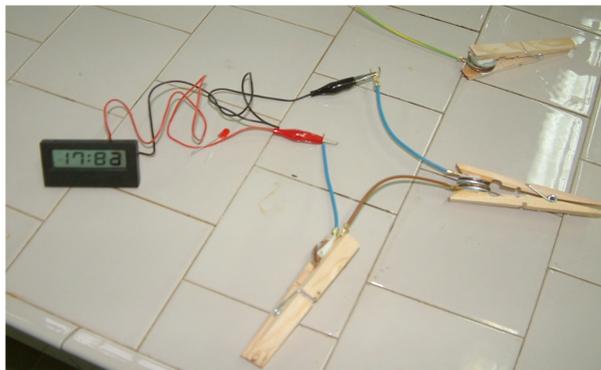
Il rame 1 e lo Zinco 5 si sono rivelati inutili, infatti, eliminandoli le differenze di potenziale misurate non variano:

Differenze di Potenziale** in volt	3 Umido	4 Rame	5 Zinco
2 Zinco (Prova 1)	*	0.80	0.80
2 Zinco (Prova 2)	*	0.77	0.76

\*non è possibile effettuare le misure sullo strato umido senza utilizzare un altro metallo, e pertanto tali misure non sono state utilizzate .

\*\*le differenze tra le due serie rientrano, nell'errore di misura.

Con due mollette collegate in serie, contenenti ciascuna due elementi ( ciascuno composto da zinco/panno umido/ rame, zinco/panno umido/ rame. Figura 3) siamo stati capaci di accendere un led e far funzionare un orologio digitale. Si è potuto così motivare gli allievi con la soddisfazione di aver costruito degli apparati realmente funzionanti.



**Fig. 3.** Quattro elementi della pila di Volta fanno funzionare un orologio digitale

## Le fonti storiche come strumento didattico

### Pila a tazze

Volta costruì la Pila a tazze perché se gli strati della pila erano troppi, il peso dei metalli schiacciava il panno bagnato facendo così uscire il liquido dal panno e mandando la pila in corto circuito, inoltre la pila a tazze funziona più a lungo e permette una più facile manutenzione. Nel nostro corso si è proposta la ricostruzione della pila a tazze di Volta utilizzando anche questa volta materiali di facile reperimento. La “nuova versione” è servita a far comprendere l'additività dei potenziali di celle in serie. Il livello di inquiry anche in questo caso è stato il secondo. Ma alcune/i allieve/i hanno cominciato ad acquistare una maggiore autonomia nella successiva fase di misura dei potenziali, cominciando a sperimentare varie combinazioni (livello 3).

Costruzione pila a tazze e misure di potenziale nel 2004	Descrizione della pila a tazze da parte di Volta nel 1800 [7]
<p><b>Materiali</b>                      5 tazze di carta cerata                      5 strisce di rame (1x10 cm<sup>2</sup>)                      5 strisce di zinco (1x10 cm<sup>2</sup>)                      filo elettrico                      sale da cucina (NaCl)                      acqua</p> <p><b>Procedura</b>                      La pila a tazze è costituita da tazze di carta cerata, in ognuna di queste tazze sono stati messi due elettrodi di metalli diversi uno di zinco e uno di rame e immersi in una soluzione di acqua e sale.                      Come prima cosa prepariamo una sola tazza con la soluzione d'acqua e sale, immergiamo una lastra di zinco e una di rame e misuriamo la differenza di potenziale che alle due estremità vale 0.83V, da questa misura siamo in grado di capire anche quale dei due metalli è positivo, in questo caso il rame.                      In un secondo momento prepariamo altre tazze seguendo il procedimento di prima. Al rame immerso in una tazza colleghiamo tramite uno spezzone di filo elettrico lo zinco immerso nell'altra.                      I metalli sono sempre immersi nelle soluzioni di acqua e sale. Anche questa volta si misura con il multimetro la differenza di potenziale tra i metalli estremi.</p>  <p style="text-align: center;"><b>Fig. 4</b> Pila a Tazze</p>	<p><i>Si dispone una serie di tazze o coppe, di qualsiasi materiale, esclusi i metalli: tazze di legno, di scaglia, di terra o meglio di cristallo (piccoli bicchieri per bere o ciotole, sono i più adatti) pieni a metà di acqua pura o meglio salata; le si fanno comunicare una con l'altra per mezzo di ponti bimetallici, nei quali un'estremità che pesca in una delle tazze è di rame rosso o giallo, o meglio di rame argentato; l'altra, che pesca nella tazza che segue, è di stagno, meglio di zinco.</i></p> <p><i>I due metalli che formano gli archi sono uniti in qualsiasi modo al di sopra delle parti immerse nel liquido, che devono toccare con una superficie sufficientemente estesa e pulita, e quindi opportuno che la lamina sia di un pollice quadrato o molto poco inferiore; il rimanente dell'arco deve essere più stretto, sino ad essere un semplice filo metallico. Può anche essere di un terzo metallo, differente dai due che pesca in un liquido delle tazze.</i></p> <p><i>Una serie di 20, 40, 60 di queste tazze collegate in questo modo e disposte sia in linea retta sia in linea curva, ripiegate in tutti i modi, formano il nuovo apparecchio che, alla fine, nella sostanza è la stessa cosa dell'altro a colonna”.</i></p>

### Analisi dei dati:

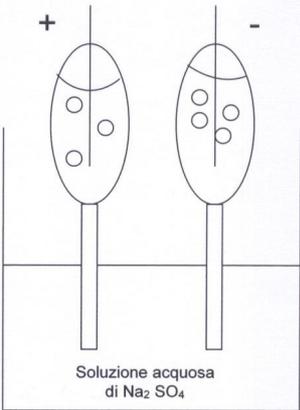
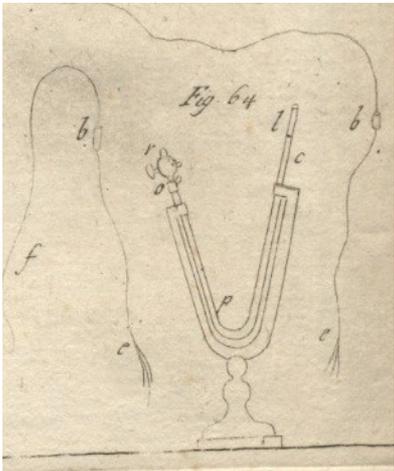
L'aggiunta di ogni cella provoca un aumento del potenziale di circa 0,7 volts.

Misure di ddp: 1 elemento=0,67 V; 2 elementi=1,35V; 3 elementi=2,07V; 4 elementi=2,7V; 5 elementi=3,5V

## ELETTROLISI

Per fornire ancora maggior stimolo motivazionale si è utilizzata la pila a tazze per compiere la decomposizione dell'acqua attraverso l'elettrolisi.

L'esperimento è stato compiuto totalmente in maniera guidata (livello 1) in quanto gli alunni non avevano consolidato la necessaria familiarità con la teoria degli acidi e delle basi per poter autonomamente trarre le conseguenze dei dati rilevati e comprendere il funzionamento della decomposizione.

Elettrolisi nel 2004	Elettrolisi nel 1800 [9]
<p><b>Materiali</b>            5 tazze di carta cerata;            5 strisce di rame (1x10 cm2);            5 strisce di zinco (1x10 cm2);            filo elettrico;            mollette per biancheria;            acqua;            bacchetta di vetro;            solfato di sodio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>);            2 pipette di plastica;            2 mine di matita;            indicatore.</p> <p><b>Costruzione degli elettrodi [8]</b>            la mina di grafite viene inserita in una pipette di plastica opportunamente forata con un ago: all'interno della pipetta viene aspirata la soluzione acquosa di Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.</p>  <p style="text-align: center;">Soluzione acquosa di Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></p> <p style="text-align: center;"><b>Fig. 6</b>            Apparato usato per decomporre l'acqua[8].</p> <p><b>Procedura per l'elettrolisi</b>            Costruiamo una pila con cinque tazze come precedentemente descritto.            La soluzione che deve essere decomposta è una soluzione acquosa di solfato di sodio nella quale è stata aggiunta qualche goccia di indicatore.            In questa soluzione immergiamo i due elettrodi collegati alla pila.            La presenza di solfato di sodio serve ad aumentare la conducibilità della soluzione acquosa e ad evitare altri processi di ossido riduzione indesiderati.            Osservazioni: noteremo che sulla superficie di una grafite si formano delle bollicine e contemporaneamente vedremo</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Fig. 5</b>            Apparato per l'elettrolisi [9]</p> <p><i>Opl (...) è una specie di sifone di vetro montato sopra un piede di metallo o di legno impiombato, a cui si adatta in o un pezzetto di ottone forato lateralmente e munito d'una chiavetta r: f, g son due fili d'ottone, le di cui estremità ee presentan più fili dell'istessa specie; ognuno di essi attraversa un piccol turacciolo di sughero b adattato alle aperture che deve turare.</i></p> <p><i>Si comincia dall'introdurre nel tubo per l'apertura laterale o uno dei due fili d'ottone, e quando la sua estremità e arriva alla curvatura verso il punto p si fa scorrere il suo turacciolo in modo da fissare il filo in questa posizione forzando il turacciolo nell'apertura laterale o .</i></p> <p><i>Allora per l'apertura libera ol si empie il tubo d'acqua stillata. Per questa stessa apertura s'introduce l'altro filo d'ottone g, e quando la sua estremità introdotta si trova a un centimetro di distanza dall'altro filo f, vi si fissa forzando il suo turacciolo nell'apertura ol . Fatto ciò si chiude la chiavetta r, e l'apparecchio è così pronto all'esperienza.</i></p> <p><i>Poiché ponendolo accanto a un elettromotore EL (.....) si prende l'estremità libera del filo f per attaccarlo alla doppia lastra p, e si fissa sulla lastra superiore z l'estremità di g. Dopo poco che è fatta in tal modo la comunicazione si vede l'estremità del filo f, che è tuffato nel tubo, coprirsi di bolle, che a poco a poco ingrossando s'alzano alla bocca di questo braccio del tubo: e l'estremità dell'altro filo si copre di ossido e prende un color carico.</i></p>

## Le fonti storiche come strumento didattico

<p>cambiare il colore dell'indicatore che segnala l'aumento della presenza degli ioni <math>\text{OH}^-</math> con il colore violetto. Anche sulla superficie dell'altra grafite si formano bollicine di gas ma vedremo l'aumentare degli ioni <math>\text{H}^+</math> segnalato dal colore giallo dell'indicatore.</p> <p>Lo sviluppo di idrogeno sull'elettrodo che si trova immerso nella soluzione di colore violetto può essere successivamente dimostrato provocando l'esplosione dell'idrogeno con una fiamma libera. Ovviamente all'altro elettrodo si sviluppa ossigeno che può essere riconosciuto vivificando la combustione di uno stecchino.</p>	<p><i>Quando si è riunita una certa quantità d'aria nel braccio op, si apre la chiavetta r per farla uscire; e se all'apertura stetta da cui essa scappa si accosta un lume acceso, si vedrà infiammarsi. Se cangiasi la disposizione dei fili, cioè se fassi toccare il filo g alla doppia lastra dp e il filo f al disco superiore z, cangian gli effetti: le bolle si sviluppan sempre dal filo che comunica colla doppia lastra dp, e sempre l'altro s'ossida senza sviluppo. Finalmente se si spinga più avanti nel tubo il filo f, e si faccia toccare con quello che gli corrisponde, cessa ogni effetto visibile appena ha luogo un tal contatto, e resta sospesa la decomposizione dell'acqua.</i></p>
---	---

### Analisi dei dati:

al polo negativo si ha la riduzione (catodo) dell' $\text{H}^+$  con formazione di  $\text{H}_2$  gassoso, mentre al polo positivo l'ossidazione (anodo) dell' $\text{OH}^-$  con formazione di  $\text{O}_2$  gassoso.

### Elementi in parallelo o in serie.

Si è proceduto con la ricostruzione di due pile costituite dallo stesso numero di lastre disposte in modo da ottenere una superficie più grande o un maggior numero di strati.

Gli allievi hanno chiamato quest'esperienza "pila grande e pila piccola".

Questa fase aveva lo scopo di far scoprire agli/alle allievi/e la differente resa in differenza di potenziale e in erogazione di corrente a seconda delle modalità di costruzione sia attraverso la misura della differenza di potenziale, sia attraverso la percezione della scossa, sia attraverso il tentativo di accensione di lampadine a filamento. Anche in questo caso l'inquiry ha raggiunto il secondo livello, ed in qualche momento gli alunni e le alunne hanno dimostrato la capacità di raggiungere il terzo livello collegando le conoscenze apprese in altri campi. Gli studenti hanno inoltre dimostrato una qualche autonomia nel progettare gli esperimenti adatti a confermare le loro supposizioni e persino sfiorato il quarto livello cominciando a porsi domande autonome e proponendo eventuali percorsi di indagine.

### Pila grande (elementi in parallelo)

Assemblare una pila con lastre grandi è come collegare in parallelo pile con lastre piccole.

<p><b>Scopo dell'esperienza:</b> effettuare misure di ddp su una pila costruita con 28 lastre (di ciascun metallo) disposte su sette strati. Questa pila da la scossa? Accende una lampadina a filamento?</p>	
<p><b>Costruzione della pila</b></p>	<p><b>Descrizione della pila da parte di Izarn nel 1804 [10]</b></p>
<p><b>Materiali utilizzati:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 fogli di rame (Cu) 15x20cm<sup>2</sup>, spessore 0,1 cm;</li> <li>• 28 lastre di rame (Cu) 6x9cm<sup>2</sup>, spessore 0,2 cm;</li> <li>• 28 lastre di zinco (Zn) 6x9cm<sup>2</sup> spessore 0,2 cm;</li> <li>• 7 pezzi di panno giallo ultra assorbente 11x17 cm<sup>2</sup>, spessore 0,2 cm.</li> </ul> <p><b>Sostanze utilizzate:</b> soluzione di acqua e cloruro di sodio .</p> <p><b>Procedura</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Disponiamo un foglio di rame su un tavolo.</li> <li>2) Sopra il foglio disponiamo 4 lastre di rame a contatto tra di loro con due lati .</li> <li>3) Tagliamo il panno di una misura che sia di poco minore delle superficie delle 4 lastre così disposte.</li> <li>4) Imbeviamo il panno con la soluzione di acqua e sale e lo strizziamo in modo che non goccioli.</li> <li>5) Mettiamo il panno imbevuto sopra le lastre.</li> </ol>	<p><i>Ma fra tutti gli apparecchi immaginati finora col fine d'aumentar la forza dell'elettromotore, i più considerabili sono l'apparecchio a larghe lastre de' CC. Fourcroy, Vauquelin e Thenard [..].</i></p> <p><i>Apparecchio a larghe lastre.</i></p> <p><i>Non si era messo in uso altro mezzo finora per aumentar gli effetti galvanici, che quello di moltiplicar le coppie de' dischi, quando i celebri Chimici Fourcroy, Vauquelin e Thenard ricercando quel che poteva produrre una maggior dimensione data agli elementi dell'apparecchio ordinario furon condotti alla scoperta di nuovi effetti, dei quali però si brama una spiegazione soddisfacente. Per istudiar questi effetti bisogna avere 32 lastre di rame e altrettante di zinco, di quindici centimetri quadrati di superficie, e di tre in quattro millimetri di grossezza; di più ci vogliono tanti pezzi di drappo bianco delle stesse dimensioni, e otto pezzi del drappo stesso ma di tre decimetri quadri di superficie.</i></p>

<p>6) Disponiamo 4 lastre di zinco sopra il panno allo stesso modo di quelle di rame.          7) Disponiamo sopra 4 lastre di rame.          8) Si riprende dal punto 3 fino ad ottenere una pila di sette strati.</p>	<p><i>Si pongano su un medesimo piano quattro di queste lastre di rame a contatto fra loro da due parti. Sopra di esse se ne pongano quattro altre di zinco nel modo stesso, e si ricoprano di un pezzo grande di drappo di tre decimetri quadrati già bene imbevuto di una dissoluzione saturata di muriato d'ammoniaco.</i></p> <p><i>Così con le trenta due lastre di metallo si hanno otto strati simili di tre decimetri quadrati di superficie. Sotto lo strato inferiore e però a contatto colle lastre di rame si pone il capo d'un fil d'argento, di cui l'altro capo è fornito di un fil di ferro finissimo, rivolto a spirale, la cui punta libera eccede il fil d'argento. Nell'istante in cui il fil di ferro tocca la lastra superiore z dell'apparecchio, diventa rosso e lancia de' razzi vivissimi [...] spesso nell'aria atmosferica si fonde a globetti dando vive scintille, e la porzione accanto alla porzione fusa si spezza come l'ossido di ferro.[.....]. Gli effetti fisiologici e chimici prodotti da quest'apparecchio son lungi dall'aver l'intensità che era naturale l'aspettarne: le commozioni son poco sensibili, e la decomposizione dell'acqua si fa lentissimamente</i></p>
<p><b>Esecuzione delle misure</b></p>	<p><b>Valori di ddp (volt) ottenuti sperimentalmente</b></p>
<p><b>Strumenti utilizzati:</b> multimetro.</p> <p><b>Procedura</b>          1) Selezioniamo il voltmetro sul multimetro e scegliamo il modo d'uso in corrente continua.          2) Scegliamo la scala adatta a letture fra 0 e 20 V che eventualmente modificheremo, adattandola via via che il potenziale cresce.          3) Misuriamo la differenza di potenziale (ddp) tra il 1° foglio di rame e i vari strati di zinco o di rame.          4) Misuriamo le ddp tra i differenti strati di rame e di zinco.</p>	<p>Dal 1° foglio di Cu alla 1° strato di Zn: 0.75          Dal 1° strato di Zn al 2° strato di Zn: 0.77          Dal 1° foglio di Cu alla 2° strato di Zn: 1.50          Dal 2° strato di Zn al 3° strato di Zn: 0.75          Dal 1° foglio di Cu alla 3° strato di Zn: 2.27          Dal 2° strato di Zn al 3° strato di Zn: 0.75          Dal 2° strato di Cu al 3° strato di Zn: 0.76          Dal 1° foglio di Cu alla 4° strato di Zn: 3.00          Dal 3° strato di Zn al 4° strato di Zn: 0.74          Dal 1° foglio di Cu alla 5° strato di Zn: 3.75          Dal 4° strato di Cu al 5° strato di Zn: 0.76          Dal 4° strato di Zn al 5° strato di Zn: 0.77          Dal 1° foglio di Cu alla 6° strato di Zn: 4.42          Dal 5° strato di Zn al 6° strato di Zn: 0.66          Dal 1° foglio di Cu alla 7° strato di Zn: 5.27</p>

**Osservazioni:** vediamo che la ddp aumenta tra Cu e Zn solo se in mezzo si trova il panno umido.

**Analisi dei dati:** 28 piastre disposte su 7 strati forniscono una ddp di 5,27 V (circa 0,75 Volt x 7 strati), accendono una lampadina ma non danno la scossa

#### **Pila piccola (elementi in serie)**

Assemblare una pila da 28 elementi e come collegare in serie 4 pile da 7 elementi ciascuna.

<p><b>Scopo dell'esperienza:</b> effettuare misure di ddp su una pila costruita con 28 elementi. Questa pila dà la scossa? Accende una lampadina a filamento?</p>	
<p><b>Costruzione della pila.</b></p>	<p><b>Descrizione della pila da parte di Izarn nel 1804 [11]</b></p>
<p><b>Materiali utilizzati:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 fogli di rame (Cu) 15x20cm<sup>2</sup>, spessore 0,1 cm;</li> <li>• 28 lastre di rame (Cu) 6x9cm<sup>2</sup>, spessore 0,2 cm;</li> <li>• 28 lastre di zinco (Zn) 6x9cm<sup>2</sup>, spessore 0,2 cm;</li> <li>• 28 pezzi di panno giallo ultra assorbente 5x8cm<sup>2</sup>, spessore 0,2 cm.</li> </ul>	<p><i>Invece di disporre le trentadue lastre a strati di quattro, come sopra, se si pongono pezzo per pezzo a coppie nel modo consueto, separando le coppie con pezzi di drappo imbevuto, e delle stesse dimensioni, si avrà sempre l'istessa superficie formando questa volta trentadue strati invece di otto, ma quattro volte meno estesa.</i></p>

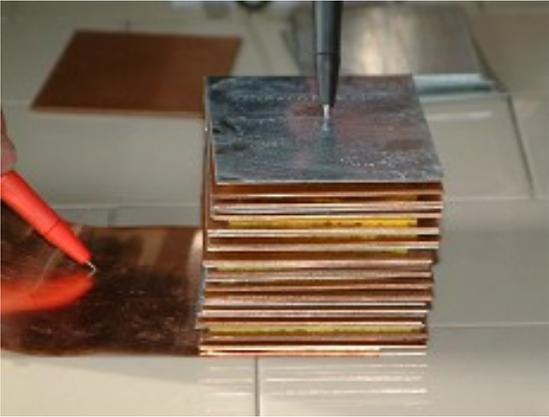
<p><b>Sostanze utilizzate:</b> soluzione di acqua e cloruro di sodio .</p> <p><b>Procedura</b> 1) Disponiamo un foglio di rame su un tavolo. 2) Sopra il foglio disponiamo 1 lastra di rame. 3) Tagliamo il panno di una misura che sia di poco minore della superficie della lastra così disposta. 4) Imbeviamo il panno con la soluzione di acqua e sale e lo strizziamo in modo che non goccioli. 5) Mettiamo il panno imbevuto sopra la lastra. 6) Disponiamo 1 lastra di zinco sopra il panno allo stesso modo quella di rame. 7) Mettiamo sopra una lastra di rame. 8) riprendiamo dal punto 3 fino ad ottenere una pila di 28 strati.</p>	<p><i>Tale apparecchio non produce effetti fisici sì energici come l'altro: l'incandescenza e la fusione son limitatissime, e non si ottiene né infiammazione né deflagrazione. Ma in questa disposizione sono molto più intensi che nella prima gli effetti fisiologici e chimici: le commozioni son molto più vive, e la decomposizione dell'acqua assai più rapida.[..]</i></p>
<p><b>Esecuzione delle misure</b></p>	<p><b>Valori di ddp (volt) ottenuti sperimentalmente</b></p>
<p><b>Strumenti utilizzati:</b> multimetro.</p> <p><b>Procedura</b> 1) Selezioniamo il voltmetro sul multimetro e scegliamo il modo d'uso in corrente continua . 2) Scegliamo la scala di lettura adatta a letture fra 0 e 20 V che modificheremo, adattandola via via che il potenziale cresce. 3) Misuriamo la differenza di potenziale (d.d.p.) tra il 1° foglio di rame e la lastra di zinco con il voltmetro, e segniamo in una tabella la ddp. 4) Misuriamo le ddp tra i differenti strati di rame e di zinco.</p> 	<p>Dal 1° foglio di Cu alla 1° lastra di Zn:0,76 Dal 1° foglio di Cu alla 2° lastra di Zn:1,55 Dalla 1° lastra di Zn alla 2° lastra di Zn:0,78 Dalla 1° lastra di Cu alla 3° lastra di Zn: 2,31 Dalla 1° lastra di Cu alla 4° lastra di Zn: 3,05 Dalla 1° lastra di Cu alla 5° lastra di Zn: 3,71 Dalla 1° lastra di Cu alla 6° lastra di Zn: 4,56 Dalla 1° lastra di Cu alla 7° lastra di Zn: 5,15 Dalla 1° lastra di Cu alla 8° lastra di Zn: 5,86 Dalla 1° lastra di Cu alla 9° lastra di Zn: 6,11 Dalla 1° lastra di Cu alla 10° lastra di Zn: 7,40 ..... Dalla 1° lastra di Cu alla 18° lastra di Zn: 13,21 Dalla 1° lastra di Cu alla 19° lastra di Zn: 13,94 Dalla 1° lastra di Cu alla 20° lastra di Zn: 14,51 Dalla 1° lastra di Cu alla 21° lastra di Zn: 15,29 Dalla 1° lastra di Cu alla 22° lastra di Zn: 15,53 Dalla 1° lastra di Cu alla 23° lastra di Zn: 16,95 Dalla 1° lastra di Cu alla 24° lastra di Zn: 17,93 Dalla 1° lastra di Cu alla 25° lastra di Zn: 18,72 Dalla 1° lastra di Cu alla 26° lastra di Zn: 19,46 Dalla 1° lastra di Cu alla 27° lastra di Zn: 20,20 Dalla 1° lastra di Cu alla 28° lastra di Zn: 21,20</p>

Fig. 7.

**Osservazioni:** vediamo che la ddp aumenta tra Cu e Zn solo se in mezzo si trova il panno umido.

**Analisi dei dati:** 28 elementi forniscono una ddp di 21 V (circa 0,75 Volt x 28) non accendono una lampadina a filamento ma danno la scossa.

Risultati ottenuti	Commento storico
<p>Ogni strato della pila (zinco-umido -rame) fornisce circa 0,75 Volt indipendentemente dal numero di lastre per strato.</p> <p>La pila costituita da 7 strati, ciascuno di quattro lastre che si toccano per un lato, è in grado di accendere una lampadina a filamento ma non dà la scossa.</p> <p>La pila costituita da 28 strati non è in grado di accendere una lampadina a filamento ma dà la scossa.</p>  <p style="text-align: center;"><b>Fig. 8</b> Pila “piccola” (in primo piano) e pila “grande”.</p>	<p><b>Izarn [12] dice:</b></p> <p><i>[...] la potenza galvanica che fa rossi i metalli, e quella che decompone l'acqua o che eccita i movimenti muscolari, seguono differenti progressioni: la prima segue la grandezza delle lastre metalliche sovrapposte, la seconda segue il numero delle sovrapposizioni; la prima cresce coll'estensione e non per il numero, la seconda s'accresce per il numero degli strati senza essere sensibilmente aumentata per l'aumento di loro estensione. Essendo la stessa superficie totale si può produrre a piacere l'uno o l'altro di questi effetti; L'infiammazione del ferro con poche delle lastre grandi, la commozione violenta con le medesime lastre divise e sovrapposte. Il primo fenomeno è in ragione inversa del secondo.</i></p> <p><b>Anche J. MILLAR nel 1814 dice [13]</b></p> <p><i>Somigliante forza si aumenta a piacere, moltiplicando i dischi, e le trugole; o ingrandendo soltanto la superficie de' dischi. Gli effetti della batteria sopra un animale, corrispondono al numero delle coppie, senza aver riguardo alle superficie: ma le operazioni chimiche sono strettamente in rapporto con la estensione delle superficie, contandosi poco il numero delle piastre. L'accrescimento poi del numero, e delle superficie, rinviva straordinariamente il potere elettrico della pila</i></p>

### Conclusioni

Un curriculum basato sull'inquiry richiede un grosso dispendio di energie sia da parte degli insegnanti che da parte degli allievi.

Senza cadere nella trappola che seguendo il metodo dell'inquiry gli studenti siano capaci di riscoprire autonomamente le leggi della natura, gli insegnanti, devono inventare delle situazioni problematiche che siano risolvibili con le competenze che si possono ottenere ad un determinato livello scolastico, tenendo conto della grande disomogeneità che può essere presente già all'interno di una singola classe di allievi.

Gli allievi devono essere tuttavia capaci di porsi domande e capire i concetti e i metodi della scienza.

Tale sforzo deve perciò essere ripagato da un grosso risultato. La prima cosa che viene fatto di domandarsi è comunque se “ il gioco vale la candela”. Nei paesi anglo-sassoni, dove pure è diffusa l'abitudine ad insegnare la chimica a partire dalle esperienze di laboratorio in ogni grado e ordine di scuola sono sorte perplessità riguardo all'efficacia dell'utilizzo della metodologia inquiry, motivate dal timore che a parità di tempo dedicato all'insegnamento venga penalizzata la quantità di contenuti appresi. Le risposte della ricerca didattica in questo senso sono incoraggianti, in quanto indicano la possibilità di raggiungere lo stesso rendimento scolastico, in un ambiente di apprendimento più coinvolgente [15]. Questo alimenta una ragionevole speranza di persistenza dell'apprendimento. Le nuove indicazioni metodologiche sui programmi della scuola superiore contengono finalmente la proposta concreta di un insegnamento basato sulla metodologia della ricerca. Tuttavia nella scuola primaria, dove maggiore è l'abitudine alla metodologia interattiva è mancato un piano di formazione scientifica degli insegnanti che purtroppo provengono da un impianto formativo che ha sempre privilegiato la formazione umanistica. Mentre nella scuola secondaria, laddove i docenti di chimica sono tutti dotati di lauree scientifiche, manca purtroppo spesso l'abitudine all'utilizzo del laboratorio come sorgente dell'insegnamento, sia per carenza delle strutture, ma troppo spesso per l'incapacità di applicare una metodologia della ricerca.

Per questo motivo è facile immaginare “resistenze” quando una simile proposta venga calata dall'alto senza il necessario sforzo formativo del corpo docente.

Le indicazioni del *National Science Education Standards* [14] sono un tentativo di adeguamento graduale alla metodologia della ricerca basato su un opportuna strutturazione dell'inquiry in quattro livelli. Sicuramente i risultati

## Le fonti storiche come strumento didattico

migliori possono ottenersi se la metodologia viene seguita a partire dalla scuola primaria procedendo gradualmente nei vari stadi, ma è possibile limitare i danni anche se l'azione viene intrapresa in ritardo a patto che si proceda con le dovute cautele e la sensibilità e il polso dell'efficacia dell'azione educativa (buona norma da adottare nella sperimentazione di qualsiasi metodologia d'insegnamento). Con il nostro lavoro speriamo di aver fornito un'indicazione su come si possa procedere in tale tentativo. La limitazione della nostra sperimentazione riguarda tuttavia il contesto, avulso dalla normale routine scolastica e limitato ad un breve segmento pomeridiano.

### Bibliografia

- 1 J. O. Matson and S. Parsons, *Electronic Journal of Literacy Through Science*. 2006, 5, 1
- 2 R. L. Bell, L. Smetana, and I. Binns, *The Science Teacher*, ottobre 2005, 30.
- 3 <http://www.manchester.ac.uk/ceeb1> <http://www.inquiry.uiuc.edu/index.php>
- 4 Le opere di Alessandro Volta, *Epistolario di Alessandro Volta*, Nicola Zanichelli editore, Bologna 1952, volume III, pagina 441 <http://ppp.unipv.it/volta/pages/volta12.htm>
- 5 P. Marazzini, *Il dibattito sulla forza elettromotrice della pila di Volta*.  
<http://www.itis-molinari.mi.it>
- 6 Le opere di Alessandro Volta, Ulrico Hoepli, Milano, 1918 Volume primo, pagina 566  
<http://ospitiweb.indire.it/~copc0001/liceo/pila.html>.
- 7 Le opere di Alessandro Volta, Ulrico Hoepli, Milano, 1918, Volume primo, pagina 569  
<http://ospitiweb.indire.it/~copc0001/liceo/pila.html>
- 8 P. Eggen and L.K. Kvittingen, *J.C.E.*, 2004, 81, 1337-1338
- 9 G. Izarn, *Manuale del Galvanismo*, Firenze presso Guglielmo Piatti MDCCCXV. Pagina 88-89
- 10 G. Izarn, *Manuale del Galvanismo*, Firenze presso Guglielmo Piatti MDCCCXV. Pagina 108-111
- 11 G. Izarn, *Manuale del Galvanismo*, Firenze presso Guglielmo Piatti MDCCCXV. Pagina 111
- 12 G. Izarn, *Manuale del Galvanismo*, Firenze presso Guglielmo Piatti MDCCCXV. Pagina 111-112
- 13 I. Millar, *Elementi di chimica pratica*, Napoli, Dai torchi di Raffaele Mirando, 1814, volume I
- 14 *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*.  
[http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=9596#toc](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9596#toc)
- 15 M. J. Sanger, *J.C.E.*, 2007, 84, 1035-1039

# 'Il sistema periodico' di Primo Levi: come una semplice proposta di lettura abbia creato molte riflessioni

MARINA SCANDOLA \*, RAFFAELLA DI GUARDO\*\*, LUCIANA SITTA #, ALBERTO ISOLAN#

Classi V° Bt ed At (Liceo Scientifico Tecnologico)

## - Antefatti: nascita dell'idea e sua concretizzazione

L'idea - Nelle prime settimane dell'anno scolastico si pensa di proporre alle classi V° del Liceo Scientifico Tecnologico la lettura del testo di Levi<sup>1</sup>. Gli alunni conoscono la Chimica fin dal 1° anno di liceo e sono ritenuti in grado di affrontare una tale lettura. Se ne parla fra i docenti di Chimica e Italiano-Storia. Nel frattempo si riceve la rivista CnS<sup>2</sup> che riporta un articolo su Primo Levi (anche la copertina è dedicata a lui). Nel mese di dicembre si concretizza l'idea di proporre agli studenti, per il periodo delle vacanze natalizie, la lettura del libro. Si pensa, insieme, alle successive applicazioni di questa attività: la prima idea era semplicemente quella di rendere noto un 'autore' con una professione 'scientifica', successivamente si ipotizza di contestualizzare insieme con altri narratori del '900 per le tematiche relative alla Storia della 2° guerra mondiale.

La lettura del libro sarebbe stata 'non obbligatoria' e si sarebbe chiesto di scegliere un capitolo e di scrivere le proprie impressioni (per non rendere opprimente l'attività e non sovraccaricare di lavoro il periodo di vacanza).

La concretizzazione - I docenti di Italiano e Storia propongono delle chiavi di lettura, per guidare i ragazzi sia nella lettura che nella scrittura successiva: sarebbero state abbastanza generali per non influenzare troppo e rischiare di limitare la loro espressività.

L'aspettativa era stata tenuta volutamente bassa: non si sarebbe dovuto rimanere delusi se, a gennaio, solo alcuni avessero letto il libro e scritto qualcosa.

La 'consegna' distribuita agli studenti prima delle vacanze è stata:

Proposta per le Classi 5° At e Bt

(da prof. Scandola, Ins. di Chimica)

Durante le vacanze di Natale, lettura del libro:

**'Il Sistema Periodico' di Primo Levi, ed. Einaudi**

Consegna: Dopo aver letto il libro, scegliere un capitolo e scrivere (in una facciata) le proprie impressioni relative a: *che cosa si è pensato durante quella lettura, riflessioni scaturite, eventuali collegamenti personali con situazioni o/e persone e altri testi da voi letti.*

(per il 9 gennaio 2007)

Proposte per chiavi di lettura (per futuri collegamenti anche con gli Insegnanti di Italiano e Storia):

- *Come la situazione politica di un paese può influenzare la serenità degli studi (e la vita di uno studente)*
- *Difficoltà che un conflitto bellico può provocare, direttamente o indirettamente, nella vita quotidiana di uno studente*
- *Amicizie scaturite in situazioni particolari: interrotte e poi ritrovate (o dimenticate)*
- *Ricordi che una situazione, un suono, una immagine, possono far ritornare alla mente*
- *Stile linguistico di un autore che ha una 'formazione universitaria e lavorativa' di tipo scientifico*
- *Indirizzo umanistico o scientifico: due strade divergenti o che possono incrociarsi?*

ISISS 'Dal Cero' San Bonifacio (Verona)

Classe V° Bt: Altamura Andrea, Ambrosi Elena, Avogaro Giulia, Ballarini Piero, Bogoni Elena, Bressan Edoardo, Camponogara Emanuele, Costa Alessio, Dal Bosco Jessica, Franchetto Alessio, Franco Elisa, Frigotto Andrea, Gastaldello Francesco, Maggiolo Andrea, Menini Gloria, Micheletti Gianluca, Rigoni Damiano, Tinazzi Giuliano, Vitucci Lorenzo

Classe V° At: Boscolo Andrea, Brazzarola Andrea, Buoso Luca, Ceschi Luca, Contri Letizia, Crestanello Silvia, Drezza Riccardo, Leggio Erika, Manfrin Luca, Milani Mattia, Montanari Ilaria, Pianetti Davide, Roncolato Nicolas, Scalzotto Francesco, Spagnolo Federico, Tecchio Sara, Zambon Massimiliano, Zorzin Federico.

\* Docente di Chimica, e-mail: scandolamarina@libero.it

\*\* Docente di Laboratorio di Chimica

# Docenti di Italiano e Storia

## Il sistema periodico di Primo Levi

### - Risultati

I risultati sono stati superiori alle aspettative: 19 lavori su 19 studenti, in una classe, e 17 su 20 in un'altra. Lo stupore e la gioia sono arrivati contemporaneamente: gli studenti non avevano semplicemente 'accettato' ma avevano 'partecipato' (e ciò era impreveduto, considerando che la proposta non era 'obbligatoria').

Normalmente il paragrafo 'Risultati sperimentali' contiene, per un esperimento scientifico, una serie di dati numerici o descrizioni di fenomeni osservati: in questo caso invece verrà riportato quanto emerso dalla lettura del libro, suddiviso per capitoli (gli stessi del libro). Poiché ogni capitolo è stato scelto da più di uno studente, sono state individuate alcune frasi per ciascuno. Per conservare la loro 'freschezza e naturalezza espressiva', vengono di seguito riportate senza alcuna variazione. Per ogni capitolo è stato scritto, da un alunno, l'argomento in esso trattato (è riportato fra parentesi). Si parlerà sempre al maschile per non collegare ed individuare le riflessioni personali: perché tutte le idee hanno lo stesso valore.

(I testi completi sono riportati alla fine dell'articolo, in APPENDICE).

#### Cap.1° - ARGON (l'infanzia dell'autore - la comunità degli ebrei piemontesi e la loro lingua)

Non è stato commentato da nessuno: forse per la difficoltà di lettura e l'intrigo delle storie raccontate.

#### Cap.2° - IDROGENO (una sperimentazione clandestina dell'elettrolisi al tempo della scuola)

◆ *Scelto perché ricorda l'esperimento dell'elettrolisi dell'acqua trattato a scuola – L'idrogeno non è una fonte di energia ma piuttosto un mezzo per trasportare e immagazzinare l'energia disponibile – evidenziata la voglia dell'autore di mettersi alla prova in laboratorio, il grande interesse, la voglia di conoscenza.*

◆◆ *Scelto perché rispecchia la mia esperienza attuale. Mi ha colpito la voglia di imparare per poi andare da soli e per spingersi al di là di semplici nozioni di scuola – la voglia di fare per poi capirne gli effetti senza l'aiuto dell'insegnante e del testo scolastico - mi affascina come Levi vede la chimica: 'una nuvola..di potenze future...che avvolgeva il mio avvenire..come Mosé, da quella nuvola, attendevo la mia legge... '.*

◆◆◆ *Esprime stati d'animo ed emozioni – c'era nei due ragazzi lo stesso entusiasmo di quando anch'io per la prima volta sono entrato in un laboratorio e volevo sperimentare. ...Il capitolo si collega al mio presente: lo studio delle ossidoriduzioni che ho ripreso quest'anno a scuola e come loro, con semplicità, lo hanno sperimentato a sedici anni. ... L'idrogeno che scoppia e il mistero di quello che il mondo della chimica riserva. ...Il poter sperimentare e dimostrare con le proprie mani qualcosa che gli altri hanno scoperto prima di noi dà comunque soddisfazione e crea stupore...*

◆◆◆◆ *Fa riflettere sui nostri interessi quotidiani...in cui non diamo molto peso alle nozioni ricavate che rimangono spesso in pura teoria...Credo sia bello e divertente mettere in pratica e sperimentare autonomamente quello che si è imparato...*

#### Cap.3° - ZINCO (una esercitazione di laboratorio all'università)

◆ *Storia molto vicina a quella che è la mia realtà scolastica: il laboratorio di chimica, gli esperimenti e l'incognita del risultato. Non si sa mai se l'esperienza è riuscita o no. Trovo simpatica la descrizione del professor P. e del suo assistente...Viene raccontata anche una sorta di storia d'amore...mi diverte l'immagine di lui che utilizza l'esperimento di chimica per 'abbordare' la ragazza...Mi ha fatto riflettere il discorso sulle impurità...penso che in questa parte sia evidente come la situazione politica di quel tempo abbia potuto influenzare la vita di uno studente, per lo più ebreo. L'autore si sente come l'impurezza che permette alla reazione di avvenire...lui si sente un diverso...Io penso che sia inevitabile che la situazione politica influenzi la vita scolastica. Ogni persona aderisce alla corrente di pensiero che più condivide...*

◆◆ *La scelta di una scuola dopo le Medie, un ambito scientifico piuttosto che umanistico, limita le proprie conoscenze...Il punto di vista di Levi nei confronti della realtà è particolare..le persone vengono osservate e studiate, ne viene delineato un quadro psicologico estrapolato da semplici particolari, come in un'analisi scientifica...Prendere in considerazione tutti gli aspetti della vita, senza discriminare tra scienza o letteratura, permette di rendere le cose più umane, di farcele sentire più vicine, e di considerarci abitanti di questo mondo ai cui segreti possiamo, se vogliamo, avere accesso.*

#### Cap.4° - FERRO (l'adolescenza dell'autore fra le leggi razziali e la passione per le Alpi)

◆ *Alternanza notte/luce...perché non si fa niente per fermare le atrocità...per paura...avviene tuttora...siamo immobili di fronte a ...soprusi ...Le giornate in ricordo di quanto è avvenuto sono inutili? ...potrebbero essere utilizzate per estirpare l'ignoranza e la cattiveria...tristi episodi della storia recente...*

◆◆ *Riflettere sulla parola democrazia...libertà di esprimere le proprie opinioni...riferire un sì e un no, perché non erano ammessi i dubbi né le esitazioni: era ogni volta una scelta, un deliberare...emanava un buon odore asciutto e pulito...*

◆◆◆ Tema base dell'amicizia...

◆◆◆◆ .... continue lotte con la Palestina...situazione attuale...

◆◆◆◆◆ ....i due amici ...esperimentano fatiche e disagi...Una bella storia d'amicizia...una situazione che si può incontrare oggi...gli extracomunitari si sentono diversi rispetto a noi...Stile linguistico:...ordine cronologico...lessico semplice...

◆◆◆◆◆ ...con parole semplici vengono affermati principi importanti come la libertà, soprattutto di pensiero: infatti una analisi chimica richiede risposte chiare ma permette piena libertà di scelta dei percorsi per giungere alle risposte.

Cap.5° - POTASSIO (un'esperienza di laboratorio dagli effetti imprevisi)

◆ ...lezioni di vita. ..quando tratta di esperimenti scientifici, non bisogna mai fidarsi del circa, del quasi uguale come fece lui con il sodio e il potassio...coloro che conoscono a perfezione la teoria, nella pratica possono errare...Tutti restavano a guardare gli eventi...confronto con oggi...

Cap.6° - NICHEL (nei laboratori chimici di una miniera)

◆ La lettura del capitolo, nonostante la presenza di termini tecnici, è resa dall'autore molto scorrevole e piacevole... indirizzo umanistico e scientifico possono essere perfettamente conciliabili...Levi riesce ad attirare il lettore e a farlo rimanere 'incollato' al libro, grazie all'ironia....

Cap.7° - PIOMBO (il racconto di un cavatore di piombo)

◆ ...trasmette i sentimenti...con una semplicità sorprendente...mia errata presunzione nel 'giudicare il libro dalla copertina'...capitolo scelto perché io mi riconosco nel desiderio relativo ad una scelta di un lavoro appagante indipendentemente dall'aspetto economico...Il tempo del racconto è sconosciuto...essere un avventuriero...essere libero nell'essere diverso...

Cap.8° - MERCURIO (il racconto della vita sull'isola Desolazione)

◆ ...ho trovato difficile pensare un riferimento con mercurio...conoscenze alchimiche del tempo...progetti scientifici e mistici...

Cap.9° - FOSFORO (una esperienza di lavoro da chimico in un'industria)

◆ ...ancora oggi succede...alcuni datori di lavoro rinunciano a persone eccelse e utili solo per un fatto di 'pelle' o 'religione'....Storie di vita umana, il mancato amore...Mi ha colpito come riesca a coniugare esperienze di vita comune con fatti che in quegli anni solo gli ebrei potevano raccontare...

◆◆ Per Levi essere chimico significava essere 'cacciatori'. Si può 'sbagliare e correggerci, per incassare colpi e renderli'...La guerra è stata non solo una limitazione nel lavoro e negli studi ma anche un blocco per i rapporti sentimentali e lavorativi...

Cap.10° - ORO (un racconto dalla prigionia)

◆ ...ricordo altri libri sulla guerra e luoghi visitati in un'uscita scolastica sul Monte Ortigara...capire le paure ed i timori di chi ha vissuto la guerra in prima persona....Mi ha colpito il fatto che l'autore sia riuscito a collegare tanti momenti della propria vita con altrettanti elementi chimici e quindi far capire al lettore che la sua vera passione è la chimica; e proprio la chimica gli ha salvato la vita...

Cap.11° - CERIO (espedienti per sopravvivere nel lager)

◆...un libro che ha suscitato in me grande interesse e stimolo nella lettura...ho trovato singolare come il suo mestiere facesse parte della sua persona...esperienza terribile...nelle sue parole la luce di qualche valore non andato oscurato... solidarietà ed il rispetto fra i prigionieri...la fiducia e la grande amicizia con il suo amico Alberto...luoghi di forte disperazione e fame...cosa avrei fatto io in quel caso...L'unica cosa che salvò Levi fu la Chimica...non solo la possibilità di sopravvivere nel campo e fuori ma anche una passione e determinazione...

◆◆ ...curiosità verso l'unico elemento chimico a me sconosciuto...documentarmi per trovarlo in oggetti che spesso uso...scelta del capitolo anche per la curiosità verso l'astronomia...la mitologia...la biologia, mia grande passione... conoscevo gli aspetti crudeli dei campi...mi ricordano la fortuna che ho, che abbiamo.

◆◆◆ Levi giudica a posteriori le situazioni in cui egli stesso è vissuto, raccontando pacatamente una realtà terribile.

Cap.12° - CROMO (il recupero delle vernici polmonate)

◆... tutto, prima o poi, viene tramandato perdendo però i ragionamenti, gli esperimenti, le ipotesi per i quali si era

## Il sistema periodico di Primo Levi

*giunti a tale risultato. Riferimento al mito di Aracne, a 'l'urlo' di Munch, a Coleridge...insegna a guardare al futuro, conoscendo il passato, e quindi, migliorare.*

◆◆ *...schiettezza e concisione nel descrivere le proprie emozioni...lo scrivere diventa un modo per riscattarsi, ma come uomo di scienza, del metodo scientifico non si ferma solo a ciò ...descrizione lucida... 'misurare' le parole...*

Cap.13° - ZOLFO (una esperienza di lavoro da chimico in un' industria)

Cap.14° - TITANIO (una scena di vita quotidiana) Non sono stati commentati da nessuno

Cap.15° - ARSENICO (una consulenza su un campione di zucchero)

◆ *...scelto perché è un elemento letale...costruzione nel mio cervello di una storia completamente slegata dal testo... ricorda Flaubert...una parola innesca un processo interiore...leggere per me è estraniarmi dal mondo...ricordo di una cara amica che mi ha avvicinato a questa dimensione...*

◆◆ *Finita la lettura...fosse divertente...racconti che presentano omicidi e suicidi...Una lezione di perdono e di comprensione che nel contesto del dopoguerra spiccano come una luce nell'oscurità...un capitolo che insegna divertendo...racconta e fa riflettere a fondo in un secondo momento...*

◆◆◆ *...ritrovo i temi di tutte le opere di Levi...ciò che può salvare l'uomo è la dignità umana.*

Cap.16° - AZOTO (cercando di fabbricare cosmetici raschiando il fondo dei pollai)

◆ *...la sua scrittura non è semplicistica e straboccante di termini scientifici...fusione di conoscenze chimiche e letterario-filosofiche...riferimenti a poeti e filosofi antichi...*

◆◆ *...la presenza di impurezze in una sostanza determina un diverso evolversi di una reazione...perché la vita viva ci vogliono le impurezze...il dissenso, il diverso...*

Cap.17° - STAGNO (un laboratorio chimico domestico)

◆ *E' la voglia di fare, di intraprendere strade più 'belle' anche se più complicate...appena intraprende un lavoro subito ha già in mente altro da fare... Odore acuto dell'acido...Sarà il bisogno di soldi a portare al fallimento il laboratorio...*

Cap.18° - URANIO (una consulenza su un pezzo di metallo dall'origine tribolata)

◆ *...fa ricordare che tutti i giorni... persone che tendono ad adattare i propri racconti di vita vissuta alle situazioni in cui si trovano e alle persone presenti al momento...necessità di inventare fatti accaduti per sentirsi migliore...essere consapevoli e contenti delle proprie scelte...*

Cap.19° - ARGENTO (il racconto di una partita di lastre fotografiche inservibili)

Non è stato commentato da nessuno

Cap.20° - VANADIO (ritrovare un chimico tedesco del campo di concentramento a distanza di anni)

◆ *Mentre leggevo il libro provavo un senso di smarrimento, di incredulità...testimonia i suoi ricordi...per permettere di evitare, conoscendo, gli errori passati...'Levi scientifico': il suo linguaggio oggettivo, concreto...un testimone, una guida...prendere spunto dal suo coraggio...Mi torna in mente mio nonno...racconta della guerra da lui vissuta... Amicizie create tra persone di schieramenti opposti...ricordo 'La vita è bella' di Benigni...*

◆◆ *...come la politica influisce sulla vita delle persone...ricordo 'L'amico ritrovato' di Ulman dove due giovani amici, un ebreo e un tedesco...*

◆◆◆ *...Levi dimostra come, anche a distanza di anni, sia difficile capire o assolvere colui che un tempo era un nemico...*

Cap.21° - CARBONIO (la storia di un atomo di carbonio)

◆ *...singolare pessimismo...nelle sue esemplificazioni, nel linguaggio e nella stessa scrittura...gli esseri viventi sono tutti uguali e tutti destinati ad un unico fato comune (la morte) ma nessun uomo può giocare con la vita degli altri come accadeva nei lager...*

◆◆ *...il libro non mi ha colpito più di tanto come invece... 'Il sergente nella neve' o 'Angeli e Demoni'...ma il capitolo sul 'CARBONIO' mi ha lasciato esterrefatto...qualcuno ha avuto la mia stessa pazzia idea...una giornata mi sono messo a pensare...ricordo Democrito...gli atomi come l'arché (da cui tutto deriva ed a cui tutto ritorna) ...gli scritti di Levi e i suoi pensieri sono scritti e ricordati attraverso atomi che sono giunti inalterati fino a noi...guardo la nostra tecnologia...cosa riusciremo a inventare in futuro, quando avremo appreso in profondità tutti gli usi possibili degli atomi...*

◆◆◆ ...stile differente da quello classico-narrativo...più conciso, a volte complicato, correlato di vocaboli inerenti al linguaggio chimico...punto di unione tra l'ambito puramente scientifico e l'umanistico, a dimostrazione di come scienza e letteratura non siano così distaccate...riflessione su ambiti oggi di attualità come l'eccessivo consumo delle risorse presenti in natura...

◆◆◆...definizione completa del Sistema periodico senza addentrarsi nella chimica vera e propria. ..Visione pessimistica della natura, testimone della supremazia della natura sull'uomo...l'uomo dipendente da questo piccolissimo atomo...

#### - Conclusioni e riflessioni

Dopo due settimane, sempre a gennaio, su una rivista di recente creazione (GREEN<sup>3</sup>), è apparso un articolo in cui veniva riportata la foto di P.Levi, una brevissima biografia ed uno stralcio dal capitolo sul Carbonio (l'ultimo del libro). Sembrava che ci fosse stata una 'regia' nella concatenazione dei tempi. Appena letto è stato mostrato agli studenti dicendo: "«sembra che molte persone in Italia, in questi mesi, abbiano letto e scritto su questo libro...»"

Riflessione sulla 'Motivazione' – Si è pensato che una risposta così soddisfacente (come numero di elaborati consegnati) potesse essere dovuta a più di una motivazione:

- Capire che 'all'idea proposta' partecipavano sia i docenti di Chimica che di Italiano e Storia potrebbe aver prodotto l'idea che la 'fatica' sarebbe servita per più Discipline (motivazione 'opportunistica')
- Fiducia nella proposta (motivazione di 'stima')
- Possibile uso per uno scritto di Italiano all'Esame di Stato (motivazione 'futura').

Conclusioni sulle riflessioni degli studenti – Da quanto da loro scritto è emerso non tanto 'come "vedono" la Chimica' (e questo era il risultato atteso) bensì 'come "vedono" il Mondo': la 'libertà di scelta' del capitolo ha permesso di lasciarsi guidare dalla propria personalità e dall'interesse. Le riflessioni sono state molto varie e profonde; alcune erano così personali da venir lette rispettando la riservatezza. Talvolta hanno permesso di conoscere aspetti del carattere e delle aspirazioni della persona che, in una normale vita scolastica (fra una lezione, una interrogazione ed un esperimento di laboratorio) difficilmente sono rivelate.

Si parla e si scrive spesso sulla riduzione di iscrizioni alle Facoltà Scientifiche Universitarie e, fra le cause, si addita la attività dei docenti delle Superiori. Leggendo le 'riflessioni' di questi studenti si è pensato che, forse, se si fosse attenti anche alle loro idee e si fornissero 'stimoli', anche loro avrebbero occasioni per riflettere sulle proprie aspettative, sul personale 'modo di vedere il Mondo'.

E' stata la prima volta che, come docenti, abbiamo proposto questa attività: il tempo 'sottratto' allo svolgimento del Programma previsto nel Piano di studi è stato nullo. Certamente si è dedicato del tempo a 'parlare' e 'pensare' insieme ai colleghi di Italiano e Storia ( ma utilizzando le occasioni di incontro 'non formali' quali gli Intervalli o i saluti al termine della giornata), a scrivere le 'tracce di lettura' e sono stati letti articoli pubblicati sull'argomento (trovandolo più casualmente che volutamente).

Il lavoro più importante però è stato quello dei ragazzi: ci si è resi conto a gennaio che, se fossero stati assegnati loro una decina di esercizi di Chimica come 'compiti per le vacanze', avrebbero dedicato minor tempo che leggere il libro (tutto o anche solo qualche capitolo), scegliere, pensare, scrivere. Ma ciò che ha meravigliato sono state le loro 'riflessioni': quanta potenzialità c'è in quelle loro menti!

Sicuramente una tale attività non influenzerà una scelta universitaria però ha:

- a) invitato a leggere un libro che 'giaceva' nella biblioteca da tempo
- b) aiutato a riflettere
- c) fornito una occasione per 'vedere la Chimica' da un altro punto di vista
- d) arricchito il loro bagaglio culturale.

Siamo tuttavia consapevoli che solo il primo risultato è certo: gli altri sono nostre 'speranze'.

#### - Applicazioni successive

Il docente di Chimica ha proposto agli studenti, durante un'ora di lezione, di dialogare su quanto da loro scritto per rendere note e condividere le diverse riflessioni scaturite da ciascuno durante la lettura.

I docenti di Italiano e Storia hanno ripreso l'argomento durante i mesi successivi e qualche alunno ha pensato di inserire, nella tesina da presentare agli Esami di Stato, un collegamento con questa attività.

#### **Bibliografia**

1. P.Levi, *Il sistema periodico*, Einaudi
2. E.Mansueti, *Primo Levi*, CnS – La Chimica nella Scuola, 3 (2006) 123-125
3. F.Aricò, *Quanto è bella la chimica*, -GREEN, 2 (2006) 18-21

## Il sistema periodico di Primo Levi

### APPENDICE

Allegato all'articolo:

#### **'Il sistema periodico' di Primo Levi: come una semplice proposta di lettura abbia creato molte riflessioni'**

Si allegano le riflessioni complete che gli studenti hanno scritto. Vengono sottolineate le frasi riportate come stralcio nel paragrafo 'Risultati'.

### Cap 2°- IDROGENO

#### Studente 1

In questo libro Primo Levi parla di 21 elementi chimici che appunto danno i titoli ai racconti.

Il libro è diviso in 21 capitoli, uno per ogni elemento; il secondo capitolo si intitola idrogeno e viene raccontata un'esperienza vissuta da Primo Levi che gli è servita per riflettere su questo elemento.

L'autore frequenta ancora il liceo quando comincia i suoi primi esperimenti nel laboratorio del fratello Enrico. I due amici, affascinati dai materiali che vi trovano, provano inizialmente a fondere, piegare e soffiare il vetro, successivamente a preparare l'ossido di zinco, e infine sperimentano l'elettrolisi dell'acqua. Quest'ultimo riesce e Primo, per convincere l'amico fa esplodere la boccia di idrogeno con un fiammifero.

Ho scelto questo capitolo perché durante la lettura ho pensato ad un argomento trattato a scuola cioè quello delle pile e dell'elettrolisi, che è l'esperimento di cui tratta il capitolo dell'idrogeno.

Inoltre l'idrogeno è l'elemento più abbondante dell'universo che si trova nelle stelle e sulla terra dove la fonte più comune è l'acqua oltre al carbone, ai combustibili fossili e al gas naturale. L'idrogeno è utilizzato, tra le altre cose, come combustibile alternativo. L'idrogeno quindi è sicuramente una risorsa importantissima per il nostro futuro, infatti può essere bruciato in motori a combustione interna utilizzati su alcuni prototipi di auto. L'idrogeno non è però solo una fonte di energia ma piuttosto un mezzo per trasportare e immagazzinare l'energia disponibile, infatti si deve disporre energia per estrarlo dall'acqua tramite elettrolisi.

In questo capitolo viene messa in evidenza la voglia dell'autore di mettersi alla prova in un laboratorio, questo grande interesse, questa voglia di conoscenza che lo spingeranno a diventare un chimico come voleva.

#### Studente 2

Ho trovato 'Il sistema periodico' un libro molto interessante in cui l'autore, Primo Levi, fa una condensata autobiografia. Molte volte durante la lettura mi sono immedesimato nel protagonista ed in particolare nella prima parte del testo. Il capitolo intitolato 'Idrogeno' è stato, per alcune frasi ed immagini usate da Levi, un rispecchio della mia esperienza attuale. All'inizio del capitolo troviamo un ampio spazio dedicato alla descrizione del carattere e dei sogni di Enrico, un compagno di scuola di Levi. In quest'ultimo mi sono rivisto parecchio. Un cosa che mi ha colpito dei due giovani protagonisti di questa parte del libro è la loro voglia di imparare per poi creare da soli e per spingersi al di là di semplici nozioni studiate tra i banchi di scuola. Infatti appena ebbero l'occasione andarono in un laboratorio per fare qualcosa autonomamente, con le proprie mani: inizialmente lavorarono il vetro e da questa esperienza si accorsero delle proprietà di questo materiale e poi fecero e studiarono l'elettrolisi dell'acqua. E' bello il loro approccio con la materia, la voglia di fare per poi capire gli effetti di ciò che si è fatto senza l'aiuto dell'insegnante o del testo scolastico. Mi affascina come Levi vede la chimica: 'una nuvola di potenze future...che avvolgeva il mio avvenire...come Mosé, da quella nuvola, attendevo la mia legge...'

In conclusione l'opera di Levi mi è piaciuta molto in quanto è riuscito a descrivere in un unico libro le più diverse esperienze vissute collegando poi per ognuna di esse il suo amore per la chimica.

#### Studente 3

*"la chimica rappresentava una nuvola indefinita di potenze future, che avvolgeva il mio avvenire in nere volute lacerate da bagliori di fuoco..."<sup>1</sup>*

In questo capitolo del libro si narra di Primo Levi e del suo amico Enrico. Enrico aveva un fratello, il quale possedeva un laboratorio chimico. Enrico con furbizia si impossessò delle chiavi del laboratorio ed insieme all'amico entrarono a sperimentare. Iniziarono con una piccola e curiosa prova con il vetro sopra la fiamma di un bunsen. Ma quell'esperimento non bastava. Primo Levi conosceva l'esperimento di ossidoriduzione e lo dimostrò all'amico incredulo. Gli dimostrò anche che la reazione era avvenuta facendo esplodere l'idrogeno contenuto in uno dei due vasetti.

Questo capitolo mi ha colpito poiché molto descrittivo. Infatti esprime stati d'animo ed emozioni. La gioia dei due ragazzi nel poter entrare nel laboratorio e poter provare quello che in un futuro vorrebbero fosse il loro mestiere. Ma non solo: in loro c'era lo stesso entusiasmo di quando anch'io per la prima volta sono entrato in laboratorio e volevo sperimentare.

Bellissimo è anche lo stupore e l'enigma di come un materiale come il vetro poteva diventare sottile con il calore e tutte le domande sugli altri materiali che non hanno le stesse proprietà.

Cosa particolare di questo capitolo è come io l'abbia potuta collegare al mio presente. Lo studio delle ossido-riduzioni che io ho intrapreso quest'anno a scuola e come loro con semplicità lo hanno sperimentato a sedici anni. L'idrogeno che scoppia e il mistero di quello che il mondo della chimica riserva.

Il poter sperimentare con le proprie mani qualcosa che gli altri hanno scoperto prima di noi dà comunque soddisfazione e crea stupore. E così i due ragazzi infatti si sentono grandi, hanno potuto confermare un'ipotesi, hanno potuto confermare una forza della natura, e poi hanno fatto scoppiettare l'idrogeno, *"lo stesso elemento che brucia nel sole e nelle stelle, e dalla cui consensazione si formano in eterno silenzio gli universi"*.

1. Ho riportato questa frase che Primo Levi scrive perché mi ha colpito molto. In linguaggio poetico lo Scrittore esprime quello che in età giovanile si aspettava e voleva dalla chimica.

#### Studente 4

Il capitolo che mi ha colpito particolarmente è quello che riguarda l'idrogeno, in cui Primo frequenta ancora il liceo e con Enrico, approfittando dell'assenza del fratello, entrano nel suo laboratorio e, affascinati dal materiale che vi trovano, cominciano i loro primi esperimenti, provando a fondere e soffiare il vetro, a preparare l'ossido di azoto e infine cimentandosi con l'elettrolisi dell'acqua. Questo esperimento riesce particolarmente e Primo, per aumentare i dubbi dell'incredulo Enrico, fa esplodere la boccia di idrogeno con un fiammifero.

L'interesse dei due ragazzi a voler imparare cose nuove, poter sperimentare con le proprie mani ciò che si è imparato a scuola o come dice Levi *'vedere coi nostri occhi almeno uno dei tanti fenomeni che si trovano descritti con tanta disinvoltura nel nostro testo di chimica'* è di altri tempi, fa riflettere sui nostri interessi quotidiani, sulle nostre giornate frenetiche, in cui non diamo molto peso alle nozioni ricevute, che rimangono spesso in pura teoria.

Credo sia bello e divertente mettere in pratica e sperimentare autonomamente quello che si è imparato; inoltre fa sorridere il fatto che i due adolescenti devano trasgredire gli ordini del fratello di Enrico per poter accedere a un laboratorio di chimica, quando potrebbero passare i pomeriggi spensierati, come i loro coetanei.

Un altro punto interessante riguarda le diverse aspettative sulla chimica, vista da Enrico come uno strumento per un guadagno e una vita sicura, mentre da Primo come *"una nuvola indefinita di potenza futura, che avvolge il mio avvenire in nere volute, lacerate da bagliori di fuoco"*.

Come scopriremo in seguito alla chimica Levi deve molto, infatti è grazie ad essa che si è salvato dalla strage degli ebrei durante la seconda guerra mondiale, lavorando come chimico al campo di concentramento di Auschwitz.

#### Cap 3°- ZINCO

##### Studente 5

Ho scelto questo capitolo perché è quello che mi ha coinvolto di più. Sono diversi gli aspetti di questa parte che mi hanno colpito.

Innanzitutto il linguaggio dell'autore. Mi sembra più facile e più comprensibile rispetto agli altri capitoli.

Poi la storia che viene raccontata. E' molto vicina a quella che è la mia realtà scolastica: il laboratorio di chimica e gli esperimenti e l'incognita del risultato. Non si sa mai se l'esperienza è riuscita o no.

Trovo simpatica la descrizione del professore P. e del suo assistente. Il professore viene descritto proprio come la classica figura dell'insegnante maligno, che non manca in nessuna scuola.

Un altro fatto per cui ho scelto questo capitolo è che viene raccontata anche una sorta di storia d'amore. L'autore è attratto da questa ragazza di nome Rita ma non sa come attirare la sua attenzione. Mi diverte l'immagine di lui che utilizza l'esperimento di chimica per 'abbordare' la ragazza, e il pensiero che fa quando vede che Rita non gli dà corda (dice di sentirsi condannato ad una perpetua solitudine mascolina).

L'aspetto che più mi ha fatto riflettere di questo capitolo è il discorso che Levi fa sulle 'impurità'. Penso che in questa parte sia evidente come la situazione politica di quel tempo abbia potuto influenzare la vita di uno studente, per lo più ebreo. L'autore si sente come l'impurezza che permette alla reazione di avvenire, lui è l'ebreo contro cui la propaganda fascista si scaglia. Lui si sente un diverso. Ma non è avaro e astuto, come i fascisti descrivevano la sua razza. Io penso che sia inevitabile che la situazione politica influenzi la vita scolastica.

Ogni persona aderisce alla corrente di pensiero che più condivide e, per quanto non ne faccia una propaganda, nel suo modo d'agire o in qualche frase, magari detta ironicamente, lascia intendere da quale parte sta.

Nella situazione che c'era allora la vita, non solo scolastica, di un ragazzo ebreo era segnata. Lo sterminio è stato effettuato da Hitler e dalle sue squadre ma il marchio di diverso che era stato attribuito al popolo ebreo era un'idea diventata comune.

##### Studente 6

Ognuno di noi è tenuto a scegliere un obiettivo per quando sarà grande, e tale scelta preclude quasi sempre tutte le opzioni. Quando scegliamo una scuola dopo le Medie prendiamo in considerazione un ambito scientifico piuttosto che umanistico, e in questo modo la maggior parte delle persone limita così le proprie conoscenze e i propri approfondimenti. Capita a volte però anche di avere l'occasione di leggere gli scritti di grandi personaggi che sono entrati nella storia, e ci si rende conto che le loro conoscenze e le loro riflessioni spaziano indiscriminatamente seguendo il flusso del pensiero dagli argomenti umanistici a quelli scientifici.

Nel capitolo dello zinco la narrazione di Levi prende avvio dall'esperienza scolastica, la pura applicazione delle leggi scientifiche, che per definizione si presenta come un'attività oggettiva e piatta. Tuttavia il laboratorio di Preparazioni per l'autore rappresenta ben altro. La sua natura riflessiva lo porta a collegare esperienze ed elementi della natura con aspetti della vita umana. Questo è evidente già dal primo capitolo del libro, nel quale la non reattività di alcuni elementi è paragonata alla passività degli antenati di Levi. Allo stesso modo il suo punto di vista nei confronti della realtà è particolare, trasmette sensazioni diverse da ciò a cui siamo abituati di solito. Le persone vengono osservate e studiate, ne viene delineato un quadro psicologico estrapolato da semplici particolari, come in un'analisi scientifica dalla quale però si cerca di cogliere una cognizione superiore alla realtà dei fatti.

Levi è in grado di riflettere, semplicemente occupandosi della purezza di un metallo, sull'attuale situazione sociale in cui si trova, la crescente intolleranza rispetto a chi è diverso, a chi è considerato inferiore. Proprio come lo zinco puro non è in grado di reagire, così anche gli uomini senza nessuna differenza non possono evolvere e migliorarsi.

Questi arricchimenti personali non sono comuni nella nostra vita quotidiana, eppure non sono poi così difficili da cogliere: a volte basta semplicemente guardare le cose con un'ottica più aperta, per capire aspetti che possono aiutarci e permettere di aiutare gli altri. Prendere in considerazione tutti gli aspetti della vita, senza discriminare tra scienza o letteratura, permette di rendere le cose più umane, di farcele sentire più vicine e di considerarci abitanti di questo mondo ai cui segreti possiamo, se vogliamo, avere accesso.

## Il sistema periodico di Primo Levi

### Cap 4°- FERRO

#### Studente 7

Fuori dalle mura dell'Istituto Chimico era notte, la notte dell'Europa: 'Chamberlain era ritornato giocato da Monaco, Hitler era entrato a Praga senza sparare un colpo, Franco aveva piegato Barcellona e sedeva a Madrid. L'Italia fascista, pirata minore, aveva occupato l'Albania...'. Questa è l'Europa prossima alla II Guerra Mondiale, un'Europa messa a ferro e fuoco dalle dittature fascista e nazista, sotto gli sguardi assenti di tutto il Mondo, una visione annebbiata, soprattutto in Italia, dalla censura fascista.

Levi cerca di far luce su un'Italia esistita e non frutto di leggende o favole, su un popolo italiano apparentemente cieco o affetto da una cecità voluta, su un amico che, come lui, è isolato: Sandro.

Perché, pur avendo esperienze di storia passata, fioriscono in modo continuativo simili crude atrocità? Perché non si fa niente per fermarle? Forse un perché esiste: la paura; sì, la paura di mettere in luce le proprie idee, la paura di andare controcorrente, la paura di essere o rimanere soli. La paura del più forte, la paura infinita.

Ciò che accadeva in quei tempi avviene tuttora, anche se, per fortuna, in modo minore. Se in quel periodo, ad essere 'sotto tiro' erano gli ebrei, ora lo sono gli extracomunitari. Che parolone, che sorpresa...non credo, tutti noi vediamo, sentiamo, parliamo, sappiamo, ma siamo immobili di fronte a questi soprusi, a queste cattiverie: noi tutti abbiamo paura! Il più delle volte, è vero, gli extracomunitari vengono abbinati alla criminalità, all'inaffidabilità, insomma a tutte quelle cose contrarie alle buone; si pensi che dall'inizio del nuovo secolo, con l'aumento degli extracomunitari, la criminalità è aumentata del 20%! Quasi tutti, se non tutti, gli extracomunitari, sono marchiati per crimini commessi da pochi, anche se vengono nel nostro paese alla ricerca di una vita migliore, di un lavoro che ormai da noi nessuno più vuole fare. Più volte ci penso, più mi stupisco del come accada e del come possa essere avvenuto, e l'ironia riscontrata, e il come sia stato possibile il comportamento preso da vicini, conoscenti, amici, nei confronti dei malcapitati ebrei, portati via dalla 'fiumana', non del progresso come in Verga, ma dalla stupidità e dall'ignoranza. E' lo stesso comportamento che noi abbiamo riguardo a quelle persone che per religione o colore consideriamo diverse da noi. Tutte le giornate festive in ricordo di quanto è avvenuto, o tutti quei discorsi di pace, a mio parere sono 'pure', come l'Argon, ma inutili: perché invece di perder tempo in colloqui, quei secondi, quei minuti, quelle ore, quelle giornate, potrebbero essere utilizzati per estirpare l'ignoranza e la cattiveria di questo tempo. Basterebbe forse solo ricordare i tristi episodi della storia recente per evitare di commettere gli stessi errori.

#### Studente 8

In un contesto apparentemente neutro come quello di una lezione di chimica, l'analisi qualitativa di una sostanza dà all'autore la possibilità di esprimere liberamente una risposta. Tutto ciò induce a riflettere sulla poca importanza che generalmente si attribuisce alla democrazia che garantisce a tutti la possibilità di esprimere liberamente le proprie opinioni senza temere ritorsioni, cosa che non era possibile da quando Mussolini aveva emanato le leggi razziali e gli ebrei furono perseguitati.

'Alle due del pomeriggio il professor D., dall'aria ascetica e distratta, consegnava ad ognuno di noi un grammo esatto di una certa polverina: entro il giorno successivo bisognava completare l'analisi qualitativa, e cioè riferire quali metalli e non-metalli erano contenuti. Riferire per iscritto, sotto forma di verbale, di sì e di no, perché non erano ammessi i dubbi né le esitazioni: era ogni volta una scelta, un deliberare, un'impresa matura e responsabile, a cui il fascismo non ci aveva preparati, e che emanava un buon odore asciutto e pulito'.

Questo è un libro attaverso cui Levi cerca di esprimere alcune idee, problemi e ingiustizie che ha vissuto in prima persona nel periodo di reclusione nei campi di concentramento. E' piuttosto difficile da comprendere perché necessita di una lettura attenta e accurata che tenga conto del periodo storico in cui è vissuto Levi.

#### Studente 9

In questo capitolo viene raccontato il rapporto di amicizia che lega Primo Levi ad uno studente dello stesso corso, il piemontese Sandro Delmastro. E' curioso come Levi presenti quello che poi sarà il 'protagonista' del capitolo. L'inizio del racconto può però trarre in inganno, poiché viene presentata la situazione europea all'inizio del 1939, con Hitler che invade la Polonia, Franco che sottomette la Spagna a l'Italia che per non essere da meno conquista l'Albania. Come dice giustamente anche l'autore, tutto ciò è premonizione dell'immediata catastrofe.

Tuttavia l'autore discosta subito e torna al racconto delle sue esperienze di laboratorio di analisi qualitativa. Dopo aver velocemente descritto come il professore ogni pomeriggio alle due consegnava agli studenti pochi grammi di polvere che doveva venire analizzata per dire quali metalli e non-metalli erano presenti, Levi in questo contesto presenta la figura di Sandro in modo alquanto insolito e simpatico: '...nel silenzio affaccendato, si udì una voce piemontese che diceva 'Nuntio vobis gaudium magnum. Habemus ferru'....Chi aveva pronunciato il sacrilegio era Sandro, il taciturno'.

Nello stesso periodo (Marzo '39), come spiega l'autore, erano state proclamate le leggi razziali e, anche se ancora in maniera 'leggera', compagni ed insegnanti lo stavano già estraniando. L'unico con il quale Levi strinse una solida amicizia fu Sandro, che pure non era ebreo, ma che non si faceva tanti scrupoli, era un ragazzo semplice, amante della montagna. La storia di Sandro ed i motivi che lo spinsero ad iscriversi alla facoltà di Chimica erano molto diversi e meno profondi di quelli di Levi. Fu così che nacque una cooperazione tra i due: Levi lo aiutava ad espandere la sua cultura cercando di avvicinarlo alla sua visione della Chimica, mentre per contraccambiare l'aiuto, Sandro lo avvicina alla sua passione, la scalata. Alla fine lo scrittore spiega come queste esperienze gli siano servite molto negli anni seguenti quando fu rinchiuso nel campo di concentramento, mentre non servirono a Sandro, catturato e fucilato dai fascisti nell'Aprile del '44.

Sono molti i temi e le riflessioni che potrebbero nascere da questa breve lettura. Prima di tutto il tema dell'amicizia, che è al centro della narrazione, ma volendo anche il tema base di molti altri romanzi di Levi, ovvero il razzismo e la storia dello sterminio degli ebrei. Siamo ancora all'inizio del racconto, però in molti punti l'autore interviene, facendo capire al lettore come stavano le cose sia dal punto di vista politico europeo, sia dal punto di vista sociale.

E' un racconto molto attuale per i temi trattati, che fa riflettere. Lo scrittore è stato in grado, a mio avviso, di far entrare il lettore nella storia: sia quella del racconto che quella reale. Per una persona abituata a conoscere la seconda guerra mondiale in un'ottica prettamente politica data dai libri di storia, questo libro offre un'altra ottica, molto più profonda, legata alle persone che hanno realmente vissuto questa esperienza.

#### Studente 10

Questo libro è stato scritto da Levi dopo 30 anni dal ritorno da Auschwitz quando, dopo aver raccontato l'accaduto di quegli anni nei suoi primi libri, decide di raccontare qualcosa della sua vita, e di quando aveva esercitato il suo mestiere, quello del chimico. Dei 21 capitoli uno dei più interessanti è quello del Ferro. Questo capitolo fa riflettere su molte cose, sul perché delle guerre, sul perché delle discriminazioni e degli stermini, sul terrorismo presente oggi nel mondo. Il capitolo afferma appunto l'esclusione degli ebrei e quindi di Primi dalla società europea; ebrei che sono stati discriminati, perseguitati, sterminati nei campi di concentramento. Coloro che si sono salvati sono andati alla ricerca del proprio stato: Israele. Ciò ha causato le continue lotte con la Palestina. Tuttavia nulla è stato fatto dall'inizio della guerra santa per risolvere i problemi locali causa di instabilità internazionale. Israele ha diritto di esistere; la Palestina di ritornare nella terra strappata con forza. Ai politici spetta l'arduo compito di trovare una soluzione in una difficile convivenza, principio di un equilibrio internazionale, unica alternativa ad una storia di guerra, sangue e morti. Solo allora sarà possibile la formazione di una coalizione mondiale che si faccia realmente carico della risoluzione del conflitto tra Israele e Palestina e soprattutto di ogni forma di terrorismo presente in ogni Stato di qualsiasi religione. Si sa però che annientare il male non è mai indolore, inevitabile sarà dunque l'uso della forza.

#### Studente 11

Nel libro 'Il sistema periodico' 21 elementi della tavola periodica offrono a Primo Levi, scrittore e chimico, lo spunto per narrare eventi e incontri memorabili della sua vita sullo sfondo degli anni della Seconda Guerra Mondiale. Egli scopre le affinità che legano alcuni elementi chimici a delle persone da lui conosciute ripercorrendo vicende che segnarono la sua vita.

Nel racconto 'Ferro' è narrata una di queste storie e disegnato il ritratto di un'amicizia: lo scrittore conosce, all'università, Sandro Delmastro, solida figura taciturna e isolata, bizzarra, estrosa e concreta. Sandro è figlio di un muratore, d'estate fa il pastore. I suoi nonni furono calderai e fabbri, ed è dunque presente nel suo destino il ferro, come è presente nella sua indole risoluta, nella sicurezza delle sue decisioni. Primo, che si sente 'diverso' dai compagni perché è ebreo, e il ragazzo che si sente 'diverso' perché di famiglia povera, diventano amici. Insieme fanno gite in montagna, dove Sandro è felice e si sente libero. Insieme i due assaggiano 'la carne dell'orso' cioè esperimentano fatiche e disagi, il tutto per arrivare a conoscere i propri limiti, misurarsi e migliorarsi per un avvenire di ferro.

Sandro morirà e Primo lo ricorda con affetto mantenendo la memoria del tempo passato insieme.

In questo passo viene raccontata una bella storia d'amicizia, la quale nasce tra 'diversi'. Dopo l'emanazione delle leggi razziali che proclamavano l'elogio della purezza, Primo Levi si sente un diverso, un emarginato, essendo di origine ebraica. Un emarginato cerca, intorno a sé, quelli che si sentono immersi come lui, in una zona d'ombra; da qui la sua amicizia con Sandro che si sente 'diverso' perché di famiglia povera.

Una amicizia creatasi per una medesima condizione di vita, una situazione che si può riscontrare anche ai giorni d'oggi; gruppi che si formano perché accomunati da qualcosa, per esempio gli extracomunitari che si sentono diversi rispetto a noi, oppure la stessa condizione economica, il modo di pensare e di atteggiarsi creano delle unioni fra individui della stessa 'specie'.

Nel capitolo viene data anche una bella lezione di amicizia: i due ragazzi che si consigliano a vicenda e l'affetto con cui Primo ricorda l'amico ed i momenti trascorsi insieme.

Ed è proprio per questo che è bello vivere le amicizie, perché ti lasciano qualcosa dentro che difficilmente si può scordare, segnano una parte della nostra vita.

Si può inoltre notare come la guerra abbia influenzato il corso dei fatti: Primo, ritenuto un diverso perché il regime fascista discriminava gli ebrei, e Sandro ucciso proprio durante la guerra.

Ma le conseguenze della guerra non si fermano soltanto a due individui ma si estendono ad interi Stati al tempo della Seconda Guerra Mondiale come ad oggi. E' cambiato solamente il modo di fare guerra, ma le conseguenze non sono mai positive per chi è sottomesso.

In questo libro si può notare lo stile linguistico di uno scrittore che è anche scienziato: il romanzo è un insieme di racconti in ordine cronologico che seguono la memoria dell'autore; la struttura è quindi a intreccio. La sintassi è caratterizzata da un lessico semplice e un registro medio; compaiono termini propri della Chimica, termini in lingua ebraica, latina, tedesca.

#### Studente 12

Libro unico nel suo genere, tra chimica e storie di vita, in cui viene descritto il particolare rapporto tra alcuni elementi della tavola periodica e le vicende di vita vissuta dell'autore '*ogni elemento dica qualcosa a qualcuno, come le valli o le spiagge visitate in giovinezza*' (capitolo Carbonio). Primo Levi, come in una sorta di flash-back, parla in ogni capitolo di una storia a sé stante, legata ad un certo elemento, in un'esposizione lineare nel tempo, nello sfondo della sua storia autobiografica.

Primo Levi, quindi come uomo, chimico e scrittore che ha voluto, tramite questo libro, parlare della 'storia di un mestiere e delle sue sconfitte, vittorie e miserie (capitolo del Carbonio) 'che è poi un caso particolare, una versione più strenua del mestiere di vivere', infatti, spesso da osservazioni proprie della disciplina ne derivano poi riflessioni di carattere generale sull'esistenza, sulla società e nell'accorgersi anche di molti paralleli e analogie con l'esperienza del nazismo e dei lager, legate alle terribili vicende dell'autore. Infatti anche semplici azioni tipiche dell'ambiente della chimica portano a consapevolezza profonde, come avviene nel capitolo dell'azoto.

In tale capitolo, dalla constatazione che la presenza di impurezze nella sostanza determina un diverso evolversi di una reazione, arriva ad affermare come la presenza di un 'altro', in altri ambiti, comportamenti dei cambiamenti: è il principio della vita stessa 'perché la ruota

## Il sistema periodico di Primo Levi

giri, perché la vita viva ci vogliono le impurezze... il dissenso, il diverso, anche nel terreno affinché sia fertile'. Invece a quell'epoca si tentava di stroncare ogni opposizione e diversità. Infatti 'il fascismo non li vuole (il dissenso e la diversità), li vieta... vuole tutti uguali e tu non sei uguale'. Si riallaccia così anche al discorso della razza 'pura'. L'ebreo Levi sperimenta egli stesso le complicazioni derivanti dall'appartenere a quella religione, da un iniziale isolamento dagli altri, con sentimenti di diffidenza, alle difficoltà di studiare (ad esempio nella stessa laurea viene precisato il suo essere ebreo) e di poter lavorare (successivamente sarà ingaggiato in un impiego a patto che celi la propria identità), per giungere infine all'esperienza del campo di concentramento.

Nel capitolo seguente, quello del ferro, vengono affermati con parole semplici, ma estremamente efficaci ed intense, altri principi importanti come la libertà, soprattutto di pensiero: infatti un'analisi chimica richiede risposte chiare, ma permette una piena libertà di scelta dei percorsi per giungere alle risposte.

'Riflettere per iscritto, sotto forma di verbale, di sì e di no', perché non erano ammessi i dubbi né le esitazioni: era ogni volta una scelta, un deliberare, un'impresa matura e responsabile, a cui il fascismo non ci aveva preparati'. Si scopre così l'importanza della libertà solo quando viene ridotta e tolta e ciò è accaduto soprattutto in quell'epoca in cui la dittatura cercava di eliminare idee diverse dalla ideologia fascista, nel tentativo di imporre nuove verità, che una mente abituata a ragionare, a dimostrare ciò che si vuole sostenere, non poteva accettare passivamente. 'non sentiva il puzzo delle verità fasciste che ammorbava il cielo, non percepiva come un'ignominia che ad un uomo pensante venisse richiesto di credere senza pensare?... ribrezzo per tutti gli imperativi non dimostrati?'. Oltre che per la capacità di esprimere grandi concetti con esempi di realtà, l'autore stupisce anche per la sua schiettezza e concisione nel descrivere le proprie emozioni. Infatti, dopo il lager, si sentiva (capitolo del Cromo) 'più vicino ai morti che ai vivi', ma soprattutto 'colpevole di essere uomo, perché gli uomini avevano edificato Auschwitz, ed Auschwitz aveva ingoiato milioni di esseri umani': il lager l'ha distrutto non solo fisicamente, ma soprattutto come essere umano, portandolo a provare disprezzo per se stesso, perché appartenente allo stesso genere che ha dato vita a quella realtà.

Un uomo comunque non si arrende e cerca di affrontare e risolvere le cose, come del resto aveva fatto nel suo lavoro e Levi così inizia a scrivere: 'mi pareva che mi sarei purificato con lo scrivere, sarei ridiventato uomo', quindi lo scrivere diventa un modo per riscattarsi, ma come uomo di scienza, del metodo scientifico, non si ferma solo a ciò e il racconto prende la forma di una descrizione lucida, diventa sia una liberazione sia un piacere per lo scegliere, 'misurare' le parole e questa sua ripresa inizia con un semplice fatto: l'esperienza di scoprire perché la vernice si era rovinata, un fatto semplice, di realtà quotidiana, che riaccende nella sua mente la facoltà del ragionamento e gli permette di ritornare alla vita.

### Cap 5°- POTASSIO

#### Studente 13

Ci troviamo agli inizi della 2° guerra mondiale quando il destino degli ebrei ormai era segnato. L'unica via di scampo era dedicare la propria giovinezza ad un qualcosa di gratificante come fece appunto Levi. Lui, insieme ad altri, si radunava nella scuola ebraica detta Scuola della Legge anche se pian piano ogni sua certezza comincia a svanire. Le sue radici erano la Chimica e Dio, due concetti che ormai si stavano sradicando in lui. Decise quindi di dedicarsi alla Fisica, come prevedeva il suo corso di studi. Divenne 'il discepolo' dell'assistente occupandosi della purificazione del benzene: alla fine della sua distillazione con potassio, a causa del contatto con l'aria, il tutto prese fuoco.

Ciò insegnò all'autore varie lezioni di vita. Innanzitutto, quando si tratta di esperimenti scientifici, non bisogna mai fidarsi del 'circa', del 'quasi uguale' come fece lui con il sodio e il potassio. Anche piccole differenze possono portare a conseguenze diverse. Ciò lo ha maturato, da un 'piccolo' errore.

'Sbagliando si impara', di solito è così ma non sempre. Questa eccezione riguarda la storia. Una storia che dai suoi errori ha imparato e sta imparando veramente poco. L'ambientazione in cui si ritrova l'autore è quella della 2° guerra mondiale. Non sono quindi bastate le sofferenze, le perdite umane ed economiche di vari Paesi per comprendere che i conflitti non portano a niente di buono, tutt'altro. Come emerge in questo libro, la rassegnazione dei civili è molto forte. L'idea di resistere al fascismo non era consolidata nei cuori delle persone. Tutti restavano a guardare gli eventi che gli scorrevano sotto gli occhi come lampi nel cielo sereno ma nessuno aveva né la forza né il coraggio di replicare, sfociando nella perdita delle certezze di ognuno.

Un altro punto di questo capitolo su cui riflettere è che anche coloro che conoscono a perfezione la teoria, nella pratica possono errare. Levi infatti conosceva la natura incendiaria del potassio tanto che preleva quello presente dal pallone di distillazione ma non si preoccupò di controllare se ne erano rimaste delle tracce. Negligenza, ecco il termine: la consapevolezza della regola c'era, come

### Cap 6°- NICHEL

#### Studente 14

Nel capitolo dedicato al 'Nichel', l'autore si concentra molto sui dettagli e analizza, con particolare attenzione, tutti gli aspetti che collegano l'elemento alle vicende della sua vita.

In particolare, la vicenda avviene nel 1941, in piena 2° guerra mondiale: all'inizio l'autore si trova a Torino, a casa dei suoi genitori, con il padre malato. E' disoccupato da quattro mesi nonostante la laurea in chimica ottenuta con il massimo dei voti, fino a quando a novembre non giunge a casa sua una persona, che si fa chiamare 'il Tenente' che gli propone un lavoro: si tratta di andare in una miniera da cui si estrae amianto, a cercare di trovare un metodo efficace per ricavarne la massima quantità di nichel presente tra la roccia scartata nella miniera, poiché il prezzo elevato di quel metallo poteva far ricavare un alto profitto. Levi accetta la proposta, spinto dal bisogno di soldi per curare il padre e dalla sua volontà di metter in pratica gli studi fatti. Una volta giunto al piccolo paese, incontra prima la sua giovane assistente e poi alcuni abitanti del villaggio; essendo un piccolo paesino, ognuno è a conoscenza dei fatti degli altri e questo fa sì che a Levi siano raccontate un gran numero di vicende accadute tra quelle terre, come dei furti di tacchini da parte del sig. Pistamiglio e del suo cane-lupo, oppure dell'alluvione causata dal deposito di amianto sul fondo della cava, oppure della sig.ra Bortolasso che, rifiutata dall'uomo che amava, aveva preferito sposare lo scemo del villaggio, scegliendo però di non avere rapporti sessuali con lui.

I tentativi del protagonista di estrarre il nichel in quantità considerevoli si rivelavano sempre fallimentari perché la quantità di metal-

lo utile è sempre ridottissima. Un giorno egli ha l'illuminazione di provare un nuovo metodo di separazione magnetica del nichel: i risultati sono più che confortanti, è al colmo della felicità ma, ironia della sorte, proprio in quei giorni viene scoperto in Albania un grande giacimento di nichel, per cui non è più necessario estrarlo dalle rocce di quel luogo; inoltre il processo non era applicabile in campo industriale poiché non esistevano selettori magnetici capaci di separare il materiale in forma di polvere fine.

La lettura del capitolo, nonostante la presenza di termini tecnici, è resa dall'autore molto scorrevole e piacevole, questo a dimostrazione del fatto che interessi umanistici e scientifici possono essere perfettamente conciliabili, al contrario di quello che molti tenderebbero a pensare: lo scienziato Levi riesce ad attirare il lettore e a farlo rimanere 'incollato' al libro, grazie all'ironia, poiché egli introduce nella storia dei fatti che nella realtà sono inverosimili, ma suscitano ilarità nel lettore.

Un altro fattore che influenza la vicenda è senza dubbio la guerra: essendo lui ebreo, nel periodo della 2° guerra mondiale, a causa del nazismo e del fascismo era escluso da qualsiasi tipo di attività. Tuttavia egli è fortunato perché riceve lo stesso un'offerta di lavoro da parte del Tenente, il quale, anche se non lo dichiara esplicitamente, è personalmente contrario alle discriminazioni razziste e rimane legato al partito fascista per necessità. Questo lavoro offre a Levi una possibilità di riscatto, tanto che egli spera che il nichel che egli riuscirà ad estrarre venga usato per perforare le corazze dei nazi-fascisti. Il suo desiderio si realizza perché alla fine le due dittature vengono definitivamente sconfitte, anche se tutto il suo lavoro si rivela inutile poiché il nichel usato per sconfiggere le truppe nemiche non è quello che lui ha estratto, ma quello trovato nei giacimenti albanesi.

## Cap 7°- PIOMBO

### Studente 15

Leggendo il libro 'Il sistema periodico' di Primo Levi la prima domanda che mi sono posto è stata: come mai l'autore avesse voluto scrivere una autobiografia utilizzando un titolo così divergente dalla trama; alla fine della lettura sono riuscito a darmi una risposta da solo e a dare al libro un giudizio positivo nonostante non rientri tra i miei generi letterari preferiti. Alla luce di queste mie considerazioni espongo il mio personale giudizio. Inizialmente ero scettico e l'idea di Primo Levi di dividere i capitoli di questa autobiografia utilizzando 21 elementi chimici (es. oro, piombo, uranio, mercurio, ecc.) non la dividevo, ma devo ammettere che, dopo aver letto il libro, la scelta dell'autore è stata geniale! Il libro trasmette i sentimenti vissuti dall'autore con una semplicità sorprendente; sono rimasto sbalordito da tale lettura (ricordando che inizialmente ero tutt'altro che ben disposto alla lettura di un libro di 'Chimica'), grazie alla passione dello scrittore sono riuscito (o almeno ne ho avuto l'illusione) a poter condividere paure, incertezze, sogni e fantasie dell'autore e ciò che ha contribuito a farmi riflettere sulla mia errata presunzione nel 'giudicare un libro dalla copertina'. Nel contesto generale ho apprezzato il libro, che ha saputo ben descrivere la situazione italiana (e tedesca) negli anni prima, dopo e durante la II° guerra mondiale, illuminandomi sulla società 'ariana' ed ebraica dell'epoca.

Il capitolo che mi ha colpito di più è stato quello sul piombo (senza mettere in secondo piano quello del Carbonio che considero straordinariamente vero): questo capitolo esprime idee e sentimenti in cui mi riconosco e cioè il desiderio relativo ad una scelta di un lavoro appagante indipendentemente dall'aspetto economico atto a creare un benessere interiore. Il capitolo descrive una storia immaginaria (creata da Primo Levi durante gli anni del lavoro nella cava) di un estrattore e lavoratore di piombo che si avventura in terre straniere alla ricerca di un luogo in cui vivere (il tempo del racconto è sconosciuto ma si può intuire dalla descrizione del racconto che si svolge in epoche antiche). Questa storia (secondo me) rivela il sogno dell'autore di vivere una vita pacifica, senza conflitti ma movimentata, essere un avventuriero in cerca di fortuna e di gioia, di essere libero nell'essere diverso; una fantasia che, secondo me, ognuno di noi (o ogni essere pensato) ha (almeno una volta) immaginato di vivere.

## Cap 8°- MERCURIO

### Studente 16

In questo racconto si narra la vita su 'Desolazione', un'isola non molto distante da Sant'Elena, dove un caporale inglese, sua moglie e alcuni soldati sorvegliavano la detenzione di Napoleone durante l'ultimo periodo della sua vita. Quando muore accadono una serie di avvenimenti che portano alla scoperta di un giacimento di mercurio sull'isola. Ciò innesca un nuovo commercio con le altre terre e persino una nuova vita.

Durante la lettura ho trovato difficile pensare un riferimento col mercurio, in una storia verosimile. Infatti grazie all'eruzione dello Snowdon, il vulcano dell'isola, la conformazione della Holywell, la grotta in cui la moglie del caporale si ritirava, cambia e permette l'affioramento del giacimento. Omesso è il riferimento alle conoscenze alchemiche del tempo, di cui l'olandese Hendrik è portavoce. Egli parla di progetti scientifici (la distillazione del mercurio) e mistici (la creazione del diavolo a due dossi).

Un po' ridicolizzati sono i naufraghi italiani, Gaetano e Andrea, i quali vengono descritti solo quando pregavano per la paura. Brevi cenni vengono fatti per il vecchio William, naufrago insieme a Hendrix.

Le riflessioni finali sul libro riguardano principalmente l'ambito alchemico. Infatti grazie ad esso gli isolani possono guadagnare di più e permettersi quattro mogli. L'estrazione di altri metalli dal mercurio è una fantasia, come la trasformazione della sabbia in oro. Tuttavia questa rudimentale faccenda di chimica inorganica ha permesso una migliore condizione di vita agli abitanti dell'isola.

## Cap 9°- FOSFORO

### Studente 17

Ho scelto questo capitolo perché l'autore in queste pagine lavora come ricercatore farmaceutico, inoltre ha rapporti con persone che veramente gli interessano, in questo caso Giulia.

La mia sensazione è che in questo capitolo assuma quasi una posizione secondaria rispetto ad altri il fatto che Primo sia un soggetto emarginato a causa della sua religione: questo deve far riflettere poiché ciò che era accaduto a Levi nella sua vita o in generale agli ebrei in quegli anni ancora oggi succede per molti altri, alcuni datori di lavoro rinunciano a persone eccelle e utili solo per un fatto di 'pelle' o 'religione'.

Altro tema di enorme importanza in questo capitolo è il fatto che Primo viva e descriva una delle più comuni storie ed esperienze della vita umana, il mancato amore. Egli infatti si accorge dei suoi sentimenti per Giulia solo dopo averla aiutata a riconciliarsi con il ragazzo.

## Il sistema periodico di Primo Levi

Ciò che veramente mi ha colpito è come nel suo libro il protagonista riesca a coniugare esperienze di vita comuni con fatti che in quegli anni solo ebrei potevano raccontare.

E' interessante come Levi riesca inoltre a far coesistere il linguaggio specifico del lavoro, ovvero quello scientifico, e quello umanistico, usato e adatto per descrivere gran parte delle sue opere o che ha la sua più elevata manifestazione in parti come i dialoghi con Giulia, ad esempio in questo capitolo.

### Studente 18

Alla Chimica Primo Levi deve molto: ed esprime il suo amore per essa parlando della distillazione: 'mestiere lento, filosofico e silenzioso...un rito ormai consacrato da secoli, quasi un atto religioso, in cui da una materia ottieni l'essenza...'. Per Levi essere chimico significava essere 'cacciatori'. Si può 'sbagliare e correggerci, per incassare colpi e renderli'. Nel nono capitolo, 'Fosforo', espone la sua esperienza in un laboratorio chimico milanese di una fabbrica che produceva estratti ormonali. Appena entrato in contatto con la 'precisione svizzera' del lavoro all'interno della fabbrica, si rende conto che le regole dello stabilimento erano 'al limite della mania di persecuzione'. L'incontro con Giulia, una sua vecchia compagna di università, e sua collega in laboratorio, lo solleva, e capisce la reale situazione lavorativa.

Per Primo Levi la 2° guerra mondiale non è stata solo una limitazione nel lavoro e negli studi ('Magari senza laurea, poiché Hitler e Mussolini me lo proibivano') ma anche un blocco per i rapporti sentimentali e lavorativi. Il mondo, sotto l'impulso del nazismo era cambiato, e la vita di Levi con esso.

L'ordine maniacale della fabbrica ricorda molto l'impostazione militare e Primo Levi, in questo caso, era un semplice soldato, guidato da una persona senza alcuna reale conoscenza della materia. Per questo motivo definisce la Corte nazista un 'ambiente impregnato di magia nera', dove solo pochi possono avere il diritto di esporre le proprie opinioni, giuste o sbagliate che fossero.

### Cap 10°- ORO

#### Studente 19

Il capitolo che mi ha colpito di più è stato quello dell'oro. Questo mi ha colpito più degli altri per il suo tema: racconta di quando Primo Levi era stato prigioniero dei fascisti. Ho letto altri libri su questo tema perché vorrei cercare di capire le emozioni e le paure dei prigionieri e, in generale, di chi ha vissuto la guerra.

Ho letto libri di Mario Righi Stern che racconta principalmente di eventi che ha vissuto di persona durante la 2° guerra mondiale. Abbiamo fatto anche una uscita scolastica sul Monte Ortigara a visitare le trincee e i rari musei della Prima Guerra Mondiale, ma credo che anche leggendo libri sulla guerra o visitando i posti dove sono accaduti i fatti non possiamo realmente capire le paure e i timori di chi ha vissuto la guerra in prima persona. Questa gente ci può narrare i fatti accaduti e provare a spiegarci le emozioni che provava in quei momenti ma credo che non riusciremo a comprenderle perché sono inimmaginabili. Per capirle bisognerebbe solo provarle sulla propria pelle.

Una cosa che mi ha colpito di questo libro è il fatto che l'autore sia riuscito a collegare tanti momenti della propria vita con altrettanti elementi chimici e quindi far capire al lettore la sua vera passione per la Chimica; e proprio la Chimica gli ha salvato la vita facendogli trovare lavoro.

### Cap 11°- CERIO

#### Studente 20

'Il sistema periodico' è stato un libro che ha suscitato in me un grande interesse e stimolo nella lettura. All'interno di esso Primo Levi è riuscito a ricostruire la sua intera vita di chimico, partendo dagli anni universitari e proseguendo fino agli anni successivi in pochi capitoli. Ho trovato veramente singolare come il suo mestiere facesse parte della sua persona, come collegasse la chimica ad ogni sua esperienza e come infine la conoscenza sulla materia lo aiutasse e lo salvasse nella permanenza nel lager. E' di questo ultimo punto che si parla nel capitolo 'Cerio'. In quattro pagine Levi racconta quando nel 1944 era rinchiuso nel lager ed era costretto ad andare a barattare Cerio con il pane per riuscire a vivere. Un'esperienza terribile e drammatica che però mostrò nelle sue parole la luce di qualche valore non andato oscurato. Forti e vivi erano infatti la solidarietà ed il rispetto fra i prigionieri, Levi infatti rubava tutto tranne il pane altrui e forse era proprio di questo che aveva veramente bisogno. Fino all'ultimo resistette la fiducia e la grande amicizia con il suo amico Alberto. In questi luoghi però era forte la disperazione e la fame. Levi cercava perfino di riuscire a vivere mangiando frittelle di cotone idrofilo, della glicerina per ottenere calore e nutrendosi di acidi grassi.

Ogni volta che leggo pagine dedicate agli orrori di questa parte della nostra storia, mi domando il perché, mi domando come sia stato possibile e cosa avrei fatto io in quel caso, se fossi stata al posto di Levi. Per quanto mi sforzi di pensare, le risposte non le ho trovate perché son esperienze fuori dalla mia logica e dalla mia realtà.

L'unica cosa che salvò Levi fu la Chimica; questa materia rappresentò per lui non solo la possibilità di sopravvivere nel campo e fuori ma anche una passione e una determinazione che lo segnarono per tutta la sua esistenza.

#### Studente 21

Dopo la lettura del libro di Primo Levi, 'Il sistema periodico', ho scelto come capitolo da esporre quello riguardante il Cerio. Mi hanno indotto a farlo diversi fatti: innanzitutto la curiosità verso l'unico elemento chimico, enunciato dal libro, a me sconosciuto; inoltre vari collegamenti a fatti o personaggi studiati e per me di particolare interesse.

Per quanto riguarda il Cerio ho avuto la possibilità di documentarmi, per trovarlo in oggetti che spesso uso, come lo smalto per le unghie e nel vetro. Fu scoperto nel 1803 e il suo nome deriva dall'asteroide Ceres, scoperto due anni prima. Questo è un altro fattore che mi ha indotto a scegliere questo capitolo, data la mia curiosità verso l'astronomia.

Altro riferimento che ho molto apprezzato è stato 'il problema dell'imballaggio' riferito al contenitore del Cesio, al quale Levi collega gli 'imballaggi' creati dal Padre Eterno, come le membrane cellulari, i gusci delle uova, la buccia delle arance e la nostra pelle. Per molti aspetti quindi. Oltre alla religione, richiama la Biologia, la mia grande passione. Ci sono inoltre tanti collegamenti con la mitologia, come Prometeo, l'inventore del fuoco; Zeus, padre degli dei e il corno di Astolfo, paragonato alla sirena antiaerea.

Naturalmente è in grande evidenza la situazione storica che abbraccia i fatti raccontati da Levi, non solo in questo capitolo ma in tutto il libro (escluso il primo capitolo), che percorre i fatti antecedenti, contemporanei e successivi della 2° guerra mondiale. In questa parte si vive il pieno della guerra e la disumanità dei Lager, dove appunto Levi si trova prigioniero.

Proprio in questo contesto mi ha colpito la figura di Alberto, amico e compagno di prigionia di Levi, che secondo l'autore fu l'unico a non perdere la propria libertà all'interno del lager, che con la sua astuzia vede nel Cerio, trovato da Levi, il guadagno per avere due mesi di pane, quindi di vita. Diventa triste la conclusione del capitolo, in cui viene annunciato che Alberto, prima della liberazione sovietica del campo, verrà trasferito in un altro lager, Buchenwald e successivamente a Mauthausen, dove troverà la morte.

Concludendo ho ammirato Primo Levi in quanto ha portato al suo servizio le conoscenze chimiche acquisite con gli studi, che gli hanno permesso di sopravvivere all'interno del lager, dapprima utilizzando gli acidi grassi per riempirsi lo stomaco fino al Cerio per procurarsi il pane.

Anche se conoscevo già gli aspetti crudeli e spietati dei campi di concentramento nazisti, fatti come questi mi ricordano la fortuna che ho, che abbiamo. La sicurezza della famiglia, di un tetto sulla testa, di aver sempre la possibilità di mangiare e di scegliere costantemente cosa mettere sotto i denti, non sono fatti del tutto scontati né tanto meno relegati al passato, basta dare uno sguardo ai paesi in via di sviluppo, ai paesi islamici in continua guerra con i palestinesi o, più vicino ai nostri occhi, i poveri e i barboni presenti in tutte le città italiane.

### Studente 22

Nel capitolo del libro dedicato al Cerio, Levi racconta la sua esperienza risalente al novembre 1944, nel campo di Auschwitz, dove all'epoca lavorava come chimico per la fabbrica della Buna. Il suo ruolo all'interno del campo era privilegiato infatti aveva la possibilità di sottrarre dal laboratorio qualsiasi cosa per vivere. Un giorno infatti trovò tra gli scaffali diverse barrette di ferro-cerio, un materiale comunemente utilizzato per produrre gli accendini. Esse erano una facile materia di scambio, che avrebbe potuto permettere a Primo Levi di avere cibo fino al giorno della liberazione da parte dei russi, ormai imminente. Egli e l'amico Alberto passarono diverse notti a lavorare le barrette, con il rischio di essere scoperti. In una tale situazione l'aspetto particolare è la freddezza e la determinazione con cui i due rischiavano la vita solo per poter guadagnare qualche pezzo di pane.

Nel campo di concentramento il valore della vita degli individui era azzerato, e ben poco sarebbe valsa la pena di perderla. Interessante inoltre è il commento onnipresente di Primo Levi che giudica a posteriori le situazioni in cui egli stesso è vissuto, raccontando pacatamente una realtà terribile.

### Cap 12°-CROMO

#### Studente 23

Il vino bianco viene abbinato al pesce perché il suo colore giallo paglierino e lo stesso nome 'invocano' qualcosa di fresco, non riferito alla temperatura di servizio, ma bensì all'incidenza delle sensazioni fisiologiche percepite. Ciò richiama il pesce di carne fresca, con una sapidità associata al mare, all'acqua e al suo colore. Il rosso, invece, richiama per lo più il colore, e quindi carne allo spiedo o alla griglia.

Appena ho letto i primi passi di questo capitolo mi sono accorto che tante cose, che consideravo banali, tipo l'abbinamento pesce-vino, richiedessero un tale studio. Infatti dopo aver letto il capitolo ho ricercato su internet il perché, trovando la risposta esauriente prima enunciata.

In effetti, Primo Levi ha ragione a dire che tutto, prima o poi, viene tramandato tale e quale, perdendo però tutti i ragionamenti, gli esperimenti, le ipotesi per i quali si era giunti a tale risultato. Ciò è da egli dimostrato con un esempio perfettamente calzante, ovvero 'l'impolmonimento' delle vernici: egli era riuscito a trovarne la cura che poi fu eseguita anche sulle vernici 'sane' senza un motivo particolare, ma solo perché era scritto così nei documenti.

Tante cose della vita quotidiana, o anche nella storia, che sembrano avere poco conto e che tutti pensiamo di sapere, celano dietro di loro un qualcosa di misterioso che va ricercato nella storia, ad esempio perché i ragni vengono chiamati aracnidi? Aracne era una ragazza che, secondo la mitologia greca, aveva sfidato la dea Atena in una gara di tessitura e che, sebbene fosse migliore, perse. Per punizione, quindi, fu trasformata in un ragno. Sembra un esempio stupido però già la ricerca del nome degli Aracnidi celava dietro di sé una storia.

Ciò è valido in arti come la scrittura, la pittura, la musica e anche, perché no, la scrittura. Un quadro come 'L'urlo' di Munch, ad un primo impatto, sembra un dipinto che tutti riuscirebbero a fare, ma dopo un'attenta analisi, lo stesso quadro ci riconduce a tanti piccoli particolari, ad esempio i colori usati, come è stato spennellato, la dimensione del pennello, l'attenzione ai particolari oppure no, le forme usate, tutte cose che definiscono la fantasia del tempo, la corrente artistica in voga in quel momento e molto altro ancora. Una cosa che mi ha colpito particolarmente è quando si paragona al vecchio protagonista di 'The rime of ancient mariner' di Coleridge, poiché durante la stesura del suo libro, probabilmente 'Se questo è un uomo', egli parlava di storie maledette e che portavano cattiveria e il suo cambiamento, dando al libro un aspetto positivo poiché lo faceva ritornare un uomo normale e facendolo guardare al futuro e non più al passato.

Reputo questo passo significativo, in quanto insegna a guardare al futuro, conoscendo il passato, e quindi, migliorare.

**Studente 12-** I commenti sul 'Cromo' vengono riportati nelle righe finali del capitolo del Ferro. Erano stati scelti più elementi.

### Cap 15°-ARSENICO

#### Studente 24

Prima impressione: l'arsenico è il più letale degli elementi per l'uomo e questo mi fa assumere una lettura attenta e orrida; scorro rapidamente le righe per trovarci il morto ma...niente, con grande stupore: La vita non cessa, non subisce burrasche e continua normalmente.

## Il sistema periodico di Primo Levi

Rielaborazione: Mentalmente mi chiedo perché, senza nessun indizio, avevo qui costruito nel mio cervello una storia tutta mia, completamente slegata dal testo tranne per il fatto che i personaggi sono gli stessi. Dopo questo barlume di chiarezza, arrivo alla conclusione. Troppo ero rimasto colpito quando la protagonista del romanzo di Flaubert si suicida lasciando il marito solo con la graziosa figlia e un mucchio di debiti.

E' strano come una parola, un semplice insieme di sillabe, possa innescare un processo interiore che interessa tutto il nostro intero corpo, dall'epitelio fino al cuore, dal cervello ai piedi. Leggere non è per me un semplice svago, è un bisogno, una prerogativa inderogabile per il mio benessere mentale. Quando prendo tra le mani un testo (che mi ispira, perché per tutte le cose deve esserci un *input* per intraprendere ogni tipo di azione) lo scruto per bene, soprattutto il titolo è oggetto di riflessioni, se c'è una prefazione, meglio, leggo anche quella per meglio comprendere ciò che segue.

Il libro mi permette di estraniarmi dal mondo e dalle sue sofferenze in una piccola isoletta calda ma non troppo, soleggiata e soprattutto deserta che mi permette di contemplare l'orizzonte.

Proprio grazie a questo pensiero, mi torna in mente una mia cara vecchia (relativamente vecchia data la mia giovane età) amica, che era anche più di una amica, che mi ha avvicinato a questa dimensione per me prima del tutto estranea. Le devo molto.

### Studente 25

Finita la lettura di questo capitolo mi è venuto da pensare che fosse divertente. E' difficile credere che episodi come quello accaduto quella mattina, quando quel vecchietto piemontese entrò nel laboratorio di Levi, possano succedere davvero. Sarà forse la premessa dell'arsenico, 'quello di Mitridate e di Madame Bovary', elemento da sempre presente nei racconti che presentano omicidi e suicidi, a dare al racconto una parvenza di invenzione. Sarà il fatto che colpevole e vittima sono due ciabattini, due calzolai insomma, e leggere di un giovane che per eliminare la concorrenza di un vecchio mette dell'arsenico in un cartoccio di zucchero e poi lo consegna anonimamente fa un pò sorridere. Sarà che l'autore fa congetture sull'arsenico del vecchio mentre distilla acido piruvico prendendo energia elettrica abusivamente e con attrezzature molto alla mano, data la povertà del dopoguerra. Resta comunque il fatto che quello che lo scrittore ha raccontato è veramente accaduto, e pensare in quest'ottica lascia un pò sconcertati. Il vecchio calzolaio, con la sua calma anche di fronte all'avvelenamento da parte di un giovane concorrente, sembra un personaggio inventato apposta per dare una lezione al lettore, e la tranquillità con cui accetta l'odio dell'altro ciabattino è quasi surreale. E sono proprio queste impressioni a rendere più forte la lezione che il lettore può trarre dalla lettura, una lezione di perdono e di comprensione che nel contesto del dopoguerra spiccano come una luce nell'oscurità. Un capitolo, quindi, che insegna divertendo, colpendo per il fatto che racconta e fa riflettere a fondo in un secondo momento.

### Studente 26

Che cosa hanno in comune l'industria vetraria, il piombo, i gas tossici militari, la medicina, gli insetticidi, le industrie dei semiconduttori, i laser e i fuochi artificiali? Nulla, a quanto sembrerebbe. Il termine comune è invece un elemento semimetallico, estremamente velenoso, di simbolo As. Proprio per questa sua proprietà, conosciuta fin dai tempi antichi, lo ha sempre portato ad essere un protagonista sia in eventi storici (si ricorda il re del Ponto, Mitridate) sia in eventi letterari (come in Madame Bovary).

Anche l'autore Primo Levi dedica all'arsenico un capitolo nel quale viene evidenziato il suo primario e tossico uso. La breve storiella narra di un ciabattino che chiede ad un piccolo laboratorio chimico di eseguire un'analisi su di un misterioso pacco di zucchero recapitatogli. I test mostrano la presenza di arsenico nel dolcificante avvalorando le inquietezze del ciabattino.

Il capitolo si estende per poche pagine, ma in esso ritroviamo i temi comuni di tutto il libro e di tutte le opere letterarie di Levi: il fascismo, la guerra, e le loro conseguenze sulla società. Nel racconto vengono evidenziati i lavori umili, i pochi soldi, le difficoltà di aprire le proprie attività, la scarsa disponibilità di nuovi macchinari, gli arrangiameti chimici per eseguire semplici analisi ..., ma anche in queste situazioni difficili ciò che può salvare l'uomo (ed è la virtù del ciabattino) è qualcosa che non può essere soppressa da dittature o situazioni avverse: la dignità umana.

## Cap 16°-AZOTO

### Studente 27

Primo Levi in questo libro vuole ridare dignità al lavoro, il quale era stato utilizzato come mezzo di sofferenza e agonia, che inevitabilmente avrebbe portato alla morte, nei lager nazisti. Partendo dalla concretezza del proprio lavoro egli ci mostra come ha imparato a capire gli uomini e come porsi con loro. Levi non si esime dall'entrare nello specifico e in diverse situazioni utilizza termini e conoscenze chimiche, creando così un libro in cui gli studi umanistici e scientifici vengono a coincidere. Nel capitolo dell'azoto, ad esempio, la descrizione del cliente che voleva una consulenza viene affiancata da un'analisi abbastanza approfondita delle caratteristiche chimiche dell'allossana (un composto chimico che avrebbe dovuto servire da colorante per la produzione di un rossetto). La sua scrittura inoltre non è semplicistica e traboccante di termini scientifici, ma è elaborata e più che altro una fusione di conoscenze chimiche e letterario-filosofiche. Spesso infatti lo scrittore propone riferimenti a poeti o filosofi antichi quali Virgilio, Dante, Aristotele, Platone etc.

Un altro aspetto importante de 'Il sistema periodico' è che Levi più volte presenta la materia come un qualcosa di concreto, ma allo stesso tempo di infinito, che pur cambiando stato, aggregazione, forma, colore e odore infinite volte nel suo corso, essa rimane sempre materia. I suoi tempi sono lunghissimi paragonati all'esistenza di un singolo uomo e proprio per questo sono per noi di difficile comprensione, ma come egli scrive nell'ultimo capitolo del carbonio, un atomo di tale elemento, sia che faccia parte di lunghi polimeri di glucosio che di una molecola di anidride carbonica, rimane sempre un atomo di carbonio.

**Studente 12-** I commenti sull'Azoto vengono riportati nel del capitolo del Ferro. Erano stati scelti più elementi.

## Cap 17°-STAGNO

### Studente 28

E' la voglia di fare, di intraprendere strade più 'belle' anche se più complicate, che porta il protagonista e ancor di più Emilio a lascia-

re il proprio lavoro per costruire un laboratorio in casa dove si fonde lo stagno. Dati i pochi clienti, dovuto al fatto anche dell'ignoranza che avevo, si finirà con lo smantellamento del laboratorio seguito dalla distruzione della cappa, simbolo e orgoglio dei due.

A leggere tale capitolo mi viene in mente mio padre per due motivi: il primo è la voglia di fare; infatti soprattutto come Emilio appena intraprende il lavoro (manuale, in casa, si intende) subito ha già in mente altro da fare e questo lo porta continuamente a lavorare senza mai fermarsi.

Il secondo è dovuto al fatto che anche lui lavora con l'acido e presumo che l'odore acuto e gli altri disagi siano simili.

Il periodo è quello del dopoguerra e questo è di grande influenza. Negli anni della guerra infatti Emilio era patriota e negli anni seguenti, date le condizioni dell'Italia che usciva sconfitta e indebolita, aveva un grande bisogno di guadagnare molto: sarà infatti il bisogno di soldi a portare al fallimento il laboratorio dei due.

In questo capitolo, come in tutto il libro, l'autore è molto abile nel 'mescolare' gli aspetti tipici dell'umanistica (e della narrazione in generale) con le conoscenze scientifiche come ad esempio la descrizione delle caratteristiche dello stagno.

L'autore infatti avrebbe potuto benissimo limitarsi a descrivere le caratteristiche di tale elemento però la limitazione ad un linguaggio puramente scientifico avrebbe portato a una lettura pesante e difficile.

## Cap 18°- URANIO

### Studente 29

Nel capitolo riguardante l'uranio Levi parla di una sua esperienza occorsa durante il periodo in cui lavorava come SAC (servizio assistenza clienti) e si occupava della vendita diretta al pubblico di alcuni prodotti. Un giorno fa visita al signor Bonino che, prima di concludere la vendita, gli racconta un'improbabile storia su un fatto accadutogli durante il periodo di fine della seconda guerra mondiale: era riuscito a fuggire da una caserma di tedeschi che si stavano dirigendo verso Rivoli quando durante la sua fuga era atterrato un aereo di tedeschi che si dirigevano in Svizzera e gli avevano chiesto indicazioni. Come ringraziamento gli avevano offerto un pezzo di uranio. Levi rimane abbastanza incredulo sulla storia del suo cliente che crede sia in buona parte inventata. Così dopo aver preso l'ordinazione, su consiglio dello stesso cliente, analizza il metallo. Scopre infatti che in realtà si tratta di cadmio.

Durante la lettura anch'io, come Levi, avevo pensato che la storia di Bonino fosse molto infioettata e non corrispondesse proprio alla realtà. Questo mi ha fatto ricordare che situazioni analoghe capitano tutti i giorni in quanto spesso le persone anche involontariamente tendono ad adattare i propri racconti di vita vissuta alle situazioni in cui si trovano e alle persone presenti al momento del racconto. Questo per cercare di apparire in una luce migliore, anche se poi la maggior parte delle volte si finisce per ridicolizzarsi.

Alla fine del capitolo Levi fa una riflessione in quanto invidia Bonino il quale è libero di crearsi il passato che vuole. Secondo me sbagliava, in quanto colui che sente la necessità di inventare fatti accadutigli per sentirsi migliore, vuol dire che la sua vita in realtà è scialba, priva di significato e inutile, dal momento che nemmeno il proprietario la sa apprezzare. Infatti perché una vita sia ben vissuta non occorre compiere imprese eclatanti; è necessario però essere consapevoli e contenti delle proprie scelte e viverla secondo dei principi che ci si è prefissi in partenza.

## Cap 20°- VANADIO

### Studente 30

Il racconto 'Il Vanadio' di Primo Levi è un racconto dell'autore di alcuni fatti realmente accaduti durante e dopo la guerra. Infatti Levi, che lavora ancora nella fabbrica di vernici, invia delle lettere di protesta per protestare riguardo un tipo di vernice che non si asciuga. A rispondere è un certo dottor Muller, lo stesso che aveva lavorato a Buna incontrando l'autore. Accortosi di questo, Levi invia una copia in tedesco di 'Se questo è un uomo' e il dottore gli risponde chiedendo un incontro con l'ex-deportato. Alla fine però l'incontro sfuma a causa della morte sopraggiunta del tedesco.

Mentre leggevo il libro provavo un senso di smarrimento, di incredulità: non posso capire come riesca Levi a raccontare aneddoti, fatti realmente accaduti o puramente inventati con la lucidità di una persona che non ha vissuto i fatti; al suo posto, dopo aver visto morire migliaia di persone, avrei provato delle sensazioni indescrivibili, mi sforzerei di rimuovere quei ricordi, di cancellare il passato e i dolori per ricostruirmi un futuro: l'autore invece testimonia i suoi ricordi, quasi per permettere a noi lettori di evitare, conoscendo, gli errori passati.

Leggendo il libro si riesce ad intravedere il 'Levi scientifico': il suo linguaggio è oggettivo, concreto, pieno di termini tedeschi e non privo di ironia. E' anche grazie a questo che ci si rende conto delle atrocità passate. Si può definire Primo Levi come un testimone, una guida, e prendere spunto dal suo coraggio per non dimenticare.

Mi torna in mente mio nonno, quando inizia a raccontare della guerra da lui vissuta, dei problemi affrontati, oggi impensabili, delle difficoltà superate: una vita limitata dal conflitto in molti aspetti, anche se molto più 'bella' di quella dei deportati.

Un ultimo aspetto riguardante la storia si può trovare nelle amicizie createsi tra persone di schieramenti opposti: si può notare una storia di simpatia da parte di Muller nei confronti di Levi, simile a quella di Benigni e il dottore del film 'La vita è bella': come nel film però, nella realtà prevalevano gli interessi personali all'affetto che prima sembrava esserci: tanto per non smentirsi...

### Studente 31

In questo capitolo del 'Sistema Periodico', ambientato negli anni '60, Primo Levi lavora in una fabbrica di vernici. Nell'episodio narrato, una resina per vernici, una volta aggiunta una particolare sostanza, insostituibile, non solidifica più. Levi protesta presso la ditta fornitrice di quel prodotto, una grande azienda tedesca, ed entra in contatto con un suo esperto, un certo dottor Muller, che intuisce poter essere un chimico tedesco incontrato nell'esperienza del lager. Levi infatti riconosce alcuni errori di ortografia comuni a quell'importante dottor Muller con il quale aveva parlato alcune volte mentre lavorava nella fabbrica di gomma a Buna, presso Auschwitz, e che gli aveva mostrato, seppur in minima parte, pietà facendogli alcune concessioni. L'autore decide quindi di scrivergli privatamente chiedendo informazioni e scopre che quello è proprio il chimico conosciuto in quel terribile periodo, il quale nelle

## Il sistema periodico di Primo Levi

lettere seguenti condanna le violenze compiute sugli ebrei ma non si mostra del tutto sincero, anche se Levi ne vede alcuni lati positivi, come lo sforzo per il superamento di quel periodo. Muller insiste anche per un incontro che tuttavia non si realizza a causa della sua morta improvvisa.

Questo capitolo dimostra come la politica influisca sulla vita delle persone: il dottor Muller e Levi si parlano come persone sullo stesso livello, colleghi, cosa che poco più di vent'anni prima sarebbe stata impossibile, a causa delle politiche del nazismo e del fascismo, volte a considerare gli ebrei inferiori agli ariani. L'intera vita da studente di Levi è influenzata dalla politica, come dimostrano le specificazioni 'razza ariana' sulla laurea e altre complicazioni che egli incontrò durante la sua formazione. Tantissimi ebrei si trovarono a vivere esperienze del genere tra gli anni Trenta e Quaranta a causa delle leggi razziali che arrivarono e rendere la loro vita impossibile.

Un altro esempio di questa situazione è raccontato in 'L'amico ritrovato' di F. Ulman dove due giovani amici, un ebreo e un tedesco, vedono la loro amicizia impedita dalle leggi razziali e dalla famiglia di quest'ultimo.

La particolarità del Sistema Periodico è che Primo Levi narra episodi della sua vita attraverso la sua professione di chimico cercando una coesistenza tra aspetto umanistico e scientifico.

Da quest'opera, e in particolare da questo capitolo, risulta evidente come la vita di un individuo venga determinata, oltre che dalle sue azioni e dal suo comportamento, anche dalla società in cui è portato ad agire, caratterizzato da una certa politica e, in casi estremi, dalla guerra.

### Studente 32

Nelle pagine di questo capitolo scaturisce il dolore ancora vivo dello scrittore per tutto il male subito e l'odio regnante in quegli anni; più volte Levi sembra lasciarsi prendere dalla foga con frasi taglienti, con lo scopo di colpire, seppur implicitamente, i colpevoli di tali massacri. Levi è ancora comprensibilmente scosso e cerca ancora una volta un possibile movente o quantomeno una causa logica, plausibile, del suo dolore; ma nonostante lo sforzo sembra che non vi riuscirà nemmeno negli anni successivi. Lo scrittore scopri come, grazie al professor Muller, o almeno così gli venne riferito, fu inviato alla fabbrica di Buna presso Auschwitz garantendogli la salvezza in vista di un destino segnato. Nonostante ciò Levi dimostra come, anche a distanza di anni, sia difficile capire o assolvere colui che un tempo era un nemico, sostenendo come non sia possibile in molti casi perdonare i responsabili di tali calunnie.

Il dottor Muller, d'altra parte, sembra spiazzato da questa corrispondenza nella quale cerca di elogiare, ammirandolo, il suo interlocutore, sostenendo la sua benevolenza in quel periodo; comportamento che attiene più all'ipocrisia che al sincero pentimento. Il professore sembra voler nascondere e dimenticare avvenimenti a noi sconosciuti ma dai quali sembra gravemente turbato giudicando negativamente gli errori commessi dall'Uomo e allontanandosene il più possibile, dimenticando forse come lui stesso fosse Uomo in quel periodo, magari meno di altri, ma pur sempre Uomo.

L'incontro tra i due non avvenne, per l'improvvisa morte del chimico tedesco, tuttavia anche se fosse stato, avrebbe confermato un'impossibile conciliazione facendo riaffiorare ricordi che entrambi cercavano di dimenticare da tempo, e dai quali Levi si distaccò nel 1987, anno del suo suicidio.

## Cap 21°- CARBONIO

### Studente 33

Il sistema periodico è un libro tanto particolare quanto bello ed interessante. Si denota in tutto il libro un singolare pessimismo comprensibile e spiegabile solo per chi l'ha realmente vissuto nei campi di sterminio nazisti. E' per questo motivo che ho scelto di concentrare la mia lettura sull'ultima storia del racconto che narra dell'atomo di Carbonio che in quanto tale costituisce l'intera materia organica cioè 'vivente'.

L'autore narra di un sogno fatto riguardante un atomo di carbonio che da una roccia calcarea si libra nell'aria dopo un colpo di piccone per attaccarsi ad una foglia tramite il processo della fotosintesi ed entrare così nel ciclo della vita, consumarsi e rifinire nell'aria dopo la decomposizione da parte dei batteri detritivori del sottosuolo.

Penso che con questa storiella il chimico-autore del libro volesse far comprendere come gli esseri viventi, essendo un assemblato di atomi di carbonio, siano tutti uguali e tutti destinati ad un unico fato comune (la morte) ma che nessun uomo potesse giocare con la vita come accadeva nei lager nazisti.

In diversi punti del racconto si riesce a comprendere come alberghi un pessimismo comprensibile da noi, che l'autore ha vissuto, nelle sue esemplificazioni, nel linguaggio e nella scrittura.

### Studente 34

Mi sono seduto sulla mia scrivania a pensare a cosa potrei scrivere per un capitolo del libro 'Il sistema Periodico' e non riesco a venire a capo di nulla. Certo, il libro non mi ha colpito più di tanto come invece hanno fatto altri libri come 'Il sergente nella neve' o 'Angeli e Demoni' ma ho comunque apprezzato i vari racconti, fino al capitolo 'CARBONIO' che mi ha lasciato esterrefatto. La storia di un atomo di carbonio: sono rimasto a bocca aperta ritrovando qualcuno che ha avuto la mia stessa pazzia idea. Infatti una giornata qualunque mi ero messo a pensare che il nostro corpo non è altro che un ammasso di atomi in un preciso ordine, e mi sono avvicinato sempre di più ad una singola struttura di molecole fino all'atomo. E mi sono messo a pensare al singolo atomo. Chissà che intricata storia ci potrebbe essere attorno a quell'ammasso di protoni neutroni elettroni, il mio corpo potrebbe essere formato da una molecola o atomo appartenuta a personaggi importanti, o a qualche vecchio dinosauro...sono rimasto a pensare a tutto ciò per una buona ventina di minuti, pensando al continuo scambio di materia che avviene attraverso la vita o anche attraverso la morte...e mi sono reso conto che la vera storia degli atomi non è stata realmente presa in considerazione da qualcuno, nemmeno qualche filosofo recente, ma la mia sorpresa è arrivata da Democrito, un antico filosofo che ha definito gli atomi come 'l'archè' (da cui tutto deriva ed a cui tutto ritorna).

*Se gli atomi fossero lettere essi aggregandosi danno origine alle parole.*

Costui ha gettato le basi per definire la storia degli atomi in un'epoca dove era impensabile che qualcuno potesse supporre o intuire la

presenza di materiale così complesso e minuscolo. Forse Levi si è ispirato proprio a questo filosofo antico per definire questo capitolo, d'altronde anche i suoi scritti e i suoi pensieri sono scritti e ricordati attraverso atomi che sono giunti inalterati fino a noi. Rimango quasi senza fiato pensando alla stessa combinazione di molecole che formano i nostri ricordi: sono sequenze uguali che ci tramandiamo ancora prima della nascita dell'uomo, fino a dove l'uomo è riuscito a pensare l'esistenza... gli atomi hanno preso la forma di quel ricordo che col racconto (anche in questo caso) trasferisce idee o pensieri profondi.

Molte volte poi guardo la nostra tecnologia: cellulari, fotocopiatrici, pc, lampadine, tutto. Oggetti che sembrano quasi magici, ma analizzando in profondità il loro funzionamento (grazie alla fisica) ho notato quanto, a livello molecolare, sia banale. Anche nelle fotocopiatrici, una volta appreso il loro funzionamento, sono rimasto un pò deluso: processi scontati, cariche elettriche che giocano con l'induzione. Però ho cominciato a pensare che se gli oggetti odierni che sfruttano in modo così banale gli elettroni sembrano quasi 'magici' chissà cosa riusciremo a inventare in futuro, quando avremo appreso in profondità tutti gli usi possibili degli atomi... solo il tempo potrà dircelo...

### Studente 35

Il capitolo del carbonio è molto interessante. La storia dell'atomo di carbonio che Levi narra permette di conoscere e in parte di comprendere la grande utilità e l'importanza di questo elemento; viene messo in luce come la natura si dimostri superiore all'uomo nella capacità di sfruttare l'anidride carbonica per creare catene di carbonio necessarie alla vita. Sarebbe da ampliare la conoscenza dell'uomo sul processo fotosintetico o almeno occorrerebbe scoprire l'eventuale possibilità di sfruttare il carbonio presente nell'aria come forma di combustibile perché, così facendo, come dice Levi, si potrebbero risolvere gran parte dei problemi dell'uomo.

L'umanità dovrebbe imparare dalla natura, che finora ha continuato a lavorare silenziosamente sfruttando al meglio ogni piccolo elemento, come il carbonio, per creare poi il nutrimento necessario al mantenimento non solo della pianta stessa ma anche di molte altre forme di vita. La natura è riuscita a ideare un processo all'apparenza semplice, ma in realtà molto complicato, con cui permette la vita di tutti gli organismi dipendenti dall'ossigeno. In questo ambito noi dovremmo approfondire le nostre ricerche!

La lettura del libro è stata molto interessante poiché mi è stato possibile osservare un diverso stile di scrittura rispetto a quello classico-narrativo, uno stile più conciso, a volte complicato, corredato da vocaboli inerenti al linguaggio chimico. Nell'introduzione del capitolo conclusivo Levi afferma di non aver scritto un trattato di chimica, ma è anche vero che il libro è un insieme di racconti inerenti alla chimica e comunque sono evidenti le conoscenze chimiche dell'autore. Nel capitolo appare in evidenza la capacità narrativa di Levi, un esempio di unione di ambiti completamente differenti come quello scientifico della chimica e quello umanistico della narrativa; a dimostrazione che scienza e letterature non sono così distaccate.

La lettura del libro, e soprattutto di questo capitolo, favorisce la riflessione su ambiti oggi d'attualità come l'eccessivo consumo delle risorse presenti in natura e le eventuali soluzioni che si possono tentare per salvare il pianeta, in modo che sia ancora possibile che, tra duecento anni, come scrive Levi, gli stessi atomi di carbonio che oggi collaborano alla vita possano ripetere il loro ciclo e continuare così a garantire, in silenzio, stabilità e rinnovamento all'ecosistema della terra.

### Studente 36

Primo Levi ne 'Il sistema Periodico' fornisce una descrizione completa dell'atomo di carbonio senza addentrarsi nella chimica vera e propria. Lui stesso afferma che *'il lettore, a questo punto, si sarà accorto da un pezzo che questo non è un trattato di chimica'* volendo sottolineare che, nonostante qualche nozione di base sia presente, il libro non vuole essere una trattazione scientifica ma una narrazione, un insieme di storie i cui protagonisti sono gli elementi della tavola periodica. Nell'ultimo capitolo del libro Levi descrive la 'vita' dell'atomo di carbonio, uno degli infiniti percorsi di ciò che noi oggi chiamiamo 'Ciclo del Carbonio'. Un atomo di carbonio diventa dunque un personaggio che prende vita distaccandosi dalla roccia calcarea in cui era 'congelato in un eterno presente', entra a far parte del mondo mutevole aggregandosi con l'ossigeno, svolazzando nell'aria per poi diventare parte di una complessa molecola organica e così via... In questo viaggio quasi onirico Levi sembra avere una visione della natura con sfumature pessimistiche, testimone della supremazia della natura stessa dell'uomo. I processi e le reazioni di chimica organica effettuate dall'uomo vengono sminuite dall'estrema rapidità e praticità della natura che 'si è inventata' questa chimica oltre due o addirittura tre miliardi di anni prima dell'uomo. Levi giunge alla conclusione che vede l'uomo totalmente dipendente da questo piccolo atomo, tanto che senza di esso non potrebbero nemmeno mettere la parola fine al suo stesso libro.

# La (ri)valutazione delle attività di laboratorio: riflessioni e proposte. Parte 1

ENRICO MANSUETI\*

e-mail: [enrico.man@libero.it](mailto:enrico.man@libero.it)

## Riassunto

*I sistemi adottati nella valutazione dell'attività laboratoriale spesso non sono efficaci per stabilire l'effettivo raggiungimento degli obiettivi di apprendimento. Molti di essi, e tra questi la relazione tradizionale, talvolta diventano il naturale sbocco di proposte didattiche improntate ad una concezione trasmissiva della conoscenza. Quale deve essere il ruolo della didattica laboratoriale nella scuola? Gli schemi di lavoro maggiormente adottati assegnano all'attività sperimentale una funzione verificativa subordinandola alla teoria. Con questo approccio si rischia però di trasmettere un'idea positivistica del progresso del sapere scientifico; inoltre può crearsi nella mente dei giovani l'immagine di due discipline autonome, e il processo di costruzione della conoscenza diventa completamente avulso sia dalla realtà che dal contesto storico in cui il sapere scientifico si è sviluppato e si aggiorna. In questo contributo l'applicazione di una relazione semistrutturata permette di accertare non solo l'effettivo raggiungimento (o meno) degli obiettivi fissati ma anche (e soprattutto) la "consapevolezza obbiettiva" di quanto è stato ottenuto da parte di ogni singolo studente mediante la sua partecipazione attiva.*

## Introduzione

Perché il tema della valutazione nella scuola è sempre stato al centro dell'attenzione e fonte di preoccupazione? Non sono solo gli studenti a temere il voto, ma gli stessi insegnanti incontrano difficoltà nel valutare con giudizio e trasparenza perché si è chiamati ad esprimere livelli di misurazione su elementi e dimensioni difficilmente misurabili, in quanto dietro la valutazione si celano diversi punti di vista e modi di intendere la scuola. Dare valore (giudizi qualitativi o misure quantitative) a determinati aspetti relativi all'apprendimento degli studenti, mette la categoria a dura prova e per ciò che concerne l'attività di laboratorio il problema è particolarmente significativo e attuale, in quanto in molte realtà la riflessione dovrebbe toccare non solo le modalità di valutazione, ma bensì scendere fino all'impostazione metodologica alla base del lavoro. Recentemente è stato giustamente sottolineato che "per realizzare un insegnamento finalizzato alla creazione di un complesso di conoscenze realmente fruibili dagli alunni della scuola superiore, si ritiene fondamentale una riflessione sul ruolo del laboratorio nel processo di apprendimento. In tal senso, viene considerato obiettivo prioritario il conseguimento della capacità di progettare e svolgere in modo ragionato e consapevole le attività di laboratorio, individuando gli ostacoli che si possono riscontrare nel lavoro di gruppo, nell'interpretazione dei dati sperimentali e nella stesura di relazioni conclusive, con la finalità di sviluppare negli studenti la capacità di interpretazione critica dei fenomeni osservati"<sup>2</sup>.

In laboratorio a fare che cosa? Ci interessa l'apprendimento oppure (la verifica di) una serie di operazioni pratiche in sequenza? *Rendere l'allievo attore del processo di apprendimento non significa semplicemente renderlo "attivo", ossia, come pensano molti insegnanti, impegnarlo in attività di laboratorio, come se sviluppare abilità sperimentali equivallesse ad acquisire saperi scientifici*<sup>3</sup>. Manca una "cultura chimica" nei cittadini, ed è indispensabile che chi insegna chimica lavori sulla propria didattica puntando sul "far capire"<sup>4</sup>.

Nell'ultimo congresso nazionale della divisione didattica (Dipartimento di Chimica e Chimica industriale dell'Università di Genova) i dati che il prof Casado Linarejos dell'ateneo di Salamanca ha portato a supporto della discussione sulla crisi delle "vocazioni" scientifiche (in Spagna ma anche in altri paesi) indicano in modo inequivocabile tra le cause più significative l'esiguo numero di ore dedicate nella scuola superiore all'attività laboratoriale. La presentazione di questo lavoro sulla valutazione delle attività di laboratorio (nelle sue linee generali, in quanto all'epoca non ancora completato), avvenuta successivamente all'intervento dell'illustre ospite ha suscitato un ampio dibattito tra favorevoli (molti) e contrari. L'autore ha esordito sottolineando come sia importante soprattutto la qualità e l'indirizzo che viene a darsi a queste attività, senza dimenticare l'indispensabile raccordo che esse debbono avere con la disciplina "dura". Il "doppio" ruolo che al momento il sottoscritto ricopriva (insegnante teorico in alcune

1. Parte dei contributi e delle riflessioni alla base di questo articolo si trovano nel volume: *Verifica e valutazione dei processi formativi, Quaderni della SSIS Lazio 1*, Edizioni Nuova Cultura, di: D. Arnold, G. Benvenuto, M. Fabbri, A. Giacomantonio, E. Mansueti, L. Morichelli e S. Pozio.

2. A. Borsese, M. Carnasciali e altri, *Formazione iniziale degli insegnanti nella SSIS: il caso A013 a Genova*, Atti del XV Congresso nazionale della Divisione di Didattica Chimica, Genova, Dicembre 2007.

3. E. Roletto, *Apprendimento delle scienze e didattiche disciplinari*, Iridis, Torino, 2003

4. Riflessioni in margine all'Introduzione agli atti del XV Congresso, curata dal prof A. Borsese, attuale presidente della Divisione di Didattica Chimica, e agli interventi della prof.ssa R. Carpignano, past president della Divisione.

classi e tecnico-pratico in altre) ha permesso una panoramica ampia e una visione obiettiva (forse) di una questione che anche il piano ISS (Insegnare Scienze Sperimentali)<sup>5</sup> ha posto al centro dell'attenzione. Gli incontri e le discussioni avute con alcuni colleghi congressisti (dentro ma anche fuori dall'aula dei lavori) hanno evidenziato in diversi casi un male comune: spesso l'attività di laboratorio nella scuola non procede integrandosi alla teoria ma viene proposta con modalità e tempi tali da farle assumere i connotati di una vera e propria disciplina autonoma. Che senso ha proporre nelle prime classi di un ITIS esercitazioni di laboratorio sui composti chimici mentre il lavoro (in classe e a casa) procede sulla composizione percentuale delle soluzioni? Dal Congresso<sup>6</sup> è emerso anche che "la confusione nasce da un uso improprio del laboratorio" [...] e "non si può pensare che l'attività sperimentale sia di per sé sufficiente alla comprensione di concetti scientifici". Il confronto con i colleghi a Genova ha rivelato che tali situazioni non rappresentano esempi e casi sporadici, ma sono piuttosto la testimonianza di modi di fare che si vanno radicando nelle diverse realtà. Forse è questa (?) la risposta di certi insegnanti a chi trova insensata la domanda circa il fatto se il laboratorio debba collocarsi prima o dopo l'attività teorica? Simili comportamenti forzano all'estremo la progressiva sistematizzazione delle discipline che si avvia proprio nel biennio della scuola superiore, e qualcuno probabilmente troverà conforto (anche) nelle indicazioni ministeriali (che impongono nella prima parte dell'anno giudizi distinti: uno per chimica e uno per il laboratorio). Importa qui sottolineare che un tale modo di procedere non solo fornisce ai ragazzi una visione incompleta e parziale della materia ma finisce per privarla, nei casi peggiori, di un complemento fondamentale come quello rappresentato dall'attività laboratoriale per la teoria e viceversa (la precisazione è qui necessaria allo scopo di evitare equivoci). L'argomento del mio intervento era rivolto principalmente alla valutazione dell'attività sperimentale, ma (come era prevedibile forse anche dal titolo scelto: **L'attività in laboratorio dal punto di vista della valutazione: costruzione di saperi scientifici o semplice acquisizione di abilità sperimentali?**)<sup>7</sup> la vastità del tema, le esperienze riportate da alcuni colleghi presenti e riflessioni emerse dall'analisi di altri lavori (del resto il filo conduttore alla base del Congresso era: *L'insegnamento della Chimica nell'ambito delle Scienze sperimentali: dalla scuola di base all'università*) hanno portato il dibattito finale a toccare aspetti ben più profondi, alimentando una discussione ricca di idee e contributi. Il sottoscritto ha precisato sin da subito che non intendeva sminuire la validità dell'uno o dei diversi approcci (salvo il non poter nascondere il pieno accordo con chi afferma che "..."*l'insegnante deve abituarti a considerare il laboratorio come il luogo dove si impara a progettare e discutere, allo scopo di costruire una conoscenza condivisa [...] e cessa di essere un luogo fisico per assumere quello di uno spazio-temporale polivalente in cui si effettuano attività teoriche e manuali e assume il significato di 'atteggiamento mentale' proiettato all'indagine e alla progettazione dell'esperimento*"<sup>8</sup>). Spiace pensare che talvolta la validità di certe idee non sia purtroppo pari alla loro condivisione (Comprensione?).

E' interessante comunque notare questo dato: spesso quando mancano proficui rapporti di collaborazione e il necessario raccordo tra colleghi, nella maggior parte delle situazioni il lavoro procede con modalità trasmissive (in classe) e dimostrativo-addestrative (in laboratorio). Una conseguenza? Oppure una causa?

Durante il congresso, non si è voluto sminuire neppure la validità di altri metodi di valutazione (dalla discussione è emersa comunque l'evidenza che ovviamente le caratteristiche della verifica dell'attività sperimentale sono in diretto rapporto con la metodologia didattica utilizzata); eventuali dubbi, semmai, sono nati osservando il fervore con cui qualcuno si arrocca in loro difesa. Penso che strumenti diversi (interrogazione, prove oggettive) siano necessari (ma non sufficienti in termini assoluti) per aiutare l'insegnante a formulare ipotesi che permettano di spiegare, interpretare e comprendere i comportamenti di un singolo allievo e di una classe al fine di adeguare la proposta didattica e di orientare gli studenti. In particolare, per ciò che concerne l'interrogazione, sono d'accordo con Chi<sup>9</sup> afferma che "la validità della comprensione intuitiva può essere relativa, ma chi non ha, o non riconosce, o pensa di dover azzerare questa capacità di 'trasferimento' e 'ricostruzione' non può supplire affidandosi a chissà quali procedure oggettive [...]. Diciamo che i concetti di senso comune ci permettono una comprensione approssimativa, incompleta, ma tutt'altro che illusoria e assolutamente indispensabile per poi meglio chiarire e approfondire [...]. La psicologia scientifica può chiarire, approfondire, ma non azzerare il senso comune (la comprensione intuitiva)". Credo infatti che il docente debba padroneggiare e saper scegliere gli strumenti più adatti per rilevare le informazioni di cui ha bisogno, allo scopo di *pilotare* la didattica a vantaggio del successo formativo.

5. Piano ISS, I Seminario Nazionale-Milano-Napoli, Novembre-Dicembre 2006, Documenti di lavoro, Volume 1, Ministero della Pubblica Istruzione, Dipartimento Per l'Istruzione, Roma, 2006

6. E.Aquilini, La Chimica nel biennio dell'obbligo, Atti del XV Congresso Nazionale della Divisione di Didattica Chimica, Genova, Dicembre 2007.

7. E. Mansueti, L'attività in laboratorio dal punto di vista della valutazione: costruzione di saperi scientifici o semplice acquisizione di abilità sperimentali?, Atti del XV Congresso della Divisione di Didattica Chimica, Genova, Dicembre 2007.

8. E. Torracca-Punti focali della didattica della chimica-Alcune considerazioni sul ruolo del laboratorio-Didichim, Sett 2000

9. M. Lichtner, *Valutare l'apprendimento: teorie e metodi*, Milano, Franco Angeli, 2004.

## La (ri)valutazione delle attività di laboratorio: riflessioni e proposte

### La relazione di laboratorio

A seconda di come si imposta l'attività il laboratorio può assolvere a diverse funzioni:

1. Addestrativa, quando vi si apprendono le modalità d'uso di uno strumento o di un apparecchio (...) <sup>10</sup>.
2. Dimostrativa, quando è posto come momento conclusivo dell'apprendimento di un concetto (...) <sup>11</sup>.
3. Formativa, quando l'allievo conduce un'esperienza a partire da materiali e schede guida discutendo i risultati ottenuti ed elaborandoli in modo da trarne una legge o un principio.

Lo scopo delle relazioni di laboratorio dovrebbe essere quello di misurare e valutare l'apprendimento che gli studenti hanno conseguito partecipando attivamente ad attività laboratoriali osservative-riproduttive o sperimentali condotte nell'aula delle esercitazioni pratiche. Al termine delle attività pratiche è prassi scolastica la compilazione di una relazione ottenuta seguendo le indicazioni di un modello prestampato, il quale solitamente suddivide l'elaborato in parti distinte (in genere: *introduzione, materiali utilizzati, procedimento, eventuali osservazioni*). Sebbene anche in certi ambienti di lavoro questo sia la normalità (ad esempio nei laboratorio di un'industria chimica, dove l'autore ha lavorato), troppo spesso si riduce l'elaborato ad una semplice cronaca delle operazioni effettuate in laboratorio, producendo una prova scritta assimilabile ad un tema. La relazione tradizionale nella valutazione dell'attività laboratoriale dal punto di vista docimologico presenta alcuni difetti strutturali:

- *gli stimoli possono essere ambigui*. Gli studenti per rispondere correttamente devono formulare delle ipotesi sulle aspettative del docente: si devono chiedere, ad esempio, quale deve essere la struttura dell'elaborato, quali i collegamenti ai temi trattati durante le lezioni frontali, se sono apprezzati i riferimenti interdisciplinari etc. Queste congetture devono essere formulate senza sapere quali criteri adotterà il docente per valutare le loro relazioni (le raccomandazioni talvolta servono a poco, soprattutto se formulate all'inizio di un'attività particolarmente lunga e concettualmente ricca come quella presentata in queste pagine). Le risposte fornite dagli studenti saranno perciò necessariamente diverse; esse dipendono dalla forma specifica che hanno assunto le ipotesi formulate da ciascun allievo: una relazione sarà più lunga, una più breve; un'altra curerà gli aspetti terminologici e stilistici, un'altra ancora sarà sintetica e poco curata nella forma etc. È immaginabile che, di fronte ad una prova del genere, anche la prestazione di uno stesso studente possa essere *incostante* nel tempo.
- *la lettura e l'interpretazione delle risposte* da parte del docente rischia di essere arbitraria e soggettiva: a parità di valore del contenuto, l'attribuzione del punteggio può essere influenzata in alcuni casi dalla proprietà del linguaggio tecnico, in altri dallo stile di scrittura, in altri ancora dai riferimenti interdisciplinari. Non è escluso che un effetto significativo su un'ingiustificata variazione dei punteggi possa esercitarlo l'umore del docente o le caratteristiche del contesto in cui si leggono le risposte.

La valutazione viene influenzata anche dalla struttura della prova. Talvolta le prestazioni degli studenti sono valutate comparandole con quelle ritenute "più complete". Nelle procedure più tradizionali, invece, i primi elaborati che legge l'insegnante sono valutati confrontando la risposta osservata con quella ideale che lo stesso docente si rappresenta; per i gruppi seguenti, la valutazione dipende sia da un confronto analogo sia dalla comparazione con le risposte fornite dai primi gruppi. <sup>12</sup> Ne consegue che le stesse relazioni vengono valutate utilizzando nel tempo criteri diversi. Se consideriamo anche che spesso le relazioni di laboratorio vengono eseguite in gruppo, si capisce bene come questo strumento non consenta di determinare con precisione quali obiettivi sono stati conseguiti da ciascun alunno. Non è cioè possibile consigliare ad ogni singolo studente quali attività deve compiere per colmare eventuali lacune e lo stesso insegnante possiede delle informazioni povere per calibrare o ricalibrare la programmazione e riflettere sulla qualità della sua proposta didattica.

### "Saggiare" l'attività laboratoriale

Per ovviare a qualcuno di questi problemi è possibile elaborare le relazioni sul modello *saggio breve* (che usualmente è elaborato individualmente) <sup>13</sup>. In particolare si potrebbe strutturare la relazione in *cinque sezioni* <sup>14</sup>: 1) titolo, 2) introduzione, 3) metodo/procedura, 4) risultati conseguiti e 5) discussione/conclusione. Come nel saggio breve, ogni sezione deve essere definita attraverso uno stimolo che sia «[...] tanto articolato da specificare l'area problematica e il contesto di riferimento; il tipo di analisi o d'indagine richiesta sia sul versante teorico-concettuale che su quello metodologico-procedurale; il livello di approfondimento della questione; le finalità comunicative del saggio; il grado di estensione consentita nella trattazione» <sup>15</sup>.

10. F. Olmi, Il laboratorio nella didattica della chimica, CNS, n 4-5, 2006.

11. Ibidem

12. Gattulo M., *Didattica e docimologia. Misurazione e valutazione nella scuola*, Roma, Armando, 1968.

13. Domenici G., *Manuale della valutazione scolastica*, Roma-Bari, Laterza, 2001.

14. Corasaniti R., *Relazioni di laboratorio*, in Domenici G. (a cura di), *Le prove semistrutturate di verifica degli apprendimenti*, Torino, UTET, 2005.

15. Domenici G., *Manuale della valutazione scolastica*.

La struttura dello stimolo e i *vincoli prescrittivi* che esso contiene dovrebbero rendere le risposte degli studenti confrontabili con *criteri di correzione predeterminati* e, quindi, rappresentabili su di una scala di misura che consente di attribuire loro un punteggio. La tabella seguente presenta i criteri di correzione e la scala di misura suggeriti dalla Corasaniti<sup>16</sup>.

**Tabella 1:** Criteri di correzione di una relazione di laboratorio. Fonte: Corasaniti R., 2006

Criteri	Livello					
	Ottimo	Buono	Discreto	Sufficiente	Insufficiente	Gravemente insufficiente
Rispetto delle consegne						
Capacità di scegliere ed organizzare il materiale						
Individuazione e verifica delle ipotesi						
Abilità nei calcoli						
Rappresentazione di tabelle e grafici						
Impianto teorico						
Argomentazione						
Organizzazione						
•coerenza						
•organicità						
Capacità di sintesi						
Padronanza della lingua						
• precisione						
• conetezza						
• chiarezza						

A prima vista questa proposta potrebbe applicarsi nella valutazione di relazioni di laboratorio elaborate in tempi e per proposte didattiche differenti ma assumendo ad esempio di dover verificare se al termine di un'unità didattica tutti gli studenti hanno conseguito gli obiettivi didattici prefissati è necessario interrogarsi sulla validità della misura che otteniamo applicando i criteri di correzione e la scala rappresentati nella tabella. Gli obiettivi di un'unità didattica rappresentano le conoscenze e le capacità intellettuali che gli studenti dovrebbero aver acquisito e non pare che la proposta in esame garantisca *completamente* la verifica del loro raggiungimento. Potrebbe essere necessario escludere alcuni criteri di correzione, per esempio se l'attività didattica non ha mai preso in esame la rappresentazione di tabelle e grafici<sup>17</sup>. Inoltre la definizione dei criteri di correzione può risultare troppo astratta, soprattutto riguardo ai punti *impianto teorico* e *argomentazione*, che la concretezza di obiettivi definiti in termini operazionali non riesce a conciliare. Inoltre quanto possono concordare i punteggi assegnati ad una stessa prova scritta da correttori diversi se è vero persino che il numero di punti attribuito dallo stesso correttore varia nel tempo?<sup>18</sup> La scala di misura a sei intervalli proposta sembra davvero troppo ampia rispetto alla precisione della misura che consente la struttura del saggio breve ed i criteri di correzione suggeriti. È probabile perciò che i valori ottenuti con la misurazione siano poco attendibili soprattutto in un contesto ben determinato come quello rappresentato dalla valutazione dell'apprendimento conseguito in un'unità didattica a carattere scientifico. E' vero però che la relazione di laboratorio strutturata come un saggio breve con il relativo sistema di valutazione potrebbe ben adattarsi per esempio nel monitoraggio dell'apprendimento che uno studente dovrebbe aver acquisito al termine di uno o più moduli, nell'attribuzione dei crediti o dei debiti e nell'attestazione e certificazione delle competenze. Occorrono talvolta sistemi di valutazione che, integrando diversi strumenti, possano misurare livelli di apprendimento superiore, ovvero «[...] la capacità di adottare strutture, piani, schemi e programmi di azione capaci di integrare a livello interdisciplinare le conoscenze, formali e informali, teoriche, esperienziali e procedurali possedute per risolvere un problema in un contesto ambientale specifico; di adottare, inoltre, un sistema di monitoraggio della validità del programma nel contesto specifico (meta-cognizione), quindi di ri-adattarlo (meta-valutazione e meta-decisione), costruttivamente, per porre in atto comportamenti adatti al raggiungimento degli scopi, ovvero per il raggiungimento di un risultato adeguato alle intenzioni stabilite»<sup>19</sup>.

16. Corasaniti R., Op. cit.

17. Potrebbe fornire utili informazioni di carattere diagnostico, ma non potrebbe essere utilizzato per valutare l'apprendimento relativo ad una precisa attività laboratoriale.

18. Gattullo M., Op. cit.

19. Domenici G. *La valutazione nel nuovo sistema formativo*, in *La valutazione come risorsa. Analisi degli apprendimenti e autovalutazione di istituto*, Napoli, Tenodid, 2000.

## La (ri)valutazione delle attività di laboratorio: riflessioni e proposte

### Bibliografia

1. E. Aquilini, *La Chimica nel biennio dell'obbligo*, Atti del XV Congresso Nazionale della Divisione di Didattica Chimica, Genova, Dicembre 2007, Pag 10.
2. G. Benvenuto, *Mettere i voti a scuola*, Carocci Editore, Roma, 2003.
3. A. Borsese, *Introduzione agli atti del XV Congresso Nazionale della Divisione di Didattica Chimica*, Genova, Dicembre 2007.
4. A. Borsese, M. Carnasciali e altri, *Formazione iniziale degli insegnanti nella SSIS: il caso A013 a Genova*, Atti del XV Congresso nazionale della Divisione di Didattica Chimica, Genova, Dicembre 2007, Pag 16.
5. L. Cardellini: *SoTL: L'eccellenza è possibile*, Atti del XV Congresso Nazionale di Didattica Chimica, Genova, Dicembre 2007, Pag 27.
6. R. Carpignano, G. Cerrato, D. Lanfranco, T. Pera, *Gli indicatori del piano ISS a confronto con Le indicazioni per il Curricolo del primo ciclo d'istruzione-Area matematico-scientifico-tecnologica*, Atti del XV Congresso Nazionale della Divisione di Didattica Chimica, Genova, Dicembre 2007, Pag 35.
7. Domenici G., *Manuale della valutazione scolastica*, Roma-Bari, Laterza, 2001.
8. G. Domenici, *Le prove semistrutturate di verifica degli apprendimenti*, Torino, UTET, 2005.
9. Domenici G. *La valutazione nel nuovo sistema formativo*, in *La valutazione come risorsa. Analisi degli apprendimenti e autovalutazione di istituto*, Napoli, Tenodid, 2000.
10. Kuhn T. S., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Torino, Einaudi, 1969.
11. C. Fiorentini, *Scuola di base: il ruolo degli insegnanti*, *Insegnare*, N 3/1997.
12. Legrand L., *Politiche dell'educazione*, Roma, Anicia, 2000.
13. M. Lichtner, *Valutare l'apprendimento: teorie e metodi*, Milano, Franco Angeli, 2004.
14. E. Mansueti, *La giusta sequenza in un'insalata*, *Didattica delle scienze e informatica nella scuola*, N 252, Novembre 2007.
15. E. Mansueti, *L'attività in laboratorio dal punto di vista della valutazione: costruzione di saperi scientifici o semplice acquisizione di abilità sperimentali?*, Atti del XV Congresso della Divisione di Didattica Chimica, Genova, Dicembre 2007, Pag 48.
16. E. Mansueti, *Officine di concetti: la cucina e il laboratorio*: Atti del XV Congresso della Divisione di didattica Chimica, Genova, Dicembre 2007, Pag 51.
17. E. Mansueti, *Ricerca dei Perborati in uno sbiancante*, Programmazione didattica A.S. 2004-2005.
18. E. Mansueti, D. Arnold, G. Benvenuto, A. Giacomantonio, M. Fabbri, L. Morichelli, S. Pozio, in: *Verifica e valutazione dei processi formativi*, Quaderni della SSIS Lazio 1, Edizioni Nuova Cultura.
19. F. Olmi, *Il laboratorio nella didattica della chimica*, *Chimica nella Scuola*, n 4-5, 2006.
20. Piano ISS, *I Seminario Nazionale-Milano-Napoli*, Novembre-Dicembre 2006, Documenti di lavoro, Volume 1, Ministero della Pubblica Istruzione, Dipartimento Per l'Istruzione, Roma, 2006.
21. Popper K., *Logica della scoperta scientifica. Il carattere autocorrettivo della scienza*, Torino, Einaudi, 1970.
22. E. Roletto, *Apprendimento delle scienze e didattiche disciplinari*, Iridis, Torino, 2003.
23. L.S. Shulman, *Taking Learning Seriously*, Change, 1999.
24. L.S. Shulman, *Teaching as Community Property: Putting an End to Pedagogical Solitude*, Change, 1993.
25. E. Torracca-Punti focali della didattica della chimica-Alcune considerazioni sul ruolo del laboratorio-Didichim, Sett 2000.

# La Regola delle Fasi di Gibbs ed il suo Analogico Algebrico-Geometrico

MARIO CAPITELLI

Dipartimento di Chimica-Università di Bari - mario.capitelli@ba.imip.cnr.it

## Riassunto

La regola delle fasi di Gibbs è illustrata paragonando i risultati chimici con quelli provenienti da un analogo algebrico-geometrico descrivente il volume di solidi semplici.

## Abstract

Gibbs phase rule is discussed by comparing the chemical results with a geometric-algebraic analogy describing the volume of simple solids.

La regola delle fasi di Gibbs è tra le più usate equazioni della termodinamica chimica, la cui dimostrazione è riportata in numerosi testi [1, 2]. Dal punto di vista logico la regola si ricava facendo la differenza tra il numero delle incognite, I (chimiche e fisiche) indipendenti ed il numero di equazioni E che le collegano. Questa differenza si chiama varianza (v), rappresenta il numero d'incognite che si devono fissare per risolvere il problema. Possiamo scrivere quindi

$$v = I - E \quad 1)$$

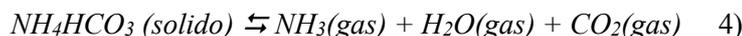
Questa equazione diventa in termodinamica chimica

$$v = c + 2 - f \quad 2)$$

Nell'equazione 2) c rappresenta il numero di componenti chimici indipendenti, f il numero delle fasi, mentre il fattore 2 rappresenta le incognite fisiche indipendenti (le coppie p-T; V-T; p-V). Un piccolo corollario ci permette di definire c eliminando dal numero di specie chimiche presenti nella reazione d'equilibrio le relazioni matematiche esistenti tra esse nella stessa fase i.e.

$$c = (\text{specie chimiche}) - (\text{relazioni matematiche}) \quad 3)$$

Un esempio chiarirà il problema. Consideriamo l'equilibrio eterogeneo



Le specie chimiche sono quattro ( $NH_4HCO_3$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$ ) e le fasi 2 (solido, gas).

Le relazioni matematiche sono la costante d'equilibrio e le relazioni stechiometriche tra i componenti in fase gassosa. Quest'ultime dipendono dal problema in esame. Se infatti facciamo avvenire la reazione di dissociazione in presenza di concentrazioni (preesistenti) diverse dei tre componenti cadono tutte le relazioni stechiometriche e quindi possiamo scrivere solo la costante d'equilibrio che lega le tre pressioni parziali. Possiamo rappresentare questa situazione come

$$K_p = P_{NH_3} P_{H_2O} P_{CO_2} \quad 5)$$

$$P_{NH_3} \neq P_{H_2O} \neq P_{CO_2} \quad 6)$$

Il numero dei componenti indipendenti c è quindi in questo caso uguale a 3 (quattro specie chimiche meno la relazione di equilibrio) e la varianza diventa

$$v = 3 + 2 - 2 = 3 \quad 7)$$

Chiamando

$$P_{NH_3} = x \quad P_{H_2O} = y \quad P_{CO_2} = z \quad 8)$$

possiamo scrivere l'equazione di equilibrio come

$$K_p = xyz \quad 9)$$

## La regola delle fasi di Gibbs ed il suo analogo algebrico-geometrico

Ricordando che la costante di equilibrio dipende solo dalla temperatura, la varianza tre significa che per conoscere le varie pressioni parziali dobbiamo fissare la temperatura e la coppia x, y o la temperatura e la coppia x, z e così via. Se un solo componente preesiste in fase gassosa (ad esempio l'ammoniaca), resta la relazione stechiometrica tra gli altri due componenti cioè:

$$P_{NH_3} \neq P_{H_2O} = P_{CO_2} \quad (10)$$

Il numero di componenti indipendenti diventa quindi 2 (4-2) e la varianza diventa 2. Riscrivendo la costante di equilibrio in funzione x,y,z otteniamo

$$K_p = xy^2 \quad (11)$$

Il nostro problema sarà univocamente determinato fissando T ( che fissa  $K_p$ ) e x, o T ed y.

Come ultimo esempio consideriamo la dissociazione senza la preesistenza delle specie che partecipano all'equilibrio: in questo caso le tre pressioni parziali sono le stesse ( i coefficienti stechiometrici dei prodotti nella reazione in esame sono 1/1/1) e quindi la stechiometria della reazione introduce due nuove equazioni che sommate alla costante di equilibrio portano a c=1 ed ad una varianza v=1.

Possiamo quindi scrivere

$$P_{NH_3} = P_{H_2O} = P_{CO_2} \quad (12)$$

$$K_p = x^3 \quad (13)$$

Il sistema è monovariante cioè fissato T esisterà una ed una sola pressione parziale nel sistema bifasico indipendentemente dalla quantità di solido.

Vediamo ora l'analogo algebrico-geometrico (a-g); consideriamo il volume V di un parallelepipedo di dimensioni x, y, z. Le incognite del problema sono 4 (V, x, y, z) e la varianza matematica, applicando l'equazione 1) e tenendo conto dell'equazione che lega V a x,y,z

$$V = xyz \quad (14)$$

è 3. Per conoscere il volume dobbiamo fissare le tre dimensioni , oppure possiamo fissare il V e due dimensioni per conoscere l'altra dimensione e così via. L'equazione 14) rappresenta l'analogo algebrico-geometrico della 9).

Facciamo ora entrare la "stechiometria "algebrica-geometrica"; consideriamo ad esempio un parallelepipedo a base quadrata ed introduciamo la seguente "stechiometria"

$$x \neq y = z \quad (15)$$

La varianza quindi diventa 2: per conoscere il volume occorre sapere x e y attraverso

$$V = xy^2 \quad (16)$$

L'equazione 16) è l'analogo a-g della Eq.11).

Trasformiamo ora il nostro parallelepipedo in un cubo cioè aggiungiamo all'equazione del volume le due equazioni "stechiometriche"

$$x = y = z \quad (17)$$

La varianza diventa quindi 1 ; il volume del cubo è univocamente determinato dalla dimensione x

$$V = x^3 \quad (18)$$

Esiste quindi una relazione biunivoca tra V e x esattamente come l'esempio chimico della dissociazione senza la preesistenza delle varie specie (Eq.13).

Questo semplice esempio mostra l'analogia tra la varianza chimica e la varianza a-g e può far capire meglio la regola delle fasi a studenti che già conoscono il volume di un parallelepipedo ma che nulla sanno della regola di Gibbs. Spingerà inoltre il Professore di Chimica e quello di Matematica a svolgere un approccio interdisciplinare, enfatizzando i relativi punti in comune.

Per concludere vogliamo anche ricordare che in geometria pura [3] per i solidi poliedri come cubi, ottaedri e tetraedri esiste una relazione tra il numero totale delle facce del solido F, il numero di vertici Ve ed il numero di spigoli S

$$F = S + 2 - \nu_e$$

19)

completamente analoga alla regola di Gibbs.

### Ringraziamenti

L'autore vuole ringraziare i colleghi P.Giannoccaro e F.Paniccia del Dipartimento di Chimica dell'Università di Bari per i loro suggerimenti.

### Referenze

- [1] M.Capitelli, R.Celiberto e S.Longo “**Fondamenti di Chimica:Termodinamica e Cinetica Chimica**” Seconda Edizione Adriatica, Bari 2004.  
 [2] P.W. Atkins “**Chimica Fisica**” Seconda Edizione Italiana Zanichelli, Bologna 1989.  
 [3] R.E.Dicherson, H.B.Gray e G.P.Haight “**Principi di Chimica**” Edizione Italiana a cura di C.Pedone e E.Benedetti Editoriale Grasso, Bologna 1984.

## DALLA REDAZIONE

La redazione di CnS- La Chimica nella Scuola ha affidato a due redattori, Fabio Olmi e Tiziano Pera, la messa a punto del numero “Speciale” 2009 sul curriculum verticale di chimica:

**“Per una scuola delle competenze: il curriculum verticale di chimica, presentazione e commenti”.**

Con il presente comunicato, che verrà messo sul nostro sito e pubblicato sulla rivista, si intende promuovere la presentazione di contributi da parte dei soci insegnanti, ricercatori e docenti universitari che si occupino di didattica e che non abbiano partecipato ai lavori della Commissione Curricoli (CC) e da parte di insegnanti anche non iscritti alla DD/SCI.

L'intero curriculum, suddiviso per fasce scolari, è consultabile sul sito [www.didichim.org](http://www.didichim.org)

I contributi (autore, abstract, format in times new roman, carattere 12, con eventuali illustrazioni, tabelle o grafici indicate nel testo ed allegate a parte, alla fine del file testo) devono pervenire entro e non oltre il 31 Luglio 2009 ad uno dei seguenti indirizzi:

-Fabio Olmi: [fabio.olmi@gmail.com](mailto:fabio.olmi@gmail.com)

-Tiziano Pera: [tiziano.pera@cobianchi.it](mailto:tiziano.pera@cobianchi.it)

La redazione si riserva naturalmente di vagliare la pubblicabilità dei materiali che perverranno, in riferimento alle finalità della pubblicazione e ai canoni di rigore stabiliti dai referee di CnS.

## Agenti tossici negli ambienti di lavoro: cenni storici sulle concentrazioni limite nell'Italia degli anni '70

SILVIA D'AMICO

Modena - silvia-damico@libero.it

Il rischio chimico è sempre stato per i lavoratori tra i più insidiosi. Se sintomi di intossicazione acuta si manifestano generalmente poco tempo dopo l'esposizione a concentrazioni elevate di un dato agente, va ricordato che molte malattie professionali restano per anni silenti. Nelle pagine che seguono si riflette su uno strumento dell'igiene industriale affermatosi in Italia negli anni Settanta del Novecento: i MAC (Maximum Allowable Concentrations), concentrazioni massime accettabili degli agenti tossici negli ambienti di lavoro.

Nel nostro Paese furono i lavoratori chimici i primi a raggiungere questo traguardo. Il CCNL del 1969 sanciva per essi il diritto a non prestare servizio qualora si registrassero, per determinati agenti tossici, concentrazioni superiori ai limiti stabiliti dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

In questa sede ci interroghiamo sul significato di tale conquista. Come s'è detto, l'acronimo MAC portava con sé l'idea di accettabilità, ma chi era davvero il soggetto chiamato ad accettare? E in nome di quali obiettivi e in quali condizioni reali si arrivava a tale accettazione?

Guardiamo innanzitutto all'origine dei MAC. Riferimenti a concentrazioni limite erano apparsi nella letteratura tedesca, russa e americana già negli anni Trenta, specie in relazione alle polveri. Si dovette però attendere il secondo dopoguerra per il primo vero e proprio elenco di concentrazioni massime ammissibili per agenti tossici nell'aria. La lista dei MAC fu pubblicata dall'ACGIH nel 1946, insieme alle informazioni sui criteri adottati per la loro definizione. Da allora annualmente l'organizzazione americana curava un aggiornamento dell'elenco. Negli anni successivi simili liste furono stilate dapprima nella Repubblica Federale Tedesca, in Unione Sovietica, in Cecoslovacchia, poi in numerosi altri Paesi.<sup>1</sup>

Tuttavia, in quegli anni di guerra fredda, punti di riferimento restarono sempre i MAC americani e quelli sovietici. In Unione Sovietica i limiti erano proposti dall'Accademia Russa per le Scienze mediche e dagli Istituti di Medicina e Igiene del Lavoro di Mosca e di altre città; venivano approvati da un comitato apposito e pubblicati dal Ministero della Sanità. Pertanto nell'URSS, e in generale nei Paesi del blocco sovietico, i limiti avevano immediato riconoscimento giuridico. Negli USA le cose andavano diversamente. Nonostante il nome, l'ACGIH non era – e non è tuttora – un organismo governativo: accetta sponsorizzazioni e non è insensibile alle esigenze dell'industria.<sup>2</sup> Negli Stati Uniti le tabelle ACGIH, seppur adottate tra il '59 e il '68 da una dozzina di Stati e riconosciute dalle compagnie assicurative come standard per la liquidazione delle malattie professionali, entrarono nelle leggi federali solo nel '69. A partire dall'anno successivo, con l'approvazione del Williams-Steiger Occupational Safety and Health Act, che sottoponeva al rispetto di valori limite tutte le attività che interessavano il commercio interstatale o estero, a fissare tali valori fu l'OSHA, cioè l'ufficio amministrativo per la salute e la sicurezza occupazionale del Ministero del Lavoro degli Stati Uniti.<sup>3</sup>

Quanto all'Italia, le prime liste di MAC apparvero a metà degli anni Cinquanta, a cura della Sezione di Igiene Industriale della Clinica del Lavoro di Milano. Tali liste non furono recepite dal diritto. Solo nel '75 – nello stesso anno in cui veniva reso noto il primo elenco di limiti curato da Società di Medicina del Lavoro e Associazione Italiana degli

1. VIGLIANI E., in "Medicina del Lavoro", vol. 60, n.11, 1969, p.644; PARMEGGIANI L., in *Atti del Convegno sui limiti ammissibili degli agenti nocivi dell'industria (MAC)*, in "Medicina del Lavoro", vol. 64, nn.5-6, 1973, pp.166-167.

2. Così l'allora responsabile del Comitato per i valori limite di soglia delle sostanze chimiche presentava nell'86 lo status dell'ACGIH: "The American Conference of Governmental Industrial Hygienists is an independent organization whose membership is limited to Federal, State and local government employees, and members of the academic community. The organization is totally financed by revenue from membership dues, from the sale of the organization's publications and sponsorship of conference and symposia", cfr. CARTER V. L., in "Medicina del Lavoro", vol.77, n.4, 1986, p.445. Sull'indipendenza dell'ACGIH si veda lo studio di CASTLEMAN B., ZIEM G.E. in "American Journal of Industrial Medicine", n.13, 1988, disponibile anche in italiano in "Rassegna di Medicina dei Lavoratori", n.15, 1989.

3. FOA V., MERLUZZI F., in "Sapere", n.779, febbraio 1975, p.17; BIOCCHA M., in *Atti del Convegno sulla regolamentazione dei cancerogeni in ambiente di lavoro (Torino, 6 ottobre 1984)*, in "Epidemiologia e Prevenzione", n.23, 1985, p.28.

Igienisti Industriali – un ente statale, l'ENPI, pubblicava un documento sui valori limite ponderati.<sup>4</sup>

A livello internazionale, un primo valore limite fu stabilito nel 1971 con la Convenzione 136 e la Raccomandazione 144 emanate dall'Organizzazione Internazionale del Lavoro contro i rischi di intossicazione da benzene.<sup>5</sup> Qualche anno prima, nel giugno 1968, il Comitato Misto OIL-OMS sulla Medicina del Lavoro si era occupato dei “limiti ammissibili per l'esposizione professionale alle sostanze che possono trovarsi nell'aria dei luoghi di lavoro”. Un problema sollevato allora era stato quello delle differenze esistenti tra i diversi elenchi, differenze che riguardavano tanto il numero degli agenti considerati quanto i valori indicati. Era emerso in quell'occasione come le liste dell'URSS e quelle dell'ACGIH indicassero solo per 24 sostanze valori prossimi (con una differenza che non superava il rapporto da 1 a 2). Per tante altre sostanze i valori indicati dai due elenchi si discostavano in maniera significativa, arrivando in alcuni casi ad un rapporto da 1 a 90. Tale disomogeneità – si legge nel rapporto OIL-OMS – derivava

dalla differente concezione di ciò che può costituire un danno per la salute, oppure dai differenti metodi sperimentali ed epidemiologici usati per stabilire queste concentrazioni.<sup>6</sup>

Il Comitato aveva allora fatto propri i valori indicati per le 24 sostanze su cui c'era un accordo di massima; non s'era espresso su altri agenti, limitandosi a raccomandare studi approfonditi sull'origine delle differenze, al fine di giungere alla massima armonizzazione tra le diverse scuole.<sup>7</sup>

Non era certo cosa facile. Nel marzo '73, al convegno sui MAC organizzato dall'Associazione Lombarda dei Medici del Lavoro e dall'AIDII, si evidenziava come le differenze tra le liste fossero ancora marcate. Si pensi soltanto al numero degli agenti considerati: la lista sovietica del '67, quella che era allora l'ultima edizione, comprendeva circa 450 voci; la lista svizzera del 1971 quasi 500; quella rumena, ferma al '66, meno di 400; la lista ACGIH edita nel '72 più di 550 voci (compresi agenti quali rumore, calore, lavoro muscolare, raggi ultravioletti, laser, radiazioni ionizzanti); la lista curata dal NIOSH per l'applicazione dell'Occupational Safety and Health Act ben 12 mila.<sup>8</sup>

Confrontando l'elenco sovietico e quello dell'ACGIH, si poteva notare come i limiti del primo fossero più restrittivi, sia per quanto concerneva i valori indicati sia per il tipo di limite cui facevano riferimento. Tra le ragioni del divario vi era una diversa definizione di tossicità. Gli studi sovietici, infatti, consideravano rilevante il criterio dell'analogia animale-uomo: dapprima sperimentavano sugli animali le sostanze quindi confermavano o meno il dato sperimentale alla luce di quello epidemiologico. Se il NIOSH aveva adottato una procedura simile nello stilare la sua tabella, diverso era il protocollo dell'ACGIH, che fondava sull'analogia solo un quarto dei valori. Diverso era anche il modo di valutare il dato epidemiologico: per gli igienisti americani era tossico ciò che produceva una condizione patologica; per quelli sovietici qualunque agente capace di deviare dallo “stato normale” le condizioni fisiologiche dell'uomo, anche solo di alterarne i riflessi. Gli studi sovietici per la definizione dei MAC comprendevano quindi prove di funzionalità del sistema nervoso centrale che non erano effettuate negli Stati Uniti.<sup>9</sup>

Quanto al tipo di limite, mentre le autorità sanitarie sovietiche stabilivano dei MAC in senso stretto, da intendersi cioè come limiti massimi mai superabili, gli igienisti americani avevano introdotto un concetto più flessibile, quello di TLV (Threshold Limit Value), valore limite di soglia, poi indicato con l'espressione TLV-TWA (Threshold Limit Value – Time Weighted Average), media ponderata nel tempo del valore limite di soglia. Ad essere valutata era qui la concentrazione media dell'intero turno lavorativo, ricavabile moltiplicando le varie concentrazioni per i tempi di esposizione e dividendo il prodotto per il tempo totale. Il TLV-TWA poteva quindi essere superato se gli sforamenti erano compensati dai valori inferiori ad esso, purché non si superasse il valore limite di soglia fissato per le esposizioni di breve durata (generalmente 15 minuti), valore poi indicato con la sigla TLV-STEL (Threshold Limit Value – Short Time Exposure Level). Valori pari al TLV-STEL erano permessi per non oltre quattro escursioni giornaliere con un intervallo di almeno 60 minuti tra i periodi di esposizione. Nel 1968, l'ACGIH aveva suddiviso gli agenti inquinanti in quattro classi di variabilità, sulla base dell'effetto di dispersione momentanea dell'inquinante. A ciascuna classe aveva assegnato un fattore numerico di variabilità: alla prima classe, in cui erano catalogati gli inquinanti con un effetto di dispersione momentanea elevato, corrispondeva il fattore 3, il fattore più alto. Per un agente di prima classe, l'ACGIH ammetteva dunque un TLV-STEL pari a tre volte il TLV-TWA. L'esigenza di un limite da non superare neanche per poco tempo era riconosciuta dall'ACGIH solo per alcune sostanze, marcate nelle tabelle con la lettera C (ceiling, tetto). In modo simile, il Comitato Cecoslovacco sui MAC aveva predisposto una tabella con due valori per ogni sostanza: un

4. L'iniziativa era partita dal Ministero del Lavoro nel 1973. Il sottosegretario Bosco aveva provveduto ad istituire presso l'ENPI un'apposita commissione composta da esperti dell'ENPI, docenti universitari, rappresentanti sindacali e dell'industria e presieduta da Ricciardi, capo dell'Ispettorato Medico del Lavoro e consigliere di amministrazione dell'ENPI. STANZANI C., in “Medicina dei Lavoratori”, nn.4-5, 1977, p.343.

5. GUARINIELLO R., in “Medicina del Lavoro”, vol. 73, n.1, 1982, pp.3-7.

6. *Rapporto della sesta sessione del Comitato misto OIL/OMS su la Medicina del Lavoro (Ginevra, 4-10 giugno 1968)*, in MARRI G., “Rassegna di Medicina dei Lavoratori” n.6, 1971, pp. 55-56.

7. *Ibidem.*

8. PARMEGGIANI L., in *Atti del Convegno sui limiti ammissibili*, cit., p.167.

9. *Ibidem.*, p.168.

## Agenti tossici negli ambienti di lavoro

Mean MAC e un Peak MAC.<sup>10</sup>

Di fatto era stata l'accezione di MAC come TLV che era prevalsa sul piano internazionale. Si legga la definizione di MAC approvata al Primo Simposio Internazionale sui limiti massimi di tollerabilità delle sostanze tossiche, svoltosi a Praga nel 1959:

Si intende per massima concentrazione tollerabile la concentrazione *media* nell'aria di una sostanza che, *agendo per tutta la giornata lavorativa* non provoca, alla stregua dei metodi di controllo più sensibili accettati in sede internazionale, sintomi né segni di malattia, né di menomazione fisica in nessun lavoratore, eccezion fatta per i casi di ipersensibilità.<sup>11</sup>

In linea di massima, i MAC della Clinica del Lavoro di Milano rispecchiavano quelli degli igienisti americani. La prima tabella, pubblicata nel '55, comprendeva 24 voci, di cui solo 5 avevano valori diversi da quelli ACGIH. Nel '69 ne comprendeva 131, discostandosi dai valori americani solo per le voci relative alle polveri inerti e silicotigene, all'acido cromico e ai cromati, al piombo organico e inorganico e a 21 sostanze organiche per le quali venivano proposti valori inferiori in quanto potenziali cause di irritazione agli occhi o perché dotate di spiacevoli caratteristiche organolettiche. Gli igienisti italiani imputarono le differenze tra i propri limiti e quelli dell'ACGIH alla non completa omogeneità nei protocolli adottati o alla specificità del contesto italiano.<sup>12</sup>

Anche i limiti pubblicati a partire dal 1975 dalla Società Italiana di Medicina del Lavoro insieme all'Associazione Italiana Degli Igienisti Industriali ammettevano i superamenti. Si trattava a tutti gli effetti di TLV-TWA, definiti in questo caso "Valori Limite Ponderati". La tabella precisava che le escursioni ammesse al di sopra del VLP durante la giornata lavorativa variavano in funzione del VLP stesso. I VLP potevano essere superati: 3 volte nel caso di un VLP fino a 1 mg/m<sup>3</sup>; 2 per VLP fino a 10 mg/m<sup>3</sup>; 1,5 volte per VLP fino a 100 mg/m<sup>3</sup>; 1,25 volte per VLP oltre i 100 mg/m<sup>3</sup>. Solo per alcune sostanze, marcate con due asterischi nella tabella, si raccomandava di non superare il VLP per più di 15 minuti. Quanto agli effetti presi in esame per determinare i limiti, tali effetti non comprendevano allora le alterazioni delle funzioni nervose superiori e del comportamento. Così l'igienista Zurlo giustificava tale scelta:

La ragione di questo è nei modelli culturali e nella metodologia in uso nel nostro Paese per lo studio degli effetti degli agenti nocivi. Si tratta di una scelta eminentemente pratica che consente di attuare immediatamente un elevato standard igienico nei luoghi di lavoro.<sup>13</sup>

Abbiamo detto che nel '69 il contratto collettivo dei lavoratori chimici si richiamava ai limiti ACGIH. Non poteva essere altrimenti in assenza di un elenco completo emanato da organismi internazionali e con l'intero mondo accademico italiano che ai limiti americani si richiamava. Tanto più che lo stesso Comitato misto OIL-OMS di cui prima s'è parlato, discussa la questione della variabilità del limite, aveva indicato per ogni agente diversi livelli di esposizione, corrispondenti ad altrettante classi di effetti biologici. Tali livelli erano così definiti:

Categoria A (esposizioni non pericolose): esposizioni che, allo stato attuale delle nostre conoscenze, non provocano alcun cambiamento rilevabile dello stato di salute e della capacità lavorativa delle persone esposte, in qualunque momento della vita.

Categoria B: esposizioni che possono provocare effetti, rapidamente reversibili sulla salute o sulle capacità lavorative, ma che non provocano uno stato definito di malattia.

Categoria C: esposizioni che possono provocare un danno reversibile.

Categoria D: esposizioni che possono provocare danni irreversibili o addirittura la morte.<sup>14</sup>

In ambiente sindacale, c'era chi, come Gastone Marri, aveva accolto positivamente la proposta del Comitato OIL-OMS, interpretando l'introduzione delle prime due categorie come un argomento a sostegno della

[...] necessità di valorizzazione dell'osservazione soggettiva che i lavoratori e gruppi omogenei sono in grado di esprimere in termini di disturbi e quindi, appunto, per determinare un primo livello di validazione dei MAC.

Tale livello assume particolare importanza se consideriamo nell'ambito dei criteri proposti dal rapporto [...] come indicatori della nocività, nell'ambito dei quali vengono considerate le modificazioni del comportamento (modificazioni delle funzioni

10. VIGLIANI E., "Medicina del Lavoro", vol. 60, n.11, 1969, p.645; ZURLO N., in "Medicina del Lavoro", vol.60, n.11, 1969, pp.652-655; CARNEVALE F., PIGATO R., in "Rassegna di Medicina dei Lavoratori", n.6, 1971, p.8; STANZANI C., "Medicina dei lavoratori", nn.4-5, 1977, p.345; CASTELLINO N. et alii (2000), pp.126-131; BANDINELLI B., (1978), pp.19-20; ACCUSANI DI RETORTO E., on line su "Minerva", §3.2.

11. VIGLIANI E., "Medicina del Lavoro", vol. 60, n.11, 1969, p.646 e MARRI G., in "Sindacato e società", n.6, 1969, p.17. Corsivo mio.

12. Ad esempio il limite per il piombo era stato abbassato in quanto s'erano presi in considerazione i risultati di uno studio che registrava nelle urine di residenti a Milano e altre aree della Lombardia una concentrazione "normale" di piombo, legata cioè ad esposizione extraprofessionale, superiore a quella presente nelle urine di residenti negli Stati Uniti. ZURLO N., in "Medicina del Lavoro", vol.60, n.11, 1969, pp.659-661.

13. *Valori Limite Ponderati degli inquinanti chimici e particolari degli ambienti di lavoro per il 1975*, in "Medicina del Lavoro", vol.66, n.4, 1975, p.366.

14. *Rapporto della sesta sessione*, cit., p.55. Il sistema dei livelli indicativi multipli era già stato adottato nel 1964 dall'OMS per l'inquinamento atmosferico, cfr. VIGLIANI E., in "Medicina del Lavoro", vol. 60, n.11, 1969, p.649.

sensoriali e delle funzioni nervose superiori, dei riflessi condizionati e non condizionati), che spesso soltanto i lavoratori esposti al rischio e i gruppi omogenei possono osservare, esprimere, raccogliere e registrare.<sup>15</sup>

Ma il dibattito seguito alla proposta durante la stessa riunione del Comitato OIL-OMS aveva evidenziato come il sistema dei livelli indicativi multipli non fosse il più adatto a risolvere le controversie: ne faceva infatti sorgere di nuove su ciascuna delle categorie proposte.<sup>16</sup>

In realtà, il movimento operaio guardava con maggior fiducia ai MAC dell'URSS. Di certo, l'enorme interesse che la medicina del lavoro di quel Paese suscitava in ambiente operaio e sindacale rifletteva la convinzione ideologica che in un regime socialista vi fosse posto per una scienza davvero a servizio degli uomini. Tra febbraio e marzo '69, una delegazione composta da responsabili dell'INCA, delle Camere del Lavoro provinciali, delle Segreterie regionali, della FILCEA e della FIOM, visitava l'Unione Sovietica con l'esplicito obiettivo di studiare come il problema dell'ambiente di lavoro fosse lì affrontato. Con queste parole, sulla rivista della FILCEA, veniva descritto quanto osservato:

[...] risultati per noi impensabili. Concretamente: vedere la neve bianca attorno ad una grande fonderia – più di 7000 addetti – situata alla periferia di Mosca, o l'acqua di scarico quasi potabile a valle di una grande conceria a Erevan in Armenia, non sono fatti oggi verificabili nel nostro paese [...]. Il Sindacato [...] svolge un ruolo primario [...]. Esso, tramite i propri Istituti, elabora con lo Stato gli indici sui massimi gradi di concentrazione nociva consentita sul luogo di lavoro. A tal fine vengono indicate norme e standard generali che si possono definire "a misura d'uomo" cioè notevolmente più basse di quelle esistenti nei paesi occidentali.<sup>17</sup>

È facile leggere in tale racconto un'eccessiva fiducia nella rappresentatività di quanto mostrato nel corso di una visita ufficiale, se non addirittura una mera opera di propaganda. Si deve tuttavia ammettere che non si trattava di sola fede politica: i valori limite sovietici, ad esempio, risultavano più garantisti nei confronti dei lavoratori, poiché, come si è detto, non ammettevano le oscillazioni al di sopra del MAC. E così furono in molti a mettere in guardia contro la concezione americana dei limiti. Diversi contributi critici furono ospitati sulla rivista dell'INCA "Rassegna di Medicina dei Lavoratori". Interessante un articolo del '71 a firma di Francesco Carnevale e Renata Pigato. Ricordata la variabilità dei TLV ACGIH, le quattro categorie stabilite dall'OIL, nonché i limiti per brevi periodi di esposizione proposti per le situazioni di emergenza dall'AIHA (American Industrial Hygienist Association), i due concludevano:

Tutti questi tentativi di dinamicizzare il concetto di MAC sono testimoni della prepotente volontà di applicare quei valori all'industria, cioè di giustificare scientificamente le esigenze della produzione. [...] È da notare che l'interpretazione più recente dei MAC americani potrebbe giustificare livelli di tossicità acuta almeno per alcune sostanze (quelle con MAC più bassi).<sup>18</sup>

Anche al di fuori del contesto sindacale si ammetteva che la scelta dei nuovi tipi di limite era dettata dalle esigenze produttive. Così si esprimeva, ad esempio, Parmeggiani della Direzione Sanitaria della FIAT:

[...] gli enti americani che stabiliscono i limiti massimi ammissibili sembrano più consapevoli, in confronto alle autorità sanitarie sovietiche, dei problemi pratici che si presentano al rispetto dei valori relativi sui luoghi di lavoro. Questi problemi dipendono da una parte dalla sensibilità e fiabilità dei metodi di analisi, dall'altra dalla possibilità di realizzare una data esposizione professionale allo stato attuale di sviluppo tecnologico. [...]

Non di rado nella pratica industriale i lavoratori sono esposti a certi rischi tossici solo di tanto in tanto e per tempi relativamente brevi. Voler realizzare in questi casi i limiti ammissibili che sono stabiliti in funzione di esposizioni giornaliere continuate per la durata di un intero turno di lavoro significherebbe aumentare senza necessità i costi di produzione. [...]<sup>19</sup>

In questi termini Vigliani, direttore della Clinica del Lavoro di Milano:

[...] le massime accettabili di concentrazione americane rappresentano limiti pratici, che possono essere rispettati dalle industrie e che sono incapaci di produrre alcun serio effetto sulla salute dei lavoratori; le concentrazioni massime sovietiche rappresentano limiti teorici, altamente auspicabili, ma non sempre rispettabili nelle industrie.<sup>20</sup>

E il rapporto OIL-OMS del '68 avvertiva:

[...] l'industrializzazione e la modernizzazione dell'agricoltura possono essere ritardate. [...] L'applicazione dei limiti ammissibili a volte comporta considerevoli difficoltà di ordine finanziario e tecnico.<sup>21</sup>

Ma non erano soltanto questo tipo di valori limite ad essere oggetto di critiche. In quegli anni di grande fermento sociale vi era chi rifiutava il concetto di MAC di per sé. Tra questi ricordiamo il Gruppo di lavoro per la Prevenzione e l'Igiene Ambientale del Consiglio di Fabbrica della Montedison di Castellanza, il collettivo col quale collaborava Giulio Alfredo

15. MARRI, in "Rassegna di Medicina dei Lavoratori" n.6, 1971, p.51.

16. VIGLIANI E., in "Medicina del Lavoro" vol. 60, n.11, 1969, p.649.

17. NAVA G., in "Sindacato e società", n.2, 1969, pp.14-15.

18. CARNEVALE F., PIGATO R., in "Rassegna di Medicina dei Lavoratori", n.6, 1971, pp.8-9.

19. PARMEGGIANI L., in *Atti del convegno sui limiti ammissibili*, cit., pp.168-169.

20. VIGLIANI E., in "Medicina del Lavoro", vol. 60, n.11, 1969, p.647.

21. *Rapporto della sesta sessione*, cit., pp.53-54.

## Agenti tossici negli ambienti di lavoro

Maccacaro, uno dei protagonisti delle lotte di quegli anni per una medicina “libera dai vincoli del capitale”. Il collettivo di Castellanza non esitava a parlare di “limitatezza scientifica del MAC e dei criteri con i quali viene stabilito”. Lamentava, tra l’altro, il fatto che i limiti venissero individuati su “persona sana o addirittura atletica”. Notando poi come valori fino a qualche anno prima ritenuti accettabili non lo fossero più, concludeva:

[...] il MAC è il frutto di un rapporto di forza tra la classe lavoratrice e la classe imprenditoriale nel momento in cui viene stabilito. [...] l’unica risposta valida alla accettazione oppure no di un determinato ambiente di lavoro la deve esprimere il gruppo di lavoratori che in quell’ambiente opera.<sup>22</sup>

Una netta condanna dei MAC veniva pure da alcuni attori istituzionali, come l’Assessorato all’Igiene della Provincia di Reggio Emilia, che così si esprimeva:

[...] Poiché la ricerca e la definizione delle dosi tollerabili sono strumenti autoritari per far accettare all’operaio una condizione che percepisce come nociva, essi non sono prodotti delle esigenze della medicina, ma delle esigenze della produzione. Quindi, per il medico, MAC è uguale a zero. Spetta agli operai accettare o respingere un dato ambiente di lavoro [...].<sup>23</sup>

Sui MAC si rifletté a fondo anche alla conferenza nazionale CGIL-CISL-UIL di Rimini “La tutela della salute nell’ambiente di lavoro” del marzo ‘72. In questa occasione, diversi lavoratori, sindacalisti e medici denunciarono il carattere “padronale” e non oggettivo di tale strumento. Si conveniva per lo più sul fatto che i massimi di concentrazione erano da considerarsi strumenti utili ma non vincolanti, punti di riferimento preziosi per la denuncia delle situazioni più gravi, dei casi in cui le concentrazioni dei tossici negli ambienti di fabbrica superassero di gran lunga i valori da questi consigliati.<sup>24</sup> Per quanto la misura delle concentrazioni e il controllo dei limiti da parte dei tecnici si rivelasse utile, l’obiettivo ultimo, condiviso da lavoratori e sindacato, rimaneva quello di lasciare al “gruppo operaio omogeneo” la “validazione consensuale” tanto dei rilevamenti quanto dell’adeguatezza dei MAC alle condizioni reali del proprio ambiente di lavoro: al di sotto dei MAC restava aperto lo spazio per la contrattazione.<sup>25</sup> Era legittimo pretendere un valore al di sotto del MAC laddove il composto in oggetto si presentasse insieme ad altri fattori di nocività, come altri composti chimici o polveri, un microclima non salubre, la fatica fisica, ecc. Legittimo giudicare il dato relativo alla concentrazione nell’aria del tutto insufficiente a valutare l’esposizione nel caso delle sostanze assorbibili anche per via cutanea (pelle, mucose, occhi). Legittimo aspirare al controllo sui metodi di campionamento e ad un ambiente di lavoro che fosse salubre anche per i soggetti ipersensibili. Legittimo, infine, ipotizzare l’esistenza di un rischio che la medicina del lavoro non fosse ancora stata in grado di individuare, ipotesi questa per nulla remota visto il ritmo con cui nell’industria sono introdotte nuove sostanze e tecniche di lavorazione.

D’altronde, lo stesso mondo accademico non taceva su queste variabili. Le tabelle segnalavano le sostanze assorbibili per via cutanea, indicate generalmente con le lettere S (skin, pelle) o AC (assorbimento cutaneo). Per tali sostanze in particolare, molti specialisti ritenevano che l’unico MAC valido potesse essere quello biologico, in altre parole la concentrazione massima nei liquidi organici e nell’aria espirata. Il BLV (Biologic Limit Value) aspira a fornire il dato più rappresentativo dell’esposizione effettiva, cioè della quantità di tossico assorbita dall’individuo in funzione delle diverse operazioni che egli compie, delle postazioni che ricopre, delle sue caratteristiche biologiche. Tuttavia, anche la determinazione e il controllo dei limiti biologici sono suscettibili di interpretazioni non univoche, come la stessa medicina del lavoro in quegli anni ammetteva. Le concentrazioni biologiche dipendono infatti dalle reazioni metaboli-

22. Gruppo di lavoro per la prevenzione e l’igiene ambientale del CdF della Montedison di Castellanza, in “Rassegna di Medicina dei Lavoratori”, n.5, 1972.

23. PIZZINI E. (a cura di), *Enti locali, ambiente di lavoro e riforma sanitaria (Reggio Emilia, 26-27 marzo 1971)*, in “Rassegna di Medicina dei Lavoratori”, n.3, 1971, p.56.

24. Lo dimostrava la lotta portata avanti nel dicembre 1970 alla Montedison di Spinetta Marengo. Qui, a seguito della morte per cancro di alcuni lavoratori, l’assemblea del reparto colori e le sezioni sindacali aziendali avevano richiesto l’intervento dell’Istituto di Medicina del Lavoro di Padova. Accertata la presenza di piombo, cromo e vapori nitrosi in concentrazioni superiori alle massime accettabili (in particolare, la concentrazione per il piombo era pari a 65 volte il MAC), gli addetti del reparto colori s’erano rifiutati di lavorare, pur recandosi regolarmente in fabbrica e timbrando il cartellino. Se in un primo momento la direzione aveva risposto con la sospensione di 28 dipendenti, alla fine aveva dovuto riconoscere il pieno rispetto da parte di questi dell’art.23 del CCNL dei chimici e provvedere alle necessarie migliorie degli impianti. RIGHI M.L., in CILONA O., RIGHI M.L. (1986), p.367; CIPRIANI B., in “Quaderni di Rassegna Sindacale”, n.28, 1971, pp.109-113.

25. Nota sui MAC per Rimini ’72, a cura degli uffici sindacali CGIL-CISL-UIL, in *Fabbrica e salute. Atti della conferenza nazionale CGIL-CISL-UIL “La tutela della salute nell’ambiente di lavoro” (Rimini, 27-30 marzo 1972)*, Roma, Seusi, 1972, .16. Sul “sottomac” si veda anche PALLOTTA P., in *Atti del Convegno sui limiti ammissibili*, cit., pp.220-221; *Il controllo e la contrattazione delle condizioni ambientali di lavoro. Documento della FILCEP CGIL (giugno 1967)*, in “Assistenza sociale”, n.5, 1967, p.592; *Tavola rotonda CGIL “Ambiente di lavoro e riforma sanitaria” (16 febbraio 1971)*, in “Quaderni di Rassegna sindacale”, n.28, 1971; *Orientamenti e programmi di politica rivendicativa della FILCEA-CGIL, FEDERCHIMICI-CISL e UILCID-UIL sull’ambiente di lavoro (documento preparatorio della conferenza di Firenze del 19-20-21 Novembre 1971)*, in “Rassegna di Medicina dei Lavoratori”, n.6, 1971; *“Che cosa intendiamo per ambiente di lavoro”, tavola rotonda in preparazione alla conferenza nazionale sull’ambiente di lavoro di Rimini (27-30 marzo ’72)*, in “Rassegna Sindacale” n.231, 1972.

che le varie sostanze subiscono nell'organismo, reazioni non sempre pienamente conosciute. Si pone poi il problema di determinare il momento in cui effettuare le analisi in ragione dell'emiparado della sostanza studiata. Né i BLV risolvono la questione della definizione di tollerabilità: resta da stabilire quali effetti ricercare, quali effetti cioè considerare clinici. Ad ogni modo, nella medicina del lavoro il dato clinico – sostenevano allora e sostengono tuttora molti igienisti – non può che integrare quello ambientale: non può infatti servire a trarre conclusioni sull'ambiente lavorativo, giacché gli effetti registrati su un organismo possono essere il frutto di un'esposizione extra-professionale.<sup>26</sup> A proposito dell'esposizione a più fattori nocivi, in appendice alle tabelle, l'ACGIH ricordava la possibilità di effetti combinati<sup>27</sup> e sinergici, benché sostenesse che questi ultimi non erano necessariamente nocivi e che il più delle volte si manifestavano tra una sostanza a cui il lavoratore era esposto professionalmente e una che egli assorbiva fuori dal luogo di lavoro.<sup>28</sup>

Riguardo ai metodi di campionamento, gli igienisti ammettevano di non attuare negli ambienti di lavoro la stessa procedura adottata durante gli studi per la determinazione dei valori limite. Il numero e la durata dei campionamenti era spesso ridotto. I rilevamenti ambientali tramite colonnine fisse non misuravano poi l'effettiva esposizione dell'individuo: il dato era inficiato dagli spostamenti che i singoli lavoratori effettuavano durante il turno e da caratteristiche dell'ambiente come la ventilazione. D'altra parte, l'uso di campionatori individuali portatili comportava un costo aggiuntivo, poiché moltiplicava il numero delle analisi da effettuare e costringeva all'adozione del micrometodo. La scelta del metodo di rilevamento era insomma un compromesso tra esigenze di ordine pratico-economico e l'obiettivo della massima rappresentatività del campione.<sup>29</sup>

Le diverse scuole erano pertanto concordi nel raccomandare di non considerare il rispetto dei valori limite quali una conferma della salubrità di un ambiente. L'ACGIH, nella "documentazione" che accompagnava le tabelle, invitava esplicitamente a non considerare i TLV come una separazione netta tra concentrazioni innocue e concentrazioni nocive e scoraggiava dall'impiegare i valori indicati, specie quelli relative ai gas inerti, a scopi legali e assicurativi. Chiara era a riguardo anche la posizione della medicina del lavoro italiana. Nel '73, Salvatore Maugeri apriva così il convegno sui MAC promosso dall'Associazione Lombarda dei Medici del Lavoro (di cui era presidente) e dall'AIDII:

Diciamo subito che la sicurezza assoluta è raggiungibile solo per livelli zero di concentrazione di sostanze nocive. Potrà darsi infatti che un giorno o l'altro potrà essere documentato un effetto lesivo delle dosi ritenute innocue. La storia della medicina è piena di tali esempi. [...] la concentrazione stessa non è mai discriminante tra condizioni ambientali sicuramente innocue e condizioni sicuramente nocive. Infatti occorre tener conto di ipersensibilità individuali, per fattori congeniti od acquisiti, del potenziamento reciproco di più inquinanti, di concomitanti fattori fisici ambientali quali il calore, le radiazioni, il rumore, ecc.[...] In pratica la concentrazione massima tollerabile è una indicazione igienica operativa riferita alla media delle persone normali. Essa è accettabile se si tiene conto del suo reale significato [...] e se essa viene periodicamente revisionata sulla base dell'esperienza e della continua osservazione dell'ambiente e degli effetti del lavoro su gruppi omogenei di lavoratori esposti. In ogni caso è da tener presente [...] che la sicurezza assoluta è raggiungibile solo per livelli zero di concentrazione di sostanze lesive e che a questa meta dobbiamo sempre aspirare di giungere.<sup>30</sup>

### Cancerogeni e valori limite.

Se c'è un campo in cui la debolezza dei limiti è più evidente, questo è quello dei cancerogeni. Infatti, mentre la tossicità di un dato composto si scatena al di sopra di una certa soglia, qualunque dose di un agente cancerogeno aumenta la probabilità che si avvii il processo di oncogenesi o si sviluppino stadi già innescati da esposizioni precedenti al medesimo o a un diverso agente. Malgrado ciò, la medicina e il diritto non hanno rinunciato a fissare valori limite di soglia e concentrazioni massime per alcuni composti cancerogeni. Come per gli agenti tossici, tale approccio si giustifica con l'assunto dell'impossibilità teorica e pratica di raggiungere un livello zero di esposizione. L'impossibilità

26. Si veda ad es. l'intervento di Crepet dell'Ispettorato Medico del Ministero del Lavoro, al convegno sui MAC organizzato dall'Associazione Lombarda dei Medici del Lavoro e dall'AIDII nel '73. Tale argomentazione è sempre stata un *leit motiv* della difesa padronale, che respinge la responsabilità di tante vittime di malattie professionali attribuendo la causa di tali patologie ad abitudini del singolo, quali il fumo e l'assunzione di alcolici. Per i MAC biologici, cfr. gli interventi di CREPET M. ed ESPOSITO L., in *Atti del Convegno sui limiti ammissibili*, cit., rispettivamente pp.206-214 e 173; *Rapporto della sesta sessione*, cit., p.56; TEISINGER J., in "Medicina dei Lavoratori", nn.4-5, 1977, pp.335-342.

27. Per i quali suggerivano di porre come limite la situazione in cui la somma dei rapporti tra concentrazioni e rispettivi valori limite fosse pari ad 1. Simili indicazioni non risultavano facilmente accessibili ai non specialisti, così come può non risultare immediato il passaggio da un valore espresso in mg/m<sup>3</sup> a un valore espresso in ppm e viceversa. Questa l'amara constatazione di Zurlo: "Le tabelle ACGIH sono seguite da 5 pagine di norme interpretative che, nonostante lo sforzo per usare espressioni schematiche semplici, pratiche, sono pur sempre complicate come un testo di algebra". ZURLO N, in "Medicina del Lavoro", n.vol.60, n.11, 1969, p.665.

28. Si veda ad es. appendice B alle tabelle ACGIH del '66, allegate al documento FILCEP *Il controllo e la contrattazione delle condizioni ambientali di lavoro*, cit.

29. ESPOSITO L., in *Atti del Convegno sui limiti ammissibili*, cit., pp.172-180.

30. *Atti del Convegno sui limiti ammissibili*, cit., pp.163-165.

## Agenti tossici negli ambienti di lavoro

giustifica con l'assunto dell'impossibilità teorica e pratica di raggiungere un livello zero di esposizione. L'impossibilità teorica – affermano i sostenitori della legittimità dei valori limite – è dovuta alla soglia di rilevabilità dello strumento e all'inevitabilità dell'errore di misura. Ma il riconoscimento dell'impossibilità teorica di una misura reale si traduce davvero nell'impossibilità di prescrivere un'esposizione nulla? In realtà, un MAC zero per gli agenti nocivi in ambiente di lavoro rimane un obiettivo raggiungibile e non difficilmente controllabile: è sufficiente che si abbandonino i prodotti e lavorazioni che fanno uso di tali agenti. In altre parole, ciò che gli istituti di igiene, gli organismi internazionali e i legislatori hanno per lo più negato non è altro che la realizzabilità tecnologica, economica e sociale dell'eliminazione di dati prodotti e processi lavorativi. A tal proposito il già più volte citato rapporto del '68 del Comitato misto OIL-OMS affermava:

[...] Poiché la sensibilità dei procedimenti analitici è andata sempre più aumentando, il concetto di concentrazione zero non ha che un valore teorico e può significare soltanto l'impossibilità di rilevare una sostanza con un procedimento di una data sensibilità. La concentrazione veramente zero si può ottenere soltanto con la eliminazione totale dei prodotti e dei processi tecnologici responsabili della presenza della sostanza inquinante, il che, spesso, è irrealizzabile.<sup>31</sup>

Simile la riflessione dell'OIL nel novembre '77. Secondo Parmeggiani, si sarebbe convenuto sul fatto che il livello zero, auspicato da taluni [...] non può essere ottenuto in pratica che eliminando la sostanza dai luoghi di lavoro, il che può causare difficoltà insolubili e limitazioni inaccettabili.<sup>32</sup>

Né lascia dubbi quanto scritto dalla redazione della rivista della Società Italiana di Medicina del Lavoro nella nota di presentazione degli atti di un convegno sui cancerogeni tenutosi nel 1985:

[...] la completa eliminazione del rischio (rischio zero) si ottiene solo con il divieto di produzione, utilizzo e commercializzazione di tutte le sostanze ad evidenza oncogena. Questo, come facilmente intuibile, è però un procedimento che ha preminenti implicazioni sociali, economiche e politiche che evidentemente esulano dai compiti e dalle possibilità di intervento del ricercatore e del medico del lavoro da soli. Se le condizioni di fondo non mutano, non rimane altro che tenere sotto stretto controllo l'uso lavorativo di quelle sostanze in confronto ad altre proprio per la irreversibilità dell'effetto che il loro assorbimento può provocare e per la dimostrata multifattorialità del fenomeno cancro. Se un simile divieto non viene emanato, non resta che seguire, *ob torto collo*, nella stesura di una regolamentazione per le sostanze ad evidenza oncogena, la filosofia del rischio controllato.<sup>33</sup>

Insomma, a spingere per l'adozione dei valori limite anche per gli agenti che possono causare danni irreversibili sarebbero state "considerazioni extra-scientifiche".<sup>34</sup> Queste hanno inciso a tal punto che raramente il valore limite stabilito per un fattore nocivo, anche se dotato di potere oncogeno, è stato il più basso valore rilevabile.

I cancerogeni sono stati catalogati in differenti classi, su cui non c'è stato e non c'è tuttora pieno accordo. A grandi linee, è opportuno fare una netta distinzione tra due criteri di classificazione: il criterio della potenza cancerogena e quello del livello di conoscenze raggiunto.

Il primo criterio è quello adottato in Italia nel '75, con la pubblicazione della prima tabella dei VLP della Società Italiana di Medicina del Lavoro e dall'AIDII, così come di quella emanata dal Comitato tecnico sui MAC istituito presso l'ENPI dal Ministero del Lavoro. Entrambi le tabelle individuavano tre classi di cancerogeni, la prima delle quali riservata ad "agenti dotati di forte potere cancerogeno per l'uomo", che "non devono essere mai rilevabili nell'ambiente di lavoro neanche con i metodi e gli strumenti più sensibili". Era questa l'unica classe per la quale non era riconosciuta l'esistenza di una soglia di sicurezza e si raccomandava quindi la sostituzione o, qualora questa non fosse possibile, l'adozione di "procedimenti tecnologici a circuito sigillato" e misure di protezione dei lavoratori. Si noti che l'inserimento di un agente in tale classe avveniva solo dopo che il suo potere cancerogeno fosse stato dimostrato tanto dal dato sperimentale quanto da quello epidemiologico. I cancerogeni che si erano rivelati tali solo sperimentalmente, venivano catalogati come cancerogeni di terza classe o "sospetti cancerogeni": considerati parte di un "gruppo di allarme", per essi venivano fissati "VLP prudenziali". Infine, quegli agenti il cui effetto oncogeno sull'uomo era stato dimostrato solo in presenza di determinate esposizioni erano inseriti nella seconda classe, per la quale venivano indivi-

31. *Rapporto della sesta sessione*, cit., p.55. Si veda anche VIGLIANI E., "Medicina del Lavoro", vol. 60, n.11, 1969., cit., p.644: "La sua introduzione [del concetto di MAC] è dipesa dalla constatazione che nell'industria è impossibile eliminare la produzione e l'uso di un numero notevole di sostanze dotate di tossicità"

32. PARMEGGIANI L., in "Medicina del Lavoro", vol.69, n.3, 1978, p.192.

33. BENVENUTI F. et alii (a cura di), *Presentazione degli atti della International Conference on Carcinogens at Work (Roma 13-14 giugno 1985)*, "Medicina del Lavoro", vol.77, n.4, 1986.

34. Il termine è ad esempio in Paolo VINEIS, *La stima e la valutazione dei rischi*, in *Atti del Convegno sulla regolamentazione*, cit. p.14.

duati “i limiti più prudenziali”. Insomma, perché un cancerogeno fosse riconosciuto di prima classe doveva essere palese, cioè dimostrato sugli uomini, il suo “forte” potere cancerogeno anche alle minime dosi.<sup>35</sup> A proposito della “potenza” cancerogena, le prime classificazioni che si richiamavano a tale aspetto, risalgono agli anni Quaranta. Il concetto di potenza era allora alquanto vago e tale rimase, malgrado i tentativi di definirlo avanzati negli anni. L'OSHA ne discusse nel 1980, arrivando a concludere che

[...] la potenza non è una proprietà intrinseca di un cancerogeno, ma può essere definita soltanto in riferimento a uno specifico sistema di studio.<sup>36</sup>

Il secondo tipo di classificazione dei cancerogeni li distingue sulla base del livello delle conoscenze acquisite su di essi. È il metodo adottato dallo IARC, l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro dell'OMS, la quale ha individuato quattro classi di cancerogeni, così definite:

Gruppo 1, “sostanza cancerogena per l'essere umano”: L'evidenza delle conoscenze è sufficiente per concludere che esiste una relazione causa-effetto, tra l'esposizione alla sostanza in esame e la comparsa di tumori nell'essere umano.

Gruppo 2a, “sostanza probabilmente cancerogena per l'essere umano”: Nonostante vi sia sufficiente evidenza di cancerogenità in campo sperimentale, l'evidenza di cancerogenità per l'essere umano è ancora limitata.

Gruppo 2b, “sostanza possibilmente cancerogena”: I) L'evidenza di cancerogenità per l'essere umano è limitata, mentre in campo sperimentale è per ora insufficiente; II) L'evidenza di cancerogenità per l'essere umano è inadeguata con: a) evidenza sufficiente nell'animale da esperimento, b) evidenza limitata nell'animale con altri dati a supporto.

Gruppo 3, “sostanza non classificabile come cancerogena per l'essere umano”: I dati epidemiologici non sono sufficienti per classificare la sostanza cancerogena per l'essere umano.

Gruppo 4, “sostanza probabilmente non cancerogena per l'essere umano”: I dati epidemiologici portano a pensare che la sostanza non sia cancerogena per l'essere umano.<sup>37</sup>

Anche nella classificazione dello IARC è quindi presente la distinzione tra evidenza in campo sperimentale e dato epidemiologico, ma questa non impedisce di classificare come probabile cancerogeno per l'uomo un agente che si sia rivelato tale in laboratorio. Quanto all'individuazione di concentrazioni accettabili per i cancerogeni, nel '74 l'OMS la rifiutava, pur riservandosi la possibilità di adottare tale scelta in futuro:

Dal momento che un livello di “effetto zero” non può essere al momento determinato sperimentalmente per le sostanze cancerogene, nessun livello di tolleranza, quale MAC o TLV può essere stabilito razionalmente in questo momento.<sup>38</sup> Meno netta la posizione dell'OIL nel 1977:

Per le sostanze che espongono ai rischi più gravi, bisognerebbe mirare a portare la esposizione al livello più basso, *tendente* a zero. [...] Il fissare dei limiti di esposizione per le sostanze cancerogene pone numerosi problemi in funzione dell'elevatissimo livello di rischio che vi si ricollega, del lungo periodo di latenza che corre tra l'esposizione alla sostanza e la manifestazione della malattia, e del diverso potere cancerogeno delle sostanze.<sup>39</sup>

Vediamo ora come il problema dei cancerogeni sia stato regolamentato dal diritto. Molte le disposizioni normative che hanno sposato per essi il criterio dei valori limite di concentrazione. Nel 1969 il Ministero del Lavoro degli Stati Uniti aveva inserito nel Walsh Healey Act (legge sull'igiene e la sicurezza del lavoro in vigore dal 1936) la tabella ACGIH per gli agenti tossici dell'anno precedente, compresa l'appendice indicante alcune sostanze di nota azione cancerogena, per le quali si consigliava di evitare l'esposizione: di fatto un MAC zero. Ma nel '70, con l'approvazione dell'Occupational Safety and Health Act, l'OSHA rifiutava l'adozione acritica della tabella ACGIH e relative appendici e affidava al NIOSH l'elaborazione di una lista.<sup>40</sup> Il NIOSH fissava allora dei “regulatory standards” anche per i cancerogeni: nel '74 per 13 sostanze (tra cui ammine aromatiche, metil-clorometil-etere, bis-clorometil-etere), nel '76 per l'asbesto, nel '78 per i composti dell'arsenico e del benzene. Anche gli istituti di igiene sovietici, inserivano i cancerogeni nelle tabelle accanto ai semplici tossici, per quanto – come s'è visto – stabilissero per essi non dei TLV, ma dei MAC *cealing* e molto più bassi.

35. *Valori limite ponderati*, cit. p.365; STANZANI C., in “Medicina dei lavoratori”, nn.4-5, 1977, p.351

36. Citato da Benedetto TERRACINI, *Identificazione dei cancerogeni e criteri per la loro classificazione*, in *Atti del Convegno sulla regolamentazione*, cit. p.9. Altra cosa è la classificazione degli agenti cancerogeni in base al loro intervenire in momenti diversi del processo di oncogenesi: promotori, co-cancerogeni, ecc.

37. ACCUSANI DI RETORTO E., cit., §5.1

38. MERLETTI F., in *Atti del Convegno sulla regolamentazione*, cit., p.18.

39. STANZANI C., in “Medicina dei Lavoratori”, n.3, 1980, p.345, corsivo mio.

40. L'OSHA, dipendente dal Ministero del Lavoro, si riservava comunque di decidere, in ragione di considerazioni economiche, occupazionali, ecc., diversamente da quanto indicato dal NIOSH, istituto sotto il Ministero della Sanità.

## Agenti tossici negli ambienti di lavoro

In realtà, la stessa ACGIH, a partire dal '72, fissava TLV per alcuni cancerogeni. Operava infatti una netta distinzione tra agenti dotati di comprovato effetto cancerogeno per l'uomo e cancerogeni rivelatisi tali solo sperimentalmente. Per questi ultimi si limitava a consigliare la riduzione al minimo; quanto ai primi, li distingueva ulteriormente tra agenti per i quali veniva indicata la necessità di nessuna esposizione o contatto e quelli per i quali riteneva sufficiente il rispetto di un TLV. A sostegno di tale scelta l'organizzazione americana affermava la non correttezza dell'estrapolazione di un giudizio sull'uomo dal dato animale e la mancata evidenza epidemiologica di un aumento di rischio di cancro tra lavoratori esposti a concentrazioni basse. La tesi della non esistenza di una soglia per i cancerogeni, le conseguenti richieste di bando per date sostanze e l'allarme per il cancro nei lavoratori dell'industria venivano liquidati come frutto di un' "isteria semi-scientifica":

[...] the 1970s introduced the problem of cancer associated with exposure to occupational chemicals. In retrospect, one could say that it bordered on semi-scientific hysteria. Claims were made that up to 80% of all cancers were caused by exposure to industrial chemicals. Emotional pleas were made to ban the use of all chemicals that were demonstrated to cause cancer in humans or experimental animals.<sup>41</sup>

A livello internazionale si occupò di cancerogeni professionali la Convenzione 139/1974 dell'OIL che stabiliva: [...] la durée et le niveau de l'exposition devront être réduits au minimum compatible avec la sécurité.<sup>42</sup>

Una norma questa che non entrava nel merito di quelli che erano i modi per garantire la sicurezza né tanto meno affermava la necessità di bandire determinate sostanze. Eppure, proprio nella sua genericità, nonché nel carattere imperativo di un'enunciazione priva di riferimenti a ragioni tecniche ed economiche, tale Convenzione poteva esser di supporto alle istanze più forti in materia di prevenzione.

Molto più blande si rivelarono talune disposizioni su singoli cancerogeni, assunte in sede di Comunità Economica Europea e recepite dalle legislazioni degli Stati membri. Il 29 giugno 1978 con la direttiva 610/CEE furono istituiti valori limite per un composto di acclarato effetto oncogeno: il cloruro di vinile monomero.<sup>43</sup> L'anno successivo, la direttiva 1107/CEE preannunciava l'emaneazione di valori limite anche per altri agenti cancerogeni o sospetti tali: acrilonitrile, amianto, arsenico, benzene, cadmio, mercurio, nichel, piombo, cloroformio, paradichlorobenzene, tetracloruro di carbonio.<sup>44</sup>

## Bibliografia

### Monografie e atti pubblicati in volume

BANDINELLI, B., *Prevenzione delle malattie professionali: obbligo del datore di lavoro: riduzione dei rischi sino all'eliminazione del danno biologico*, Roma, Buffetti, 1978.

CASTELLINO N. et alii (a cura di), *Breve storia della medicina del lavoro italiana*, Roma, Università Cattolica, 2000.

CILONA O., RIGHI M.L., *Cent'anni di storia dei lavoratori chimici. Contributi per una storia sociale*, Roma, Ediesse, 1986.

*Fabbrica e salute. Atti della conferenza nazionale CGIL-CISL-UIL "La tutela della salute nell'ambiente di lavoro" (Rimini, 27-30 marzo 1972)*, Roma, Seusi, 1972.

*Petrochimica. Tecnologia, ambiente di lavoro, prevenzione e patologia: approccio al problema. Atti del XLIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina del Lavoro ed Igiene Industriale (Parma, 1-4 ottobre 1980)*, Parma, Tecnografica, 1980.

### Periodici

"Assistenza sociale" – Rivista bimestrale dell'Istituto Nazionale Confederale di Assistenza (INCA CGIL):

- *Il controllo e la contrattazione delle condizioni ambientali di lavoro. Documento della FILCEP CGIL (giugno 1967)*, n.5, 1967.

"Epidemiologia e Prevenzione":

- *Atti del Convegno sulla regolamentazione dei cancerogeni in ambiente di lavoro (Torino, 6 ottobre 1984)*, n.23, 1985.

"Medicina dei lavoratori" – Rivista del CRD (Centro ricerche e documentazione sui Rischi e Danni da lavoro):

- STANZANI C. (a cura di), *Per una tabella italiana di valori limite ambientali per inquinanti chimici e polveri*, nn.4-5, 1977.

- TEISINGER J., *L'importanza dei test di esposizione per la valutazione dei rischi nell'uso industriale delle sostanze chimiche tossiche*, nn.4-5, 1977.

- STANZANI C. (a cura di), *Riunione di esperti dell'OIL sui limiti di esposizione a sostanze pericolose in sospensione nell'aria (Ginevra, 21-28 novembre 1977)*, n.3, 1980.

41. CARTER V.L., in "Medicina del Lavoro", vol.77, n.4, 1986, pp.446-447..

42. GUARINIELLO R., in "Medicina del Lavoro", vol. 73, n.1, 1982 p.4.

43. Per esso si stabiliva un TLV-STEL di 20 ppm e un VLTLD – (Valore Limite Tecnico di Lunga Durata), nuovo tipo di limite che valutava la media dei valori di concentrazione registrati in un anno – pari a 3 ppm. *Petrochimica. Tecnologia, ambiente di lavoro, prevenzione e patologia: approccio al problema. Atti del XLIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina del Lavoro ed Igiene Industriale (Parma, 1-4 ottobre 1980)*, Parma, Tecnografica, 1980, p.197.

44. GUARINIELLO R., *Profili e meccanismi della normativa italiana e comunitaria dei cancerogeni professionali*, in *Atti del Convegno sulla regolamentazione*, cit., p.22. Per un giudizio nettamente negativo sull'estensione dei valori limite ai cancerogeni, si veda, ad esempio, CARNEVALE F., in *Atti del Convegno sulla regolamentazione*, cit., p.32.

“Medicina del Lavoro – Rivista bimestrale di medicina del lavoro e igiene industriale”:

- VIGLIANI E., *Limiti massimi tollerabili degli agenti nocivi negli ambienti di lavoro*, vol. 60, n.11, 1969.
- ZURLO N., *MAC del Laboratorio di Igiene Industriale della Clinica del lavoro di Milano*, vol.60, n.11, 1969.
- *Atti del Convegno sui limiti ammissibili degli agenti nocivi dell'industria (MAC)*, vol. 64, nn.5-6, 1973.
- Valori Limite Ponderati degli inquinanti chimici e particolati degli ambienti di lavoro per il 1975*, vol.66, n.4, 1975.
- PARMEGGIANI L., *Tendenze internazionali nel controllo dei rischi professionali di esposizione ad agenti chimici*, vol.69, n.3, 1978.
- GUARINIELLO R., *I TLV delle sostanze chimiche nella giurisprudenza della Corte di Cassazione*, vol. 73, n.1, 1982.
- BENVENUTI F. et alii (a cura di), *Presentazione degli atti della International Conference on Carcinogens at Work (Roma 13-14 giugno 1985)*, vol.77, n.4, 1986.
- CARTER V. L., *ACGIH Threshold Limit Values for Carcinogens*, vol.77, n.4, 1986.

“Quaderni di Rassegna sindacale” – Rivista bimestrale della CGIL:

- CIPRIANI B., *La Montedison di Spinetta Marengo*, n.28, 1971.
- Tavola rotonda CGIL “Ambiente di lavoro e riforma sanitaria”*, n.28, 1971.

“Rassegna di Medicina dei Lavoratori”:

- PIZZINI E. (a cura di), *Enti locali, ambiente di lavoro e riforma sanitaria (Reggio Emilia, 26-27 marzo 1971)*, n.3, 1971.
- CARNEVALE F., PIGATO R., *Massime concentrazioni permissibili (MAC). Organizzazione del lavoro e condizione operaia in fabbrica*, n.6, 1971.
- MARRI G. (a cura di), *Considerazioni e proposte del comitato tecnico misto OIL/OMS sul problema dei MAC delle sostanze tossiche negli ambienti di lavoro*, n.6, 1971.
- Orientamenti e programmi di politica rivendicativa della FILCEA-CGIL, Federchimici-CISL e UILCID-UIL sull'ambiente di lavoro. (Da un documento preparatorio della conferenza di Firenze del 19-20-21 Novembre 1971)*, n.6, 1971.
- Gruppo di lavoro per la prevenzione e l'igiene ambientale del CdF della Montedison di Castellanza, *Esperienze, strumenti e metodi per la difesa della salute*, n.5, 1972.
- CASTLEMAN B., ZIEM G.E., *Quanto e come hanno inciso le aziende sulla definizione dei TLV*, n.15, 1989 [*Corporate Influence on Threshold Limit Values*, in “American Journal of Industrial Medicine”, n.13, 1988]

“Rassegna Sindacale” – Settimanale della CGIL:

- “*Che cosa intendiamo per ambiente di lavoro*”, *tavola rotonda in preparazione alla conferenza nazionale sull'ambiente di lavoro di Rimini, a cura dei periodici di CGIL, CISL e UIL*, n.231, 1972.

“Sapere”:

- FOA' V., MERLUZZI F., *Lo stato della ricerca*, n.779, 1975.

“Sindacato e società” – Rivista della Federazione Italiana Lavoratori Chimici e Affini (FILCEA CGIL):

- NAVA G., *URSS: la salute nelle fabbriche. Brevi note di un viaggio*, n.2, 1969.
- MARRI G., *Una conquista storica e un impegno di lavoro: I MAC*, n.6, 1969.

### Risorse on line

<<http://www.minerva.unito.it>> - “Minerva” – portale dell'Università di Torino di “cultura scientifica per il cittadino, storia, epistemologia e didattica della chimica”:

-ACCUSANI DI RETORTO E., *Gli studi sulla qualità dell'aria negli ambienti confinati*,

<<http://www.minerva.unito.it/Chimica&Industria/MonitoraggioAmbientale/CAIndice.htm>>



### La rubrica cambia veste e contenuti

I lettori di CnS avranno notato che la rubrica da me tenuta, attraverso gli anni è stata più volte rinnovata sia nella veste che nei contenuti. Questa operazione si impone periodicamente non solo per sollecitare l'attenzione dei lettori ma anche per conferire alla rubrica un carattere di maggiore attualità.

Nella precedente veste, sotto il titolo di "Lettera al lettore", la rubrica veniva affiancata, quando possibile, a una seconda rubrica intitolata "Lettere a CnS", in ipotesi alimentata, oltre che in generale da interventi di varia natura dei lettori, anche da un auspicabile dibattito circa i contenuti della prima rubrica. Tutto ciò veniva fatto nella speranza di stabilire un rapporto più diretto con il mondo della scuola. I contenuti delle due rubriche pur senza particolari vincoli avrebbero dovuto entrare in risonanza e avere prevalente carattere didattico e pedagogico.

Ignoro il vero motivo per il quale il progetto nel suo insieme non è mai veramente decollato e posso solamente fare una congettura: forse gli argomenti da me prescelti non colpivano il giusto bersaglio cioè gli interessi e i bisogni professionali dei colleghi.

Nella presente veste la rubrica, ad imitazione delle *news* delle riviste anglosassoni, cerca di richiamare l'attenzione su argomenti chimici, in senso stretto, su novità scientifiche e attualità di vario genere nel tentativo di rendere la lettura più varia e stimolante anche se più generica; in realtà le notizie corrono su Internet alla velocità della luce per cui la carta stampata è destinata ad arrivare sempre in ritardo. Quindi le mie saranno soprattutto delle sottolineature.

Sono certo tuttavia che cederò alla tentazione di proporre anche alcune mie riflessioni a carattere didattico o qualche melanconica battuta sulle improbabili riforme della scuola italiana.

### Informazione libera non significa informazione gratuita.

John Moore, direttore del *Journal of Chemical Education* (J.C.E.), in assoluto la più importante rivista di didattica della chimica, denuncia (*J. Chem. Ed.*, 2008, **85**, 1467) le crescenti difficoltà economiche che incontra la pubblicazione della rivista stessa. Per chi non lo sapesse, oltre che su carta stampata, J.C.E. esce anche *on line* dove sono consultabili tutti i numeri usciti a partire dal 1924! Sempre *on line* inoltre sono offerti materiali di approfondimento e strumenti vari a carattere didattico. Ogni numero della rivista contiene circa 110 pagine di contenuti qualificati e la veste editoriale è di tipo professionale. Tutto ciò comporta una complessa organizzazione editoriale e di conseguenza costi elevati.

Il direttore lamenta che durante i 12 anni della sua gestione il numero degli abbonati è calato del 20%, nonostante che il prezzo dell'abbonamento sia rimasto invariato. La diminuzione degli abbonamenti è in parte dovuta all'aumento degli abbonamenti collettivi (istituti universitari, scuole, biblioteche) che permettono la consultazione di una singola copia della rivista da parte di più soggetti. Una seconda causa è legata al diffondersi della pirateria informatica, appoggiata a volte a un "credo" di comodo secondo il quale i contenuti culturali e conoscitivi devono essere completamente liberi e quindi gratuiti. Viceversa tutte le attività, se professionalmente svolte, hanno un costo quindi una informazione libera raramente è gratuita. A questo si aggiunga che le sovvenzioni provenienti da enti statali e privati, dei quali talvolta fruiscono le riviste culturali, sono spesso incerte o volatili specialmente in tempi di crisi economica.

Il sito di J.C.E. è protetto da un *user name* e da una semplice *password* per cui si presume che molti docenti di chimica, forti del credo degli *hackers*, facciano man bassa dei contenuti.

Anche la nostra rivista (CnS) negli ultimi venti anni ha subito un forte calo degli abbonamenti a seguito del calo degli iscritti alla Divisione di Didattica, ma la situazione in questo caso è sensibilmente diversa anche se si tratta pur sempre di una rivista che si occupa di didattica della chimica. Il confronto non è proponibile per le diverse dimensioni delle due riviste ma un punto in comune mi sembra di poterlo individuare: sicuramente ambedue le riviste denunciano un calo di spirito partecipativo e di senso di appartenenza della categoria degli insegnanti.

### L'idrato di metano, una preziosa riserva di energia.

I clatrati sono sistemi molecolari dove molecole, normalmente di piccole dimensioni, vengono imprigionate nei vuoti reticolari di altre strutture cristalline. La molecola così "ospitata" viene indicata con il termine *host* e la struttura ospitante con il termine *guest*. Tra *host* e *guest* al massimo intercorrono legami di Van der Waals (*P. Chiorboli, L'enciclopedia – Biblioteca di Repubblica, vol. 5, p. 19, 2003*).

L'idrato di metano è per l'appunto un clatrato dove una molecola di metano è "ospitata" da un reticolo formato da sei molecole di acqua; questo reticolo, che evidentemente non corrisponde al normale reticolo dell'acqua allo stato solido,

consiste in pentagonododecaedri tenuti insieme da legami a ponte di idrogeno (fig. 1).

Il metano così intrappolato ha una densità molto elevata ([www.eniscuola.net/speciali.aspx?id=87](http://www.eniscuola.net/speciali.aspx?id=87)). Se innescato, l'idrato di metano s'incendia e per questo viene detto il ghiaccio che brucia.

L'idrato di metano si forma da metano biogenetico, cioè metano proveniente da processi di decomposizione anaerobica della sostanza organica presente nei sedimenti e richiede per formarsi alta pressione e bassa temperatura: ad esempio -

15°C e 20 bar. Queste condizioni sembrerebbero realizzarsi sui fondali oceanici tra 300 e 3000 metri (a profondità eccessive manca il materiale organico nei sedimenti), nei terreni interessati al fenomeno, ad esempio nel *permafrost* e sotto i ghiacci polari profondi. La maggioranza dei giacimenti si trovano nelle scarpate che separano le piattaforme continentali dai fondali profondi. Le stime della quantità di metano presente come idrato di metano sono approssimative, tuttavia si ritiene che il metano presente come idrato sia di almeno di due ordini di grandezza superiore a quello presente in forma gassosa nei normali giacimenti.

Nonostante che i problemi ambientali suggeriscano di cercare fonti energetiche alternative a quelle legate alla

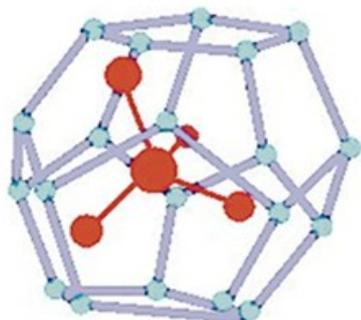


fig. 1

combustione di idrocarburi, attualmente si stanno facendo ricerche per verificare la possibilità di sfruttare questa immensa riserva energetica, tanto più che il metano si accompagna a enormi quantità di acqua dolce destinata ad assumere in futuro un elevato valore commerciale. Sia il Giappone che gli Stati Uniti hanno avviato studi di fattibilità ma le difficoltà tecniche sono notevoli.

Sono notevoli anche i pericoli per l'ambiente: il metano produce un effetto serra superiore a quello dell'anidride carbonica e una sua fuga nell'ambiente concorrerebbe robustamente al surriscaldamento del pianeta, questo a sua volta libererebbe altre quantità di metano (non ultimo dal *permafrost*) con un processo destinato ad autoamplificarsi.

Inoltre i sedimenti delle scarpate continentali con l'estrazione dell'idrato di metano potrebbero divenire incoerenti, quindi instabili e generare immensi movimenti franosi seguiti da pericolose onde anomale ([www.whatischemistry.unina.it/it/hydrate](http://www.whatischemistry.unina.it/it/hydrate)).

### Notizie dalle foreste pluviali.

Dalle foreste pluviali ci giungono in continuazione notizie di scoperte utili e interessanti. Le foreste pluviali di vario tipo sono infatti caratterizzate da elevata piovosità, approssimativamente si hanno precipitazioni annue comprese tra i 1.750 e i 2.000 millimetri. Questo comporta che nelle foreste pluviali si trovino i due terzi di tutte le specie viventi animali e vegetali della Terra, anche se moltissime specie di piante, insetti e microrganismi sono tuttora sconosciute ([it.wikipedia.org/wiki/Foresta\\_pluviale](http://it.wikipedia.org/wiki/Foresta_pluviale)).

Come si può facilmente intuire, le foreste pluviali rappresentano dei veri e propri laboratori biochimici e quindi sono oggetto di continua indagine scientifica.

Uno dei problemi che la chimica si pone, nel quadro dello sfruttamento delle risorse naturali, riguarda ad esempio la possibilità di scindere la cellulosa in zuccheri dai quali ottenere per riduzione idrocarburi utilizzabili come carburante.

Schüth e i suoi collaboratori avevano già dimostrato che utilizzando resine acide solide come catalizzatori, era possibile depolimerizzare le fibre di cellulosa, preventivamente disciolte in un solvente ionico, ottenendo degli oligomeri del glucosio (R. Rinaldi, R. Palkovits e F. Schüth, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2008, **47**,8047) e a sua volta il gruppo di ricerca

di James Dumesic dell'Università del Wisconsin era riuscito a ottenere degli idrocarburi dagli zuccheri (*Chemistryworld*, 2008, **102**, 24).

La "foresta pluviale" viceversa suggerisce un processo biochimico che permette di passare direttamente dalla cellulosa agli idrocarburi, infatti G. A. Strobel e altri ricercatori hanno scoperto (G. A. Strobel *et al.*, *Microbiology* 2008, **154**, 3319) nelle foreste pluviali della Patagonia una particolare varietà di fungo (*Gliocladium roseum*) (fig. 2) capace di convertire la cellulosa direttamente in una miscela di idrocarburi simile al migliore gasolio.

I ricercatori hanno ipotizzato di trasferire il gene del *Gliocladium roseum*, responsabile della trasformazione, in un batterio per avere un agente più adatto ad applicazioni pratiche di tipo industriale.



fig. 2

# 9<sup>th</sup> European Conference on Research in Chemical Education (ECRICE)

Istanbul, 6 – 9 luglio 2008

LIBERATO CARDELLINI

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche, Via Brezze Bianche, 60131 Ancona  
libero@univpm.it



## ABSTRACT BOOK



EUROPEAN CONFERENCE ON RESEARCH IN  
CHEMICAL EDUCATION

ISTANBUL-TURKEY

Organizzata dal Prof. Mehmet Mahramanlioglu, dell'Università di Istanbul e Segretario Generale della Società Chimica Turca, la 9a ECRICE ha visto la partecipazione di 229 insegnanti e ricercatori, provenienti da 26 paesi, la maggioranza dall'Europa, ma anche dal Canada, nord e sud America e Asia. La conferenza è stata un successo, oltre che per l'elevato numero di partecipanti che ha saputo richiamare (l'Italia era presente con 4 partecipanti), soprattutto per il livello delle 70 comunicazioni orali e 122 poster (ne erano previsti 141, ma ci sono state delle assenze tra i partecipanti). Si sono inoltre avute 8 conferenze plenarie e 4 workshop: il ricco programma implica che alcune sessioni si sono svolte in parallelo.

Le sessioni sono state organizzate su alcuni temi globali della ricerca e delle pratiche della didattica della chimica: insegnamento e apprendimento a livello secondario e terziario, storia della chimica, formazione degli insegnanti, green chemistry, studenti diversamente abili, libri di testo, rapporti con l'industria ed etica. Il programma prevedeva un viaggio in battello sul Bosforo e la cena sociale nella parte asiatica di Istanbul. Anche queste sono state occasioni per fare conoscenze tra i partecipanti e discutere di argomenti di interesse.

La conferenza è stata aperta dal Prof. Mustafa Sozbilir, dell'Ataturk University di Erzurum e la prima conferenza plenaria è stata svolta dal Prof. Eric Scerri, dell'Università della California – Los Angeles, che ha presentato un tema di storia della chimica, *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*. Il tema è assolutamente centrale per la chimica e per la didattica della chimica, e la conferenza è stata svolta in modo coinvolgente, attraverso lo sviluppo storico e l'impatto sulla fisica moderna. L'argomento è familiare allo studioso che è autore del prestigioso volume dallo stesso titolo della conferenza e pubblicato nel 2007 dalla Oxford University Press.

Nella mattinata di lunedì si sono avute 2 conferenze plenarie in successione. La prima è stata presentata dal Prof. Peter Childs, dell'Università di Limerick, Irlanda: *Improving chemical education: turning research into effective practice*. Questo delle pratiche efficaci è forse il tema centrale e la domanda di fondo della conferenza è come tradurre i risultati della ricerca in pratiche effettive. Nonostante molti studi sull'insegnamento e sulle difficoltà dell'apprendimento della

chimica, il loro impatto nella pratica è praticamente inesistente. Childs ha presentato dati derivati dalle sue molte pubblicazioni e i risultati di un questionario circa gli argomenti che gli studenti delle scuole superiori trovano difficili. Quelli identificati come difficili o molto difficili comprendono la struttura dell'atomo, le equazioni chimiche, il legame, i simboli chimici. La ricerca, che viene condotta in tre fasi, ha lo scopo di sviluppare metodi che aiutino gli studenti a superare queste difficoltà. In modi diversi ha argomentato sull'importanza dell'insegnante per migliorare la formazione chimica degli studenti.

La seconda conferenza è stata presentata dalla Dott.ssa Catherine Hunt, ACS Immediate Past President: *Sustainable Chemistries: Environmentally Friendly and Economically Viable!* Katie Hunt ha argomentato che per avere una industria chimica sostenibile, rispettosa dell'ambiente, economicamente viabile e socialmente responsabile, è necessario avere un'interazione reciproca tra tre realtà che sono già molto interconnesse: formazione scolastica, innovazione e collaborazione tra i tecnici. La Hunt ha conquistato tutti col suo entusiasmo per l'istruzione e parlando il nostro stesso linguaggio.

Lunedì pomeriggio il Prof. Georgios Tsaparis dell'Università di Ioannina, Grecia, ha presentato *The laboratory in chemical education and its role in the linking of the macro with the submicro levels of chemistry*. Il laboratorio viene utilizzato in chimica con lo scopo di dimostrare leggi e fenomeni e viene presentato a livello macroscopico. Ma dagli studi pionieristici di Alex Johnstone e Dorothy Gabel, sappiamo che gli studenti trovano difficile comprendere la chimica in modo concettuale. Questo perché la comprensione profonda della chimica richiede un livello di astrazione che usa i livelli simbolico e sub-microscopico, che non sono facili da afferrare per studenti delle scuole superiori. Il Prof. Tsaparis ha parlato anche di un suo libro di testo che ritarda all'ultima parte la trattazione di questi argomenti.

Il martedì, la Prof. Ilka Parchmann dell'Università di Oldenburg (Germania), ha presentato: *Sustainable Chemistry – a topic for chemistry education*. Ha richiamato i risultati dello studio ROSE (Relevance of Science Education), circa le attitudini e gli interessi degli studenti; le conclusioni ci sono familiari – gli studenti vivono felicemente anche senza conoscere la chimica. Poiché lei è la leader del progetto “Chemistry in Context”, ha presentato esempi su come gli studenti vengono interessati alla chimica attraverso esempi di sviluppo sostenibile. Il progetto riguarda circa 60 scuole di 11 stati federali e coinvolge due insegnanti per ogni scuola che partecipa al progetto.

La seconda plenaria è stata presentata dal Prof. Morton Hoffman dell'Università di Boston: *Engaging the students with outside-the-box pedagogy*. Se vogliamo avere studenti più motivati – ha argomentato – dobbiamo cambiare la lezione tradizionale in modo da includere modalità attive di apprendimento ed ha presentato i tre principi guida dell'insegnamento e dell'apprendimento: ingaggiare la mente dello studente, la sua immaginazione e la sua anima. Possiamo sperare di avere studenti entusiastici solo se mostriamo entusiasmo per la chimica e per l'insegnamento.

Il mercoledì la prima plenaria è stata presentata dal sottoscritto: *The wisdom of practice: when learning is greater than teaching*. Il tema della presentazione riguarda il coinvolgimento attivo e la motivazione degli studenti verso l'apprendimento, attraverso il problem solving. La seconda plenaria è stata presentata dalla Prof. Iwona Maciejowska, della Jagiellonian University, (Polonia): *The disabled students and their teachers. How to overcome the difficulties in teaching and learning of science*. L'aspetto degli studenti diversamente abili è molto importante ed è una questione che deve essere considerata per determinare i possibili aggiustamenti dell'intero processo didattico. Ha presentato i risultati di 35 questionari che si riferiscono a 17 paesi, quasi tutti Europei più Turchia e Israele, su come il sistema scolastico risponde a questo problema umano. Dalla sua esperienza nel campo, la Prof. Maciejowska ha suggerito molte risposte pratiche alle domande che un insegnante si può porre, dal curriculum ai libri di testo, agli aiuti didattici e alla valutazione.

Prima dell'inizio del congresso, il sabato pomeriggio e la domenica c'è stato l'incontro dell'EuCheMS divisione di Chemical Education. Si sono riconsiderate le azioni da fare, stabilite nell'incontro di Praga e Peter Childs ha fatto un bilancio della sua presidenza, molto positivo, per la maggiore incisività e unità delle associazioni nazionali; per i diversi progetti europei che hanno coinvolto vari membri del gruppo e per il fatto che la didattica chimica ha acquistato un peso maggiore. La presidenza è stata poi assunta da Ilka Parchmann ed è seguito l'aggiornamento dei vari congressi di didattica svolti e degli impegni per i congressi futuri. La 10a ECRICE avrà luogo dal 4 al 9 luglio 2010 in Cracovia (Polonia): <http://ecrice2010.ap.krakow.pl/>



“ L' energia chimica muove la vita ”

1909 – 2009 Centenario  
della Società Chimica Italiana



**XVI Convegno Nazionale della Divisione di Didattica Chimica**  
**“L'insegnamento della Chimica e la nuova scuola”**  
**7- 9 luglio 2009**

Nell'ambito del XXIII Congresso Nazionale della SCI Sorrento 5-10 luglio 2009

## ISCRIZIONI E PRENOTAZIONI INSEGNANTI SCUOLA

La **quota di iscrizione** per gli Insegnanti di Scuola in servizio è di € 50,00 ed include, oltre alla borsa e agli atti, la partecipazione alle attività scientifiche organizzate dalla Divisione di Didattica Chimica a partire dalle ore 11:00 di martedì 7 luglio, **come specificato nel Programma generale del Convegno; a breve sul sito della Divisione sarà disponibile il programma della Divisione di Didattica.**

### Aggiornamento/Esonero dal Servizio

Si ricorda che, ai sensi della normativa vigente ([www.pubblica.istruzione.it/docenti/accREDITAMENTO.shtml](http://www.pubblica.istruzione.it/docenti/accREDITAMENTO.shtml)), la partecipazione a Congressi e altre Attività di formazione e perfezionamento organizzate dalle università sono riconosciute come formazione e aggiornamento per gli insegnanti.

Inoltre la Divisione Didattica della Società Chimica Italiana, ente qualificato per la formazione del personale della scuola accreditato presso il ministero della pubblica istruzione, ha richiesto al Ministero, per gli insegnanti che partecipano al convegno, il riconoscimento di 20 ore di aggiornamento e quindi l'esonero da tutte le attività didattiche.

### Modalità di iscrizione

Per iscriversi è necessario scaricare il modulo in formato pdf “Iscrizione Insegnanti Scuola” ed inviarlo debitamente compilato e sottoscritto alla Segreteria Organizzativa YES Meet via fax al n. 081 8770258 oppure via e-mail all'indirizzo [info@sci2009.org](mailto:info@sci2009.org)

### Informazioni Programma

Il Programma sarà disponibile collegandosi alla pagina [http://www.sci2009.org/iscrizioni\\_insegnanti.php](http://www.sci2009.org/iscrizioni_insegnanti.php) del sito della S.C.I.

### Informazioni per la submission degli Abstract

Il riassunto della Comunicazione Orale o della Comunicazione Poster potrà anche essere in lingua italiana e **dovrà essere preparato utilizzando il file template** che è possibile scaricare nella pagina del sito “Abstract Submission”.

### Prenotazione del soggiorno a Sorrento

Per i soggiorni dei partecipanti al Congresso di Sorrento la Segreteria Organizzativa YES Meet ha concordato con numerose strutture ricettive di Sorrento delle tariffe speciali.

La prenotazione del soggiorno potrà essere effettuata contattando direttamente la Segreteria Organizzativa ai seguenti recapiti:

Tel. 081 8770604 Fax 081 8770258 e-mail: [info@sci2009.org](mailto:info@sci2009.org)

### Contatti Divisione Didattica Chimica

Per ogni altra informazione è possibile rivolgersi al referente regionale della Divisione Didattica della S.C.I., Silvana Saiello, inviando una e-mail a: [saiello@unina.it](mailto:saiello@unina.it)

## Leggere attentamente!

### Informazioni generali

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

Sono pertanto ben accetti quei contributi che:

- trattino e/o rivisitino temi scientifici importanti alla luce dei progressi sperimentali e teorici recenti;
- trattino con intento divulgativo argomenti relativi alla didattica generale ed alla didattica disciplinare;
- affrontino problemi relativi alla storia ed alla epistemologia della Chimica.
- illustrino varie esperienze didattiche e di lavoro, anche con il contributo attivo dei discenti;
- presentino proposte corrette ed efficaci su argomenti di difficile trattamento didattico;
- trattino innovazioni metodologiche, con attenzione particolare sia alle attività sperimentali, sia ai problemi di verifica e valutazione.

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

### Invio dei materiali per la pubblicazione

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

### Correzione delle bozze

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

### Dettagli tecnici – Importante!

- a) Testo in generale: formato Word, carattere Times New Roman. **La precisazione riguardo al carattere si rende necessaria in quanto l'eventuale modifica generalizzata produce automaticamente la scomparsa di tutti i caratteri particolari**
- b) Riassunto. Gli articoli dovrebbero essere preceduti da un riassunto esplicativo del contenuto (max. 600 caratteri), in lingua italiana e in lingua inglese. Chi avesse difficoltà insormontabili per la traduzione in lingua inglese può limitarsi al riassunto in italiano. Non si richiede riassunto per le lettere alla redazione e per le comunicazioni brevi.
- c) Strutturazione. Si suggerisce di strutturare gli articoli relativi a un lavoro di ricerca secondo le consuetudini delle riviste scientifiche: introduzione, corpo dell'articolo (contenente l'eventuale parte sperimentale), esposizione e discussione dei risultati ottenuti, conclusioni.
- d) Intestazione. La prima pagina del testo di un articolo deve contenere:
  - Titolo, chiaramente esplicativo del contenuto del lavoro (max. 50 battute);
  - Nome (per esteso), cognome e istituzione di appartenenza di ciascun autore;
  - Indirizzo e-mail degli autori o dell'autore referente.
- e) Bibliografia. Si consiglia vivamente di riportarla secondo le norme che illustriamo con esempi:
  - Lavori pubblicati su riviste: Autori (preceduti dalle iniziali dei nomi), rivista (abbreviazioni internazionali in uso), anno, volume (in grassetto), pagina. Es.: W. M. Jones, C. L. Ennis, *J. Am. Chem. Soc.*, 1969, **91**, 6391.
  - Libri e trattati: Autori (preceduti dalle iniziali dei nomi), titolo dell'opera con la sola prima iniziale maiuscola, editore, sede principale, anno di pubblicazione. Se si fa riferimento a poche pagine dell'opera, è opportuno indicarle in fondo alla citazione. Es.: A. J. Bard, L. R. Faulkner, *Electrochemical methods*, Wiley, New York 1980.
  - Comunicazioni a congressi: Autori (preceduti dalle iniziali dei nomi), indicazione del congresso nella lingua originale, luogo e data, pagina iniziale se pubblicata in atti. Es.: M. Arai, K. Tomooka, 49th National Meeting of Chemical Society of Japan, Tokio, Apr. 1984, p.351.
- f) Unità di misura, simboli, abbreviazioni. Le unità di misura devono di norma essere quelle del S.I., o ad esse correlate. I simboli devono essere quelli della IUPAC. È ammesso il ricorso a abbreviazioni note (IR, UV, GC, NMR ecc.). Se l'abbreviazione non è consueta, deve essere esplicitata alla prima citazione. La nomenclatura deve essere quella della IUPAC, nella sequenza latina (es. carbonato di bario e non bario carbonato). Può essere usato il nome tradizionale per i composti più comuni: acido acetico, etilene, acido oleico, anidride solforosa ecc.
- g) Formule chimiche e formule matematiche. Devono essere fornite in forma informatica.
- h) Figure. Devono essere fornite in forma informatica in formato adeguato (WORD, TIFF, JPEG o altro), numerate e munite di eventuale didascalia. Nel testo devono essere indicate le posizioni approssimative. Deve essere assicurata la leggibilità delle scritte, anche dopo l'eventuale riduzione.
- i) Grafici e tabelle. Come per le figure.
- j) In caso di difficoltà, soprattutto per figure, grafici e tabelle, la redazione può chiedere l'invio in forma cartacea.

1) riani@dcci.unipi.it - Indirizzo postale: Pierluigi Riani - Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale - Via Risorgimento, 35 - 56126 PISA

2) pasquale.fetto@didichim.org - Indirizzo postale: Pasquale Fetto - Via Carlo Iussi 9 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO).

# **GIOCHI DELLA CHIMICA 2009**

## **IL CALENDARIO**

<b>FINALI REGIONALI:</b>	SABATO 09 MAGGIO 2009 ORE 10:00
<b>PREMIAZIONI REGIONALI:</b>	SABATO 16 MAGGIO 2009
<b>FINALE NAZIONALE:</b>	05 GIUGNO 2009 (04/06 GIUGNO A FRASCATI)
<b>SELEZIONE OLIMPIONICA:</b>	06 GIUGNO 2009
<b>ALLENAMENTO A PAVIA:</b>	07/13 GIUGNO 2009 E 12/17 LUGLIO 2009
<b>PARTENZA PER L'INGHILTERRA:</b>	SABATO 18 LUGLIO 2009
<b>OLIMPIADI IN INGHILTERRA:</b>	18/27 LUGLIO 2009 A CAMBRIDGE