

CNS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA

**Metalli di transizione
e modello a gusci**

**Risonanza Magnetica
Nucleare**

Chimici e paranormale

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



Società Chimica Italiana

LA CHIMICA NELLA SCUOLA

Anno XXIX
Gennaio - Marzo 2007

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

Favoltà di Medicina Veterinaria
Via Tolara di Sopra, 50 - 40064 OZZANO E (BO)
Tel. 0512097897 - fax 0516511157
e-mail: pasquale.fetto@unibo.it

Comitato di redazione

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

Comitato Scientifico

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

Editing

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

Periodicità: bimestrale (5 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 Mustacci
SCI, Viale Liegi, 48/c - 00198 - Roma
Tel. 068549691 fax 068548734
E-mail: soc.chim.it@agora.stm.it

Copyright 1995 Società Chimica Italiana

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

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

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

Editore

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

Stampa

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

SOMMARIO

EDITORIALE

Bilancio di un triennio **1**
di *Rosarina Carpignano*

DALLA COPERTINA

Georges Urbain **5**
di *Marco Fontani, Mariagrazia Costa*

DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO

Tra provette e medium. Il ruolo dei chimici nelle indagini sul
presunto paranormale **8**
di *Silvano Fuso*

Risonanza magnetica nucleare: passato, presente e futuro di
una tecnica spettroscopica che ha cambiato la chimica
e non solo **13**
di *Valentina Domenici, Carlo Alberto Veracini*

LA CHIMICA NELLA STORIA

William Crookes (1832-1919) e il quarto stato della materia **23**
di *Gian Pietro Lolli*

LABORATORIO E DINTORNI

Un'esperienza sull'incremento delle competenze metacognitive
in relazione alla configurazione elettronica dei metalli di
transizione mediante il modello atomico a gusci. **28**
di *Roberto Soldà*

CONVEGNI INTERNAZIONALI

19th International Conference on Chemical Education
Seoul 12-17 agosto 2006 **34**
di *Liberato Cardellini*

8th European Conference on Research in Chemical Education
Budapest 31 agosto - 1 settembre 2006 **40**
di *Liberato Cardellini*

RUBRICHE

LETTERE AL LETTORE

Tipologie dell'aggiornamento di *Ermanno Niccoli* **46**

LETTERE A CnS

La medaglia "Illuminati" a Paolo Mirone di *Pasquale Fetto* **47**

RECENSIONE

La danza del cosmo di *Giuseppe Del Re* **49**

DALLA DIVISIONE

Il nuovo direttivo **51**

Giochi delle Chimica (Calendario 2007) **51**

CONVEGNI

XII Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica (I Circolare) **52**

*Giacomo Ciamician, genio della chimica e profeta
dell'energia solare* **53**

ISTRUZIONI PER GLI AUTORI

54

Le figure esornative sono tratte dal testo: L. Troost et E. Péchard - *Traité Élémentaire de
Chimie* - Paris, Masson et C^{ie} Editeurs, 1910

Bilancio di un triennio

Al termine della mia Presidenza, che ha coperto il triennio 2004-2006, è doveroso presentare un resoconto dell'attività svolta con la fattiva collaborazione dei componenti del Consiglio Direttivo e degli altri colleghi che hanno reso possibile la realizzazione di questa attività.

Il triennio ha visto grandi sconvolgimenti nell'Università e nella Scuola, ma anche importanti iniziative che aprono spiragli di speranza per l'insegnamento delle Scienze e della Chimica in particolare.

Il processo di Riforma della Scuola, messo in atto dal Ministro Moratti, ha richiesto un intenso impegno da parte della nostra Associazione che è intervenuta fin dall'inizio con commenti e suggerimenti, peraltro inascoltati, sugli OSA (Obiettivi Specifici di Apprendimento) della Scuola primaria (Scuola Elementare) e Secondaria di primo grado (Scuola Media).

La riforma della secondaria superiore, più nota come riforma dei Licei, tuttora vigente ma non messa in pratica, ha sollevato il nostro totale dissenso rispetto all'impianto che rivela una concezione antiquata della Scienza: Matematica e Fisica le costituenti essenziali e le altre discipline, Chimica, Scienze della Vita e Scienze della Terra, con una funzione ancillare, messe in un unico calderone. La Chimica poi risulta fortemente penalizzata e addirittura eliminata in alcuni indirizzi (Liceo Economico).

Il parziale recupero dell'Istruzione Tecnica nel triennio del Liceo Tecnologico ha avuto come contrappeso la comparsa nel biennio di un "composito" formato dalle quattro discipline, Chimica, Fisica, Scienze della Vita e Scienze della Terra, con il nome di "Scienze integrate", che – non si sa come- dovrebbe costituire il fondamento degli insegnamenti specializzati del triennio.

Le elezioni del 2006 hanno modificato lo scenario politico: il Ministero della Scuola è tornato MPI, la riforma dei Licei è stata bloccata come pure la sua sperimentazione; il nuovo Ministro parla di revisione dei "programmi di studio" della scuola elementare e media, allenta i vincoli delle Indicazioni nazionali e di alcune disposizioni introdotte dal precedente ordinamento, modifica gli esami di maturità, annuncia di mantenere e rilanciare in termini strategici l'intero settore degli istituti tecnici e professionali. Si prospetta quindi un nuovo periodo di intenso lavoro, in cui, prevedibilmente, verrà richiesta la nostra collaborazione alla revisione delle Indicazioni Generali e degli OSA (o programmi di studio) per la Chimica e per le Scienze.

Anche il ddl varato il 17 ottobre relativo alle Lauree magistrali che dovrebbero sostituire le attuali SIS nella formazione dei docenti della scuola secondaria non ha avuto attuazione. La posizione espressa dalla Divisione è che si conservi anche nelle Lauree magistrali l'interazione tra Università e Scuola, con pari dignità, come avviene nelle attuali SIS.

La Divisione, che ha avuto il rinnovo della certificazione come Ente qualificato per la formazione del personale della scuola, ha assunto in questi ultimi tempi un ruolo di assoluto rilievo nella determinazione di percorsi formativi per tutti i livelli di scolarità. Partecipa infatti al **Piano Nazionale ISS** del MPI.

Nato come Progetto ISS (acronimo di Insegnare Scienze Sperimentali) che le Associazioni DD-SCI, AIF e ANISN hanno proposto al Ministero, consapevoli della necessità di un'azione insieme globale e capillare di sostegno agli insegnanti di scienze di tutti i livelli scolastici, è stato assunto come Piano Nazionale di Formazione, con l'intervento collaborativo di due importanti Musei, il Museo della Scienza della Tecnologia di Milano e la Città della Scienza di Napoli.

Il Piano ISS, attraverso una specifica azione di formazione rivolta agli insegnanti della scuola di base (Elementare, Media, biennio della Secondaria Superiore), sostenuta dal MPI, e alla realizzazione da parte degli Uffici Scolastici Regionali (USR) di centri-risorse (presidi) diffusi in ogni Regione (almeno uno per Provincia), intende creare le condizioni necessarie per promuovere

un cambiamento duraturo ed efficace nella didattica delle Scienze sperimentali.

Il 7 novembre 2005 è stato firmato il protocollo d'intesa tra il Ministero, le tre Associazioni e i due Musei. È stato istituito formalmente un *Gruppo di Pilotaggio* (che peraltro stava già lavorando da tempo) con compiti di organizzazione e coordinamento, formato dai Presidenti delle Associazioni e dei Musei e rappresentanti delle Direzioni Generali del Ministero, e un *Comitato Scientifico (CS)*, con compiti di studio, analisi, progettazione di percorsi formativi nel settore scientifico, formato da una cinquantina di persone, esperti delle diverse discipline delle scienze sperimentali, oltre a funzionari, ispettori e comandati ministeriali. Del CS fanno parte, per la Chimica, la sottoscritta, Eleonora Aquilini, Pierluigi Robino, Tiziano Pera, Antonio Testoni e Daniela Lanfranco che ha sostituito il dimissionario Fabio Olmi. Sono inoltre presenti due insegnanti elementari indicate dalla Divisione: Lorella Maurizi e Rossana Nencini. Il Piano interessa tutte le Regioni italiane e coinvolgerà molti insegnanti: in ogni Regione vengono costituiti dei "presidi", generalmente scuole ben attrezzate, in cui dei docenti esperti, "tutor", dei tre livelli scolari, agiranno da animatori e da supporto per i colleghi del territorio.

In quasi tutte le Regioni sono stati firmati protocolli di intesa tra le tre Associazioni e gli Uffici Scolastici Regionali (USR) e sono stati costituiti i Gruppi di Pilotaggio Regionali di cui fanno parte i referenti della Divisione, insieme a quelli di AIF e ANISN.

Nel 2006 si sono svolti quattro Seminari di formazione per i docenti "tutor" selezionati dai Gruppi di Pilotaggio regionali, due presso il Museo di Milano per le Regioni del centro-nord e due presso la Città della Scienza di Napoli, per le Regioni del sud e le isole. La Divisione ha partecipato ai quattro Seminari collaborando alla loro progettazione per la parte scientifica e alla loro gestione mediante soci docenti esperti che hanno dato la loro opera nella preparazione di percorsi didattici e nella conduzione dei gruppi di lavoro (un conduttore e un discussant per ogni gruppo). Un quinto Seminario in programma, per i tutor delle Regioni mancanti, e una diffusa e capillare opera di assistenza dei tutor che hanno avuto la prima formazione sono l'impegno che ci attende nei mesi futuri.

Un'altra importante iniziativa a cui abbiamo collaborato è il **Progetto Lauree scientifiche**, gestito dalle Facoltà di Scienze delle Università in collaborazione con gli USR, con le Associazioni industriali e con Enti di ricerca. Il progetto, biennale, prevede attività volte sia all'orientamento degli studenti sia all'aggiornamento degli insegnanti delle scuole secondarie superiori. La Divisione fa parte, come Ente di ricerca, dei progetti di diverse Università. L'a.s 2005-06 è stato il primo anno di realizzazione e membri della Divisione Didattica hanno collaborato particolarmente all'organizzazione e conduzione di attività per l'aggiornamento degli insegnanti in diverse Università (Torino, Sassari, Cagliari, Ferrara, Salerno e altre). La collega Livia Mascitelli fa parte del Gruppo di lavoro Ministeriale per la realizzazione del Progetto. Membri della Divisione sono impegnati nella Commissione istituita dalla SCI per l'organizzazione e gestione del concorso per l'assegnazione di borse di studio agli studenti che si iscrivono ai Corsi di laurea in Scienze e tecnologie chimiche per l'a.a. 2006-07.

È continuata l'attività di aggiornamento per insegnanti, che è stata intensa in alcune Regioni (Emilia-Romagna, Lombardia, Piemonte, Sardegna, Toscana, Veneto), più scarsa in altre e si è andata orientando prevalentemente verso l'organizzazione, insieme ad AIF e ANISN, di corsi intero multi-disciplinari. Un cenno particolare meritano le Scuole estive organizzate congiuntamente dalle tre Associazioni: nel 2004 a Triuggio (30 agosto-1settembre) in collaborazione con l'USR della Lombardia, per insegnanti della scuola primaria, a Genova (12-17 luglio) in collaborazione con l'Università di Genova, per insegnanti della secondaria superiore; nel 2006 a Palermo (21-25 luglio), in collaborazione con l'USR della Sicilia e l'Università di Palermo, per insegnanti di scuola secondaria. È continuata la collaborazione con INDIRE per la formazione on-line di docenti neoas-

sunti, fornendo percorsi didattici per i vari livelli scolari e moderando forum su tematiche relative all'insegnamento delle scienze e sulle risorse informatiche per tale insegnamento.

Sotto la guida instancabile della prof. Fausta Carasso Mozzi, il progetto di ricerca Trieste è arrivato alla fase finale. Sono stati raccolti i contributi di una decina di Autori e il Past-President Giacomo Costa sta svolgendo la funzione di "editor". Verrà pubblicato un volume, che si intende denominare "Antologia" per il carattere vario dei contributi, destinato agli insegnanti della scuola secondaria superiore.

Ogni anno la Divisione ha tenuto i suoi convegni, occasione di incontro e di dibattito a cui hanno partecipato docenti della Scuola e dell'Università: la IV Conferenza Nazionale ad Assisi (9-11 dicembre 2004), il XIV Congresso Nazionale a Palermo (8-11 dicembre 2005), la V Conferenza Nazionale a Firenze (11-13 settembre 2006) nell'ambito del XXII Congresso Nazionale della SCI. Durante la V Conferenza la Divisione Didattica ha conferito la sua prima MEDAGLIA ILLUMINATI al prof. Paolo Mirone, come riconoscimento per il suo insostituibile contributo all'attività e alla ricerca nella didattica della Chimica. Ha premiato inoltre un giovane insegnante di scuola secondaria, Gianluca Farusi, per un progetto di insegnamento interdisciplinare, realizzato con i suoi allievi, che gli era valso nel novembre 2005 un riconoscimento speciale da parte degli organizzatori del progetto europeo Science on Stage. Nella stessa Conferenza, come già era avvenuto nel Congresso SCI2003, è stato indetto, in collaborazione con la Sezione SCI e l'USR della Toscana, un concorso regionale aperto alla scuola primaria e secondaria di primo e di secondo grado dal titolo "Chimica 2006- Chimica: fenomeni, idee, esperimenti".

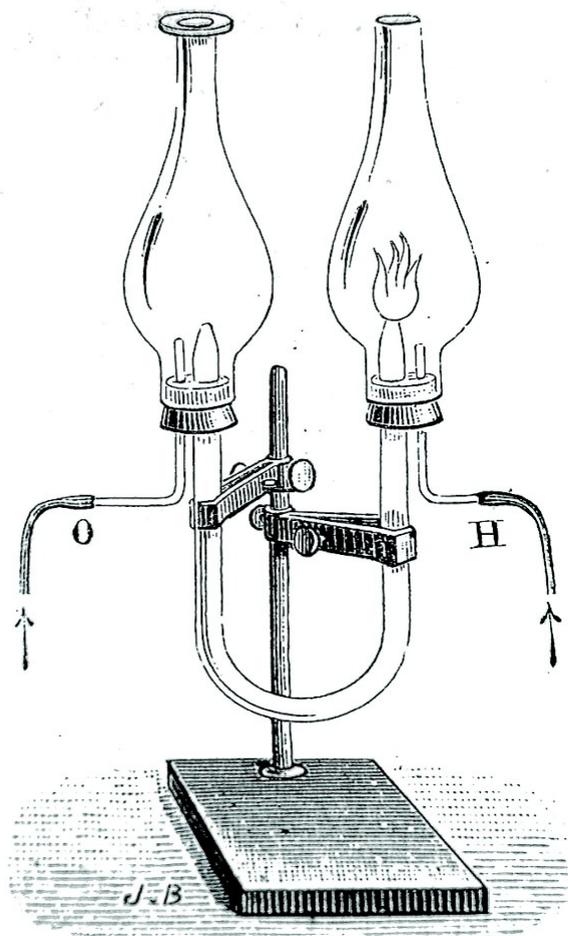
In questi ultimi anni è andata crescendo l'esigenza di espandere la nostra attività in campo internazionale: partecipiamo al progetto Science on Stage (coordinatore italiano per la Chimica Vittoria Massidda); siamo stati presenti con un delegato (Liberato Cardellini) alle riunioni della Division of Chemical Education di EUCHEMS (European Association for Chemical and Molecular Sciences), al VIII Congresso dell'European Conference on Research in Chemical Education (ECRICE) e alla 19th International Conference on Chemical Education. E' stato appena approvato dalla Comunità Europea il quarto triennio di attività dell' European Chemistry Thematic Network (ECTN) che prevede anche il rinnovo dei lavori del working group su "Image of Chemistry" di cui è stato nominato responsabile Michele Antonio Floriano. Stiamo collaborando all'organizzazione del Congresso della IUPAC, che si svolgerà a Torino nell'agosto 2007, in cui una sessione è dedicata alla didattica chimica.

Il collegamento rapido tra gli organi direttivi della Divisione e i soci insegnanti afferenti alle diverse Sezioni Regionali della SCI è un obiettivo che ha assunto particolare importanza in quanto, grazie al Piano ISS, l'attività della Divisione sta diffondendosi su tutto il territorio nazionale. La rete COREFAC dei referenti regionali e il sito WEB della Divisione stanno cercando di rispondere a questo scopo, ma è necessario il loro potenziamento. Anche CnS e il sito WEB di Storia ed Epistemologia della Chimica sono utili strumenti di comunicazione.

Da quanto sommariamente esposto appare evidente che le attività a cui la Divisione è chiamata sono sempre più varie ed impegnative e richiedono la collaborazione di ricercatori, scienziati, docenti, che condividano l'obiettivo di promuovere lo sviluppo della cultura e l'immagine della chimica. Molti soci sono già coinvolti e stanno lavorando con dedizione, ma le forze sono ancora poche a confronto degli impegni che si stanno presentando e che la Divisione istituzionalmente deve assumere.

Concludo rivolgendo un ringraziamento particolare ai colleghi che mi hanno affiancato nel Consiglio Direttivo, ristretto e allargato, agli organizzatori dei Congressi e Conferenze Divisionali, ai colleghi che hanno dato la loro collaborazione nel Comitato scientifico e nei Seminari ISS, ai referenti regionali COREFAC, all'insostituibile Pasquale Fetto che, oltre al sito, ha gestito il gravo-

so lavoro delle elezioni primarie e finali. Un grazie infine al Direttore di CnS, Pierluigi Riani, e agli organizzatori dei Giochi della Chimica, Mario Anastasia e colleghi, oltre che ai docenti che vi partecipano con le loro classi, per la loro opera a fianco della Divisione. Al nuovo Presidente, Aldo Borsese, e al nuovo Consiglio Direttivo gli auguri più fervidi di un proficuo triennio.



Combustion de l'oxygène
dans l'hydrogène

Georges Urbain

Parigi, 1872 – Parigi, 1938

MARCO FONTANI*, MARIAGRAZIA COSTA#

*Dipartimento di Chimica Organica dell'Università di Firenze, (e-mail: marco.fontani@unifi.it)

#Laboratorio di Ricerca Educativa in Didattica Chimica e Scienze Integrate; Dipartimento di Chimica Università di Firenze.

Oggi, quando i discenti o i docenti di chimica gettano lo sguardo su tre elementi poco noti della tavola periodica – lutezio, itterbio e afnio – forse non conoscono il nome dello scopritore né le complesse vicende legate alla loro scoperta.

Georges Urbain nacque a Parigi il 12 aprile 1872, secondogenito di Victor Urbain, chimico di origine lorenese. Di sentimenti nazionalisti, dopo la disfatta francese del 1871 e la cessione di parte della Lorena alla Germania, messo di fronte alla prospettiva di diventare cittadino tedesco, Victor preferì emigrare a Parigi. Egli era un uomo di idee decisamente liberali e anticonformiste, infatti si sposò solamente tre mesi dopo la nascita del secondo figlio. Dopo la fuga da Metz, Victor Urbain insegnò all'École Lavoisier della capitale. Egli aveva anche una grande passione per la musica e la pittura, interessi che il piccolo Georges seppe sviluppare con passione e originalità.

Al termine degli studi primari Georges Urbain entrò al Lycée Charlemagne, un collegio di gesuiti, ma, insofferente allo studio del latino e della stretta morale cattolica fu presto messo alla porta. La cacciata dal Liceo Carlomagno fu decisiva per il futuro chimico. Il padre l'aiutò allora ad entrare all'École Lavoisier dove, in un "clima più aperto", ebbe modo di rivelarsi uno studente prodigo e sviluppare le sue doti scientifiche. Georges Urbain si sarebbe mostrato un giovane precoce e testardo, come avrebbe testimoniato il lavoro sperimentale che di lì a pochi anni avrebbe intrapreso.

Entrambi i figli di Victor, Edouard¹ e Georges, studiarono chimica. Georges si laureò a ventidue anni; si fece notare dal maestro Charles Friedels (1832-1899) per le sue eccellenti capacità sperimentali e nel 1895 divenne suo assistente personale. La scomparsa del maestro lo costrinse ad accettare un impiego presso la Compagnie de l'Électricité dove si occupò della fabbricazione di filamenti costituiti da ossidi di terre rare per le lampade ad arco.

¹ Il primogenito Edouard, nato nel 1870, divenne uno specialista in chimica industriale; ancora giovane lo attendeva un tragico destino: in viaggio attraverso gli Stati Uniti per discutere di alcuni suoi brevetti, incorse in un incidente automobilistico. Sia lui che sua moglie rimasero uccisi, lasciando la figlioletta di quattro anni orfana. Il fratello minore Georges divenne tutore della nipote fino al compimento della maggiore età



Georges Urbain

Fu, tuttavia, una breve parentesi. La sua passione era rivolta alla ricerca così molto presto fece nuovamente il suo ingresso alla Sorbona, dedicandosi con successo allo studio della chimica minerale.

Partendo dalla purificazione di un gran numero di elementi delle terre rare, fu il primo chimico che isolò allo stato elementare il samario, l'europio, il gadolinio, il terbio, disprosio e l'olmio. All'età di trentacinque anni, esattamente cento anni fa (1907), separò il presunto itterbio di Jean Galissard de Marignac (1817-1894) in due elementi che chiamò neoitterbio (simbolo Ny) e lutecio² (simbolo Lu).

Georges Urbain decise di mantenere sostanzialmente immutato il nome del primo elemento da lui scoperto, (vi pose unicamente il prefisso "neo") per non adombrare il lavoro svolto da Marignac molti anni addietro. L'altro elemento fu chiamato lutecio in onore di Parigi, dal latino Lutetia parisorum.

Nel frattempo la sua carriera risentì positivamente dei successi scientifici. Nel 1906 era divenuto professore di chimica analitica; l'anno seguente, in seguito alla prematura scomparsa di Henri Moissan (1852-1907), aveva occupato il suo seggio presso la Commissione Internazionale dei Pesi Atomici. Tuttavia la gioia della scoperta del neoitterbio³ e del lutecio⁴ fu offuscata da una spiacevole notizia: sei mesi dopo la pubblicazione dei risultati di Urbain, il chimico ed inventore Carl Auer barone von

² Georges Urbain, *Un nouvel élément: le lutécium, résultant du dédoublement de l'ytterbium de Marignac*, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, (1907), 145, 759.

³ Nel corso degli anni il 70° elemento perse il prefisso "neo" e tornò al vecchio nome itterbio.

⁴ Nel 1949 il nome *lutecio* fu mutato nell'attuale lutezio.

Welsbach (1858-1929) pubblicò la scoperta degli stessi elementi. Egli sosteneva che i suoi lavori fossero più accurati e, soprattutto, anteriori; inspiegabilmente però, furono pubblicati molti mesi dopo quelli del rivale. La Commissione Internazionale per i Pesi Atomici rigettò il ricorso di Carl Auer e riconobbe la priorità del lavoro del chimico francese. Purtroppo anche Urbain faceva parte della Commissione; questo fatto non passò inosservato al chimico austriaco che gridò al complotto.

Nel 1908 Georges Urbain ottenne la cattedra di chimica minerale alla Sorbona, incarico che mantenne ininterrottamente per venti anni fino a quando, nel 1928, fu chiamato a ricoprire il più prestigioso insegnamento di chimica generale.

Urbain era ancora giovane e pieno di entusiasmo: la sua vera passione era mettere ordine nelle terre rare, vero rompicapo per i chimici di quel periodo. Nel 1911 egli annunciò la scoperta dell'elemento di numero atomico 72 che chiamò celtio, in onore alle popolazioni che in epoca preromana abitavano l'Europa centro-occidentale. Egli credeva che il celtio fosse il quindicesimo ed ultimo elemento delle terre rare, quando in realtà si trattava del primo successivo al blocco degli elementi del "gruppo f". Il lavoro preliminare era in buona parte impreciso, tuttavia la comunità scientifica accolse la notizia con favore.

Terminata la prima guerra mondiale, Georges Urbain riprese il suo lavoro con l'ausilio di tecniche innovative per l'epoca (misure di suscettività magnetica e l'analisi spettrale ai raggi X). Paradossalmente quando, nel 1922, identificò correttamente il celtio, molti scienziati gravitanti nell'orbita del mondo scientifico tedesco si rifiutarono di riconoscergli il merito della scoperta.

Il clima era infuocato: gli animi degli scienziati al pari di quello della stampa erano esacerbati da lunghi anni di guerra. I rancori nazionalisti dei vinti, umiliati, e dei vincitori, insoddisfatti, si ripercuotevano con violenza nel mondo accademico. In questo scenario poco edificante, meno di un anno dopo la scoperta di Urbain, due scienziati che lavoravano a Copenaghen identificarono il 72° elemento che chiamarono afnio. Sebbene nel 1922 Urbain avesse effettivamente e correttamente scoperto il celtio sei mesi prima dell'afnio, l'elemento prese il secondo nome. A questa vicenda si appassionarono anche due colossi della fisica atomica: da un lato Ernest Rutherford (1871-1937), tiepidamente a favore di Urbain; dall'altro un sanguigno Niels Bohr (1885-1962), patron dell'Istituto dove fu scoperto l'afnio, decisamente avverso al francese. Si sarebbe potuto pensare che Georges Urbain, con la scoperta di tre elementi, avesse raggiunto l'apice del successo, ma le sue scoperte furono per lui più motivo di amarezza che di soddisfazione. La sua abilità scientifica fu ingiustamente ridimensionata a quella di un esperto nel trattare grandi quantità di minerali e ganga metallifera. Di Urbain si tende, ancor oggi, a ricordare più l'aspetto pratico del lavoro - effettuò più di 200.000 cristallizzazioni frazionate - che quello teorico o innovativo.

Ancora giovanissimo Urbain aveva scoperto la legge dell'ottimo nella fosforescenza catodica dei sistemi binari, scoperta che gli permise di confutare l'esistenza di molti elementi ritenuti fortemente dubbi: il monio o victorio, l'incognito e lo jonio di sir William Crookes (1832-1919), il bauxio di Bayer, il tulioI, tulioII e tulioIII di Auer von Welsbach, nonché i paradossali meta-elementi. Georges Urbain non mantenne sempre un comportamento prudente nelle sue dichiarazioni. Egli era assai diverso nei modi e nell'aspetto dai professori suoi contemporanei. Era cordiale, quasi affabile, con gli studenti, quanto altero e battagliero nei confronti di taluni colleghi. L'elegante silhouette, due profondi occhi blu e una fluente capigliatura conferivano ad Urbain un aspetto più da artista che da professore universitario.

Georges Urbain si occupò di anche chimica teorica ma le sue intuizioni si rivelarono assai meno incisive dei successi sperimentali. All'inizio degli anni trenta formulò la legge sull'omeomerismo, un tentativo di unificare la chimicaorganica con quella inorganica, basato sull'estensione della teoria di coordinazione di Alfred Werner (1866-1919). Nel suo lavoro teorico più importante, *Le notions fondamentales d'éléments chimique et d'atome* (1925), si trova la più elegante e completa definizione, almeno dal punto di vista epistemologico, di elemento, ma al tempo stesso una critica alla teorica atomica.

Nello sviluppare le sue idee Urbain faceva ampio ricorso al procedimento euristico, un metodo di approccio alla soluzione dei problemi, che apparentemente non seguiva un chiaro percorso ma si affidava all'intuito e allo stato temporaneo delle circostanze, al fine di generare nuova conoscenza. Nella mente di Georges Urbain i principi teorici avrebbero dovuto indicare le strade da approfondire nel tentativo di rendere una teoria progressiva, cioè in grado di garantirsi uno sviluppo empirico, tale da prevedere fatti ignoti al momento dell'elaborazione del nocciolo della dottrina stessa.

Negli anni venti e trenta, Georges Urbain fu eletto membro di numerosissime Accademie nazionali ed estere. Con Mme. Curie egli rappresentava il simbolo vivente della chimica francese: fu giocoforza il candidato naturale "della nazione Francese" per il premio Nobel per la chimica. Ricevette più di cinquanta candidature - una anche postuma - in quasi trenta anni, ma nessuna si concretizzò nella palma svedese. Urbain non era ben visto dagli ambienti accademici tedeschi che avevano molta influenza sui membri della giuria del premio Nobel. Inoltre egli aveva avuto un serio attrito con il premio Nobel per la fisica Manne Siegbahn (1886-1978) nonché presidente della giuria Nobel per la Fisica.

Il contributo alla musica e alle arti in generale non fu meno grande di quello che versò alla scienza. Georges Urbain può essere inserito a pieno titolo nel filone stilistico dei compositori francesi vissuti tra ottocento e novecento: Claude Debussy (1862-1918), Maurice Ravel (1875-1937), Gabriel Fauré (1845-1924), Charles-Camille

San-Saëns (1835-1921) e perfino di César Franck (1822-1890). Quello che comunque emerge dalle sue opere è una marcata “teatralità” espressa da elementi legati alla danza.

Urbain fu anche un pittore e scultore dilettante: i busti dell'amico Jean Perrin (1870-1942), conservato alla Sorbona, e quello del maestro Friedel, conservato nella segreteria della Facoltà di Scienze a Parigi, sono opera sua. Amava anche dipingere: in gioventù predilesse la tecnica pittorica puntiforme degli impressionisti che in seguito abbandonò a favore di una personale evoluzione di stilistica. I suoi acquerelli avevano fama di essere straordinariamente belli per la delicatezza dei colori utilizzati. I paesaggi ritratti nei suoi quadri evocavano i luoghi privilegiati delle sue villeggiature: la foresta di Fontainebleau, la Provenza, la Corsica, il Portogallo, la Spagna, l'Algeria e il Marocco.

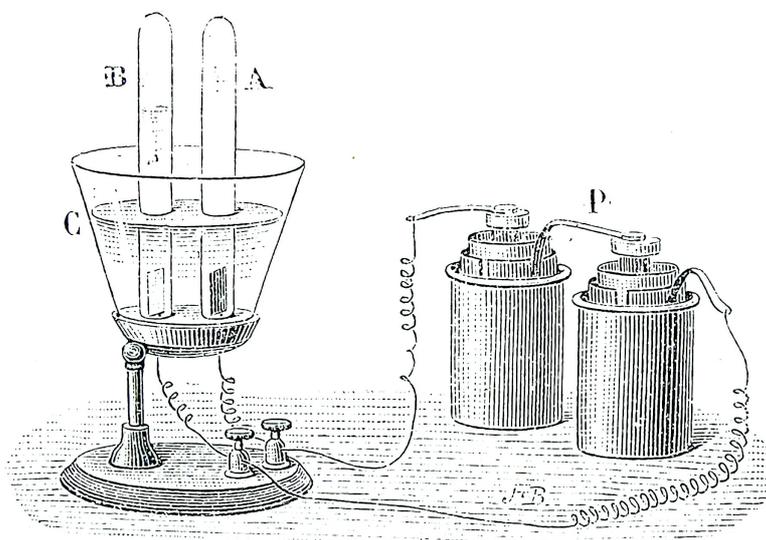
I suoi discepoli tramandano che fosse un maestro amatissimo, dalla voce calda e suadente: tutti loro accalcavano l'aula magna della Sorbona pur di assistere alle sue lezioni. Sebbene dal 1916 Urbain avesse preso parte al programma militare francese per sviluppare i gas asfissianti, aborrisce il crescente sciovinismo dei suoi connazionali al termine del primo conflitto mondiale. Al contrario, egli fu abile ad analizzare lo scenario mondiale dell'immediato dopo guerra, rendendosi conto che le

umilianti condizioni di pace imposte alla Germania avrebbero potuto alimentare, entro breve, un nuovo conflitto tra i due stati.

Di salute cagionevole, nella primavera del 1938 Georges Urbain cadde gravemente malato; il tentativo di rimuovere chirurgicamente il processo patologico fu vano ed egli contrasse un'infezione fulminante alla vescica. Georges Urbain si spense la notte del 5 novembre all'età di sessantasei anni. Non credente, nel suo testamento lasciò scritto che non voleva né discorsi ufficiali né celebrazioni commemorative. Volle che il suo corpo fosse cremato alla sola presenza della figlia, trentasettenne, e del primogenito, quarantaquattrenne, Pierre.

Tra le conseguenze che la nuova guerra che si profilava all'orizzonte avrebbe portato, ci sarebbero state nuove scoperte. Agli uomini sarebbe stato permesso di creare nuovi elementi: i primi elementi artificiali o sintetici. Il lavoro dei chimici che, al pari di Urbain, avevano cercato gli ultimi elementi in natura sembrò d'un tratto anacronistico. Nel chiudere gli occhi ad Urbain il fato volle anche chiudere un'epoca.

Per chi vuole approfondire: Mary Elvira Weeks, *Discovery of the Elements*, Edited by Henry M. Leicester (Easton, Pa.: Journal of Chemical Education, 1968)



Analyse de l'eau par électrolyse.

TRA PROVETTE E MEDIUM

Il ruolo dei chimici nelle indagini sul presunto paranormale

SILVANO FUSO

*Istituto Tecnico Commerciale e Industriale Statale "Primo Levi" Ronco Scrivia (GE)
e CICAP (Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sul Paranormale)
e-mail: silvanofuso@tin.it*

Riassunto

Molti illustri chimici si sono impegnati nell'indagine sui presunti fenomeni paranormali con l'intento di difendere la razionalità contro ogni superstizione. L'articolo ricostruisce alcune tappe significative di queste indagini.

Abstract

Many famous chemists undertook some investigations on the presumed paranormal phenomena with the purpose to defend rationality against every superstition. This paper reconstruct some meaningful stages of these investigations.

Il pensiero scientifico, si sa, è in continua evoluzione. Ogni affermazione scientifica, in quanto tale, è suscettibile di smentita e l'epistemologia popperiana ha chiaramente evidenziato che caratteristica delle affermazioni scientifiche è proprio la loro falsificabilità¹. Di conseguenza, il riconoscimento degli errori e la consapevolezza dei propri limiti in campo scientifico sono altrettanto importanti del conseguimento di nuovi risultati. Risuonano pertanto attuali le parole che Confucio rivolge al suo allievo: "Yü, vuoi che t'insegni il Sapere? Stimar di sapere ciò che tu sai e non stimar di sapere ciò che tu non sai, questo è il sapere!"².

Poiché "come nel lavoro dei campi non basta seminare, ma bisogna anche disinfestare dalle erbacce"³ in campo scientifico è quindi fondamentale smascherare le false teorie che, formulate in buona o cattiva fede poco importa, non possono che nuocere al progresso delle conoscenze.

Le teorie scientifiche fasulle possono nascere in qualsiasi settore e il loro studio rappresenta un interessante campo di ricerca dell'epistemologia e della sociologia della scienza⁴. Un settore che raramente è stato preso in considerazione, ma che presenta aspetti di indubbio interesse, è quello relativo a teorie e credenze che sostengono l'esistenza di presunte realtà diverse da quella ordinaria. Tali presunte realtà sarebbero costituite dai cosiddetti fenomeni paranormali, occulti o misteriosi che trascenderebbero ciò che conosciamo relativamente alla realtà e di fronte ai quali la scienza, a detta dei loro sostenitori, non può che ammettere la propria ignoranza e la propria impotenza. Buona parte della comunità scientifica mostra nei confronti di tali credenze un atteggiamento di sufficienza: considerandole cose prive di fondamento,

molti ricercatori preferiscono non occuparsene per evitare di perdere tempo. Tuttavia numerosi dati statistici⁵ mostrano come tali credenze siano sempre più diffuse nella nostra società, rappresentando un preoccupante indice di regresso culturale e di dilagante irrazionalità. Di conseguenza la comunità scientifica dovrebbe forse assumere un atteggiamento di minor sufficienza e impegnarsi di più per far comprendere al pubblico quali siano le motivazioni che rendono tali credenze prive di fondamento.

Nel passato non sono mancati esempi di illustri scienziati che non hanno esitato a impegnarsi in prima persona in ricerche nel campo del presunto paranormale. Dimostrando grande apertura mentale, come deve essere per un vero scienziato, questi ricercatori si sono avvicinati allo studio dei fenomeni occulti senza preconcetti, magari con la speranza di accertare veramente l'esistenza di alcuni fenomeni sconosciuti alla scienza. Purtroppo però i risultati conseguiti sono sempre stati molto deludenti e fino a oggi nessuno ha mai presentato alcuna dimostrazione convincente dell'esistenza di un solo fenomeno che possa essere considerato autenticamente paranormale.

Nell'ambito di tali ricerche, nel corso dei secoli, i chimici, animati dalla curiosità che li contraddistingue, hanno contribuito a smontare molte false teorie e credenze legate al mondo dell'occulto. Nel presente articolo vogliamo esaminare alcuni casi particolarmente significativi.

Lavoisier e il mesmerismo

Verso la fine del Settecento il medico viennese Franz Anton Mesmer⁶ (1734-1815), assertore delle teorie vitalistiche, si convinse che l'applicazione di magneti poteva avere un effetto terapeutico sull'organismo umano. Egli sosteneva infatti che la buona salute dipendesse dal corretto flusso di una misteriosa energia che egli concepì come "magnetismo animale". In seguito si convinse che le sue stesse dita potevano sprigionare i misteriosi flussi magnetici in grado di produrre lo stesso effetto terapeutico dei magneti. A partire dal 1778 cominciò a esibirsi in dimostrazioni che attiravano buona parte dell'alta società francese. Durante queste dimostrazioni alcuni soggetti afferravano delle sbarre di ferro immerse in una tinozza contenente "acqua magnetizzata". In tal modo si supponeva che venissero attraversate dal fluido magnetico. Dopo qualche tempo si potevano vedere persone che gemevano, altre che si assopivano, altre ancora che avevano crisi nervose.

Nel 1784 una commissione d'inchiesta nominata dal re di Francia Luigi XVI, esaminò il caso e concluse che non esisteva alcun "magnetismo animale" e ciò che era dovuto semplicemente alla suggestionabilità dei soggetti coinvolti. La commissione venne guidata da Benjamin Franklin (1706-1790) e dal padre della chimica moderna Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). I risultati del lavoro della commissione vennero pubblicati nel *Rapport des Commissaires chargés par le Roi de l'examen du Magnétisme animal*, stampato con ordine reale n. 4 a Parigi dalla Casa Editrice Reale nel 1784⁷. Il problema che si presentò alla commissione non era semplice. Infatti Mesmer e i suoi sostenitori affermavano che il magnetismo animale non era rilevabile con i normali strumenti con i quali è possibile rilevare il normale magnetismo fisico. Di conseguenza era inutile utilizzare i consueti strumenti di misura. Lavoisier e Franklin decisero allora di concentrare lo studio della commissione sulla ricerca di eventuali effetti prodotti dalle tecniche utilizzate da Mesmer, al di là dell'accertamento della natura del presunto fluido che li produceva. Per fare questo la commissione progettò diversi test. Nei primi test gli stessi sperimentatori provarono su se stessi gli effetti della magnetizzazione, senza provare però alcun risultato. Decisero allora di procedere "magnetizzando" sette persone della classe sociale meno abbiente confrontando i loro risultati con quelli di sette persone della classe superiore. Solo tre persone della classe inferiore provarono qualche effetto significativo. Sospettando che si trattasse di semplice suggestione, Lavoisier e Franklin procedettero allora a un esperimento in cui alcuni soggetti credevano di ricevere il trattamento, quando invece ciò non era vero e, viceversa, altri venivano sottoposti al trattamento, senza che lo sapessero. I risultati confermarono senza dubbio che gli effetti provati erano dovuti esclusivamente alla suggestione. Altri esperimenti consolidarono ulteriormente l'ipotesi. Il lavoro della commissione reale colpisce per la modernità dei protocolli adottati. Come ebbe a dire il compianto paleontologo e divulgatore Steven Jay Gould, il rapporto della commissione rappresenta: *"Una testimonianza durevole del potere e della bellezza della ragione... Un documento chiave nella storia della ragione umana... [esso] dovrebbe essere salvato dall'oscurità in cui si trova attualmente, tradotto in tutte le lingue e ristampato a cura delle organizzazioni che si dedicano a smascherare la ciarlataneria e difendono il pensiero razionale"*⁸.

Chevreul, Faraday e i movimenti ideomotori

Un altro celebre chimico che si occupò di fenomeni misteriosi fu Michel-Eugène Chevreul (1786-1889). Chevreul è noto per aver fornito importanti contributi in campo chimico. Diede importanti contributi alla chimica dei grassi: interpretò la reazione di saponificazione, diede il nome alla glicerina e al colesterolo, scoprì l'acido butirrico nel burro, e il fatto che i trigliceridi contengono

acidi a numero pari di atomi di carbonio. Isolò inoltre la creatina e l'acido cetilico e scrisse infine un'opera sulla percezione dei colori (*De la loi du contraste simultané des couleurs*).

Intorno al 1812 Chevreul si interessò alla radioestesia, ovvero all'utilizzo di un pendolino da parte di sedicenti sensitivi che sostengono di diagnosticare malattie, trovare persone e oggetti scomparsi ecc. Rigorosi esperimenti lo convinsero che i movimenti del pendolino dipendevano esclusivamente dai movimenti muscolari involontari (le cosiddette reazioni ideomotorie), e che nessun influsso "paranormale" veniva coinvolto. Successivamente Chevreul, attraverso altri esperimenti, estese la sua teoria anche alla raddomanzia, ovvero alla presunta capacità da parte di alcuni soggetti di trovare acqua sotterranea attraverso particolari bacchette. Secondo Chevreul ciò che faceva muovere il pendolino o la bacchetta non erano misteriosi influssi rilasciati dall'acqua o da altri oggetti e percepiti dal raddomante o dal radioestesista. Erano gli stessi soggetti che determinavano i movimenti nel momento in cui, per qualche ragione, si convincevano di essere in prossimità di ciò che cercavano.

In una lettera inviata nel 1833 all'amico Ampère, Chevreul così si esprime: *"C'è dunque un legame intimo preciso tra l'esecuzione di certi movimenti e l'atto del pensiero che le è relativo, quantunque questo pensiero non sia affatto la volontà che comanda agli organi muscolari. È in questo che i fenomeni da me descritti mi sembrano di qualche interesse per la psicologia, e anche per la storia delle scienze; essi dimostrano come sia facile scambiare delle illusioni per delle realtà ogni qual volta ci occupiamo di un fenomeno in cui i nostri organi hanno qualche parte, e ciò in circostanze che non sono state analizzate a sufficienza"*⁹.

La stessa spiegazione basata sulle azioni ideomotorie venne utilizzata da Chevreul anche più tardi, quando, a partire dal 1848, si diffuse la moda dello sedute spiritiche. Uno dei fenomeni tipici che si realizzava durante le sedute era il movimento di tavolini a tre gambe, apparentemente al di là della volontà cosciente dei partecipanti. Chevreul fu relatore di una commissione di indagine nominata dall'Accademia delle Scienze di Parigi e nel 1854 scrisse un libro intitolato *De la baguette divinatoire, du pendule expleurateur et des tables tournantes* in cui illustra i suoi esperimenti e i risultati da lui ottenuti.

Poco tempo prima, anche il chimico e fisico inglese Michael Faraday (1791-1867) aveva compiuto studi sul movimento dei tavolini utilizzati durante le sedute spiritiche. Faraday, ben noto per i suoi fondamentali lavori sull'elettromagnetismo, era un valente chimico. Realizzò diverse importanti sintesi, formulò le leggi dell'elettrolisi e isolò per primo il benzene nel condensato del gas illuminante. Incuriosito dalla moda dello spiritismo, in voga in quel periodo, volle vederci più chiaro, escogitando ingegnosi esperimenti¹⁰.

Durante uno di questi esperimenti, aveva provato a fare appoggiare le dita dei partecipanti alla seduta non direttamente sul tavolo, ma su una tavoletta sotto la quale aveva posto delle sferette. Se il tavolo fosse stato mosso dagli "spiriti" o da altre forze occulte, esso avrebbe dovuto spostarsi ugualmente, mentre la tavoletta avrebbe dovuto rimanere ferma, a contatto con le mani dei partecipanti. Se invece fossero stati gli stessi soggetti partecipanti alla seduta a spingerlo inconsciamente, esso non si sarebbe dovuto muovere, perchè la tavoletta sarebbe scivolata sulle sferette. Inutile dire che Faraday constatò che in tali condizioni nessun tavolino subiva più il minimo movimento, mentre le tavolette scivolavano sulle sferette.

Mendeleev e lo spiritismo

Dmitrij Mendeleev (1834-1907) è universalmente noto per scoperta della periodicità degli elementi e per la costruzione della celebre tabella degli elementi. Molteplici sono stati tuttavia i contributi scientifici del grande chimico russo, che fu docente di chimica all'Università di San Pietroburgo. Esegui numerose ricerche sulle costanti fisiche dei composti (volume specifico, coefficienti di dilatazione, ecc.). Studiò l'isomorfismo e la compressione, compì ricerche sui giacimenti di carbon fossile del Donez ed elaborò una teoria sugli idrati. Fu inoltre autore di un libro intitolato *Principi di Chimica* (1868-69) che ebbe grande influenza nel campo della chimica inorganica. Meno noto è l'interesse che Mendeleev manifestò per i fenomeni spiritici e medianici. Tale interesse nacque in Mendeleev essenzialmente per due motivi. Da un lato le pratiche spiritiche erano massicciamente diffuse nella Russia dell'epoca e cominciavano a rappresentare un problema sociale di fronte al quale il grande chimico non poteva restare indifferente. Secondariamente Mendeleev venne influenzato dal collega Butlerov, fervente sostenitore dello spiritismo. Aleksandr Mihajlovic Butlerov (1828-1886) era un chimico affermato che diede originali contributi nel campo della strutturalistica chimica elaborando una concezione dinamica dei legami chimici. Le sue concezioni lo avevano portato ad ammettere che l'energia potesse esistere in molteplici forme e ciò non gli impediva di credere all'esistenza di una "energia psichica" che si sarebbe manifestata nei fenomeni medianici. Inoltre Butlerov era pure imparentato con quello che sicuramente fu il medium più celebre dell'epoca, l'inglese Daniel Dunglas Home.

Mendeleev si adoperò affinché Società di Fisica dell'Università di Pietroburgo costituisse una commissione che svolgesse indagini per accertare l'attendibilità di quanto si sosteneva accadere durante le sedute spiritiche. Nel 1874 la commissione venne costituita e, presieduta dallo stesso Mendeleev, era formata da diversi docenti dell'ateneo di Pietroburgo, tra cui lo stesso Butlerov e Nikolaj Petrovic Vagner, direttore della rivista di divulgazione *Svet* (Luce), anch'egli credente nello spiritismo al pari di Butlerov. Da rigoroso sperimentatore,

Mendeleev volle che durante le indagini fossero prese tutte le precauzioni per evitare abbagli e inganni e questo provocò non poche reazioni da parte dei suoi colleghi "credenti" che scambiarono tale rigore per diffidenza preconcepita nei confronti dello spiritismo. Tuttavia l'atteggiamento di Mendeleev appare quanto mai opportuno, visto che nel campo del presunto paranormale il problema dei controlli è fondamentale: come si suol dire "affermazioni straordinarie richiedono prove altrettanto straordinarie". La commissione esaminò diversi medium tra cui William e Joseph Petty e il già citato Daniel Dunglas Home. I risultati raggiunti dalla commissione furono divulgati dallo stesso Mendeleev nel corso di tre conferenze pubbliche tenute nel 1875 e nel 1876, i cui testi furono successivamente raccolti in un volume¹¹. Le conclusioni che Mendeleev raggiunse sono ben sintetizzate in questo brano di una sua conferenza: "*Le elementari cautele da noi prese fin dal primo incontro sono state sufficienti a smascherare la vera natura dei presunti fenomeni spiritici: in tutti i casi, senza eccezione, si è trattato di semplici trucchi, neppure eseguiti con grande scaltrezza*".

Mendeleev conclude poi le sue conferenze suggerendo che l'unico interesse scientifico nei confronti dello spiritismo poteva essere di tipo antropologico, sociologico e psicologico con lo scopo di cercare di comprendere le ragioni di una così diffusa credulità popolare. È infine curioso ricordare che i proventi ottenuti dalle sue conferenze pubbliche sullo spiritismo furono utilizzati da Mendeleev per finanziare la costruzione di un aerostato per rilevamenti meteorologici negli strati alti dell'atmosfera. Il volo dell'aerostato avvenne il 7 agosto 1887 in occasione di un'eclisse di Sole. Nella prefazione al volume che raccoglie i testi delle sue conferenze, lo stesso Mendeleev giustifica lo strano accostamento tra spiritismo e meteorologia in questo modo: "*La commissione che ha analizzato i fenomeni medianici ne ha stabilito il carattere superstizioso e la meteorologia sta oggi lottando, e ancora a lungo dovrà lottare, contro le superstizioni che dominano l'intero campo dell'osservazione e della previsione del tempo. Come ogni altra lotta, anche questa necessita di mezzi materiali: sia dunque lecito utilizzare una superstizione come strumento per combatterne un'altra*".

Indagini recenti

L'impegno dei chimici nello smascheramento di fenomeni paranormali fasulli non appartiene solo al passato. Ai giorni nostri e nel nostro paese vi è in particolare un chimico che è costantemente impegnato in questo settore. Si tratta di Luigi Garlaschelli, ricercatore di chimica organica presso l'università di Pavia e responsabile sperimentazione del CICAP, Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sul Paranormale. In campo chimico Garlaschelli si è occupato di biosintesi, di estrazione, identificazione e sintesi di sostanze organiche naturali, di sintesi di derivati fullerenici e di chimiche

supramolecolare. Oltre alla sua attività scientifica e didattica, tuttavia Garlaschelli si occupa da anni di indagini sul presunto paranormale. Una delle prime ricerche di Garlaschelli relative a fenomeni misteriosi riguarda il presunto miracolo della liquefazione del sangue di S. Gennaro. Le sue ricerche portarono alla pubblicazione di un articolo sulla prestigiosa rivista scientifica *Nature* nel 1991¹². Nell'articolo si avanza una possibile interpretazione del comportamento della reliquia conservata nel duomo di Napoli. Potrebbe trattarsi di una sostanza tixotropica che subisce una transizione da solido a liquido in seguito a sollecitazioni meccaniche. Garlaschelli e collaboratori sono riusciti a riprodurre in laboratorio una sostanza che si comporta esattamente come la reliquia considerata sangue del martire napoletano. La semplice procedura per la realizzazione della sostanza rende plausibile ipotizzare che qualche alchimista medioevale (epoca cui risalgono le prime notizie storiche sulla reliquia) abbia magari casualmente scoperto la singolare proprietà chimico-fisica.

Naturalmente si tratta solo di una ipotesi per confermare o smentire la quale sarebbe necessario un esame diretto della reliquia che però non è mai stato possibile effettuare. Tra gli altri argomenti di cui Garlaschelli si è occupato ricordiamo gli apporti luminosi del medium Roberto Setti, le statue piangenti, la Sindone, il miracolo delle ostie sanguinanti di Bolsena, le mummificazioni, il fachirismo, i fuochi fatui, la spada nella roccia di S. Galgano, le salite stregate, l'omeopatia e molto altro¹³. In ogni sua ricerca Garlaschelli ha sempre mostrato una spiccata curiosità scientifica, un estremo rigore metodologico e una notevole capacità di approccio interdisciplinare che lo inseriscono perfettamente nella lunga tradizione di chimici che si sono dedicati allo studio dei fenomeni misteriosi con razionalità e spirito critico.

Conclusioni: chimica, magia e razionalità

La chimica affonda le sue radici storiche nel pensiero magico. Il dualismo spirito-materia ha a lungo caratterizzato, almeno in Occidente, sia il mondo della magia che quello della scienza. Il dominio dello spirito sulla materia è stato un obiettivo comune di entrambe. La chimica, intesa come disciplina finalizzata allo studio della materia e delle trasformazioni che essa può subire, ha quindi inevitabili legami con il pensiero magico. Come ebbe a dire il chimico francese del Settecento Pierre Joseph Macquer (1718-1784), con riferimento all'alchimia: "*La chimica come figliola giudiziosa ed assennata doveva dichiararsi poco lieta di aver avuto una madre piuttosto stravagante e sregolata*"¹⁴.

E nell'*Enciclopedia* di Diderot e D'Alembert, alla voce "Chimica" (III Vol.) si legge: "*Molti chimici antichi... sono veri chi-mici... ma è assai arduo cogliere la vera chimica nell'Arte per eccellenza, l'Arte sacra dei primi padri della nostra Scienza*".

Molti fenomeni chimici hanno inoltre un indubbio fascino

magico. Non a caso ancora oggi esiste una branca chimica dell'illusionismo finalizzata alla realizzazione di fenomeni spettacolari e stupefacenti. In tale settore ricordiamo ad esempio la figura John Henry Pepper (1821-1900). Chimico inglese, professore presso la Royal Polytechnic Institution, Pepper escogitò tra l'altro il modo per far apparire, nell'ambito di spettacoli teatrali, dei fantasmi trasparenti molto convincenti. Questo effetto, presentato nel 1862 in una drammatizzazione del "Canto di Natale" di Dickens, è basato su un ingegnoso gioco di specchi semitrasparenti, e fu da allora utilizzato alla famosa *Egyptian Hall* di Londra per molti anni in spettacoli di vario tipo. Il trucco viene presentato identico ancora oggi, a Disneyland.

La chimica moderna deve però il suo straordinario sviluppo proprio all'abbandono di qualsiasi retaggio magico e animistico e alla ricerca costante del rigore e della razionalità. Evidentemente però le antiche radici della loro disciplina inducono molti chimici a interessarsi di fenomeni legati all'occulto. Il rigore e la razionalità che li contraddistinguono consente loro di fornire fondamentali contributi alla lotta contro la superstizione. Purtroppo viviamo in una società dove la cultura scientifica è scarsamente diffusa e apprezzata. Per contro godono di grande popolarità discipline pseudoscientifiche prive di ogni fondamento. Astrologi, veggenti, maghi, cultori di strane pratiche mediche ecc. vengono spesso presentati dai media come "ricercatori alternativi", spesso contrapposti ai seri studiosi come se avessero pari dignità culturale. Tutto ciò è profondamente diseducativo e chiunque abbia a cuore la razionalità e l'educazione scientifica deve impegnarsi per contrastare questo inquietante fenomeno. Non si tratta di operare inopportune censure, ma di informare ed educare adeguatamente i cittadini in modo da consentire loro di distinguere da soli la vera e la falsa scienza.

La cultura chimica può dare un'utile contributo in tal senso. Spesso per comprendere la totale infondatezza di certe discipline pseudoscientifiche sono sufficienti conoscenze chimiche di base. È quindi auspicabile che alla chimica venga sempre più riconosciuto il suo fondamentale ruolo educativo nel percorso formativo dei giovani. Nell'ambito della didattica chimica può essere infine utile esaminare con spirito critico alcuni fenomeni misteriosi cercando di interpretarli da un punto di vista scientifico. In alcuni futuri articoli sulle pagine di questa rivista ne proporremo alcuni esempi.

Bibliografia e Note

- 1) K. R. Popper, *Congetture e confutazioni*, Il Mulino, Bologna 1972;
- 2) Lun Yü, *I dialoghi di Confucio*, Sansoni, Firenze 1924;
- 3) P.G. Odifreddi, *Zichicche*, Dedalo, Bari 2003;
- 4) A. Kohn, *Falsi profeti: errori e inganni nella scienza*, Zanichelli, Bologna 1991; F. Di Trocchio, *Le bugie della scienza*, Mondadori, Milano 1993;
- 5) Si veda ad esempio il rapporto Eurispes "Italia 2002".

Secondo il rapporto, nei 4 anni precedenti l'anno di pubblicazione, il ricorso all'occulto è aumentato in Italia del 30%, con un fatturato annuo complessivo di 5 miliardi di euro (di cui il 97% esentasse) distribuiti tra circa 21.550 operatori accertati e un numero imprecisato di operatori sommersi. La distribuzione geografica degli operatori è la seguente: il 49% al Nord, il 21% al centro ed il 30% al Sud;

6) J. Thuillier, *Mesmer o l'estasi magnetica*, Rizzoli, Milano 1996;

7) La traduzione italiana del rapporto è stata integralmente pubblicata sulla rivista del CICAP *Scienza & Paranormale*, **50 -XI**, Edizioni CICAP, Padova 2003;

8) S.J. Gould, *Bravo brontosauo. Riflessioni di storia naturale*, Feltrinelli, Milano 2002;

9) Riportata in: G. Charpak e H. Broch, *Lo stregone è nudo. Ciarlatani. Istruzioni per l'uso*, Ponte alle Grazie, Milano 2002;

10) M. Faraday, "Experimental investigation of table-moving", *The Athenaeum*, 1853 (July), **2**, 801-802;

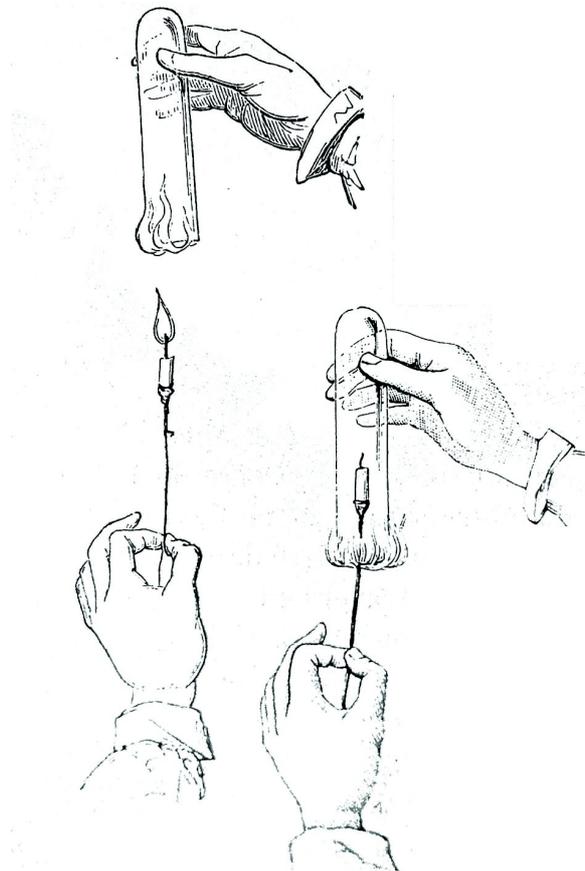
11) D. Mendeleev, *Sullo spiritismo*, Boringhieri, Torino 1992;

12) L. Garlaschelli, F. Ramaccini, S. Della Sala, "Working bloody miracles", *Nature*, 1991, **353** (6344), 507;

13) Si vedano ad esempio i seguenti testi: M. Polidoro e L. Garlaschelli, *Investigatori dell'occulto*, Avverbi, Roma 2001; L. Garlaschelli, *Processo alla Sindone*, Avverbi Roma 1998; L. Garlaschelli e M. Polidoro, *I segreti dei fachiri*, Avverbi, Roma 1998; L. Garlaschelli, "La chimica dei miracoli", *Micromega*, 1999, **1**, 95. Si veda infine il sito internet di L. Garlaschelli:

www.luigigarlaschelli.it;

14) P. J. Macquer, *Dictionnaire de chymie* (1766), citato in A. Di Meo, *Il chimico e l'alchimista*, Editori Riuniti, Roma 1981.



Inflammation du gaz hydrogène par une
bugie et extinction d'une bugie dans
le gaz hydrogène

RISONANZA MAGNETICA NUCLEARE: PASSATO, PRESENTE E FUTURO DI UNA TECNICA SPETTROSCOPICA CHE HA CAMBIATO LA CHIMICA E NON SOLO

VALENTINA DOMENICI ^a, CARLO ALBERTO VERACINI ^b

*Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università degli studi di Pisa,
via Risorgimento 35, 56126 Pisa, Italia*

^a e-mail: valentin@dcci.unipi.it

^b e-mail: verax@dcci.unipi.it

Sommario:

La risonanza magnetica nucleare (NMR) è una spettroscopia nata nella seconda metà del ventesimo secolo, grazie alle intuizioni di un manipolo di grandi scienziati che nel giro di trenta anni contribuirono con alcune importanti innovazioni sia teoriche che sperimentali allo sviluppo di una delle tecniche oggi più utilizzate dai chimici. L’NMR si basa su alcuni principi quanto-meccanici che descrivono l’interazione tra radiazione elettromagnetica nella regione delle radio frequenze e i nuclei atomici della materia.

In questo breve saggio esploreremo le tappe più significative della storia di questa spettroscopia, anche attraverso le vicende umane di alcuni scienziati, fino ad arrivare ai giorni odierni e alle innumerevoli applicazioni dell’NMR.

Parte I

Introduzione

Partire dalla teoria dei quanti e dai primi del Novecento potrebbe sembrare un salto troppo indietro nel tempo. In realtà, questo salto è inevitabile se vogliamo capire come si è arrivati alla nascita e allo sviluppo della spettroscopia di risonanza magnetica nucleare, abbreviata con NMR secondo la dicitura inglese *Nuclear Magnetic Resonance* [1,2].

Formalmente questa spettroscopia viene fatta nascere nel 1945, in concomitanza con la prima osservazione sperimentale di un segnale di assorbimento del nucleo di idrogeno (¹H) nella regione delle radiofrequenze, da parte di Purcell, Torrey e Pound, e, contemporaneamente, da Bloch, Hansen e Packard. A cosa corrispondeva il segnale osservato? E perché tutto questo interesse per la regione delle radiofrequenze? A queste domande tecniche vanno aggiunte però questioni più profonde, perché l’NMR, oltre ad aver rappresentato una svolta da un punto di vista tecnico-scientifico, ha segnato la chimica e i chimici in

modo profondo [3]. Alcuni concetti prettamente chimici, che prima dello sviluppo della tecnica NMR erano solo ipotesi e congetture, trovarono con l’NMR, inteso come “*chemist’s tool*”, visualizzazioni concrete e prove inequivocabili. Basti pensare alla stereochimica e alle questioni conformazionali, o più semplicemente all’immediatezza che l’NMR ha nel mostrare i gruppi funzionali e le interazioni tra gruppi di atomi [4, 5, 6].

Un’immagine particolarmente efficace, data dallo storico della chimica Pierre Lazlo [3], è la seguente: “*the NMR tube replaced the test tube*”. Come dire che se prima il chimico era associato al tubo da saggio usato per l’analisi qualitativa dei composti, per scoprirne la natura chimica, dalla seconda metà del Novecento il chimico venne associato al tubo NMR.

“For centuries, chemists were associated with test tubes, not only in the popular imagination. The test tube was used primarily for qualitative analysis. Adding a few drops of a reagent would trigger a response, maybe a color change, a turbidity, or a precipitation, from which the chemist would infer the likely presence of a component in the liquid mixture, be it a ketone or sulfate anions. With the NMR tube, chemists were offered a lighter and subtler perturbation. The reagent now consisted only of radiofrequencies (RF). Their resonant absorption by the sample in the NMR tube yielded a comprehensive inventory of the groups of atoms present.” (Pierre Lazlo)[3].

L’analisi spettrale, ovvero l’interpretazione degli spettri NMR, in particolare al protone e al carbonio, hanno parzialmente sostituito l’analisi elementare e l’analisi chimica in senso stretto.

Non solo, l’NMR ha permesso di “vedere” le interazioni tra gli atomi appartenenti a una stessa molecola: l’accoppiamento scalare e quello dipolare tra nuclei atomici hanno aperto la strada all’identificazione dello scheletro molecolare e della geometria d’equilibrio di molecole complesse in soluzione e in fase solida.

La tecnica NMR ha cambiato nel tempo anche la professione dei chimici che, organici o inorganici che siano, non possono prescindere dalla conoscenza dei rudimenti di base di questa spettroscopia.

Ma oggi, grazie agli sviluppi tecnici e scientifici della risonanza magnetica nucleare, e grazie anche all'evoluzione dei mezzi informatici, altre discipline, come la medicina e la biologia, hanno avuto grandi benefici dall'NMR. Un esempio è rappresentato dalla risonanza magnetica usata in medicina come test diagnostico non invasivo, che nacque come sviluppo pratico della scoperta riguardante l'effetto dei gradienti di campo magnetico sul segnale NMR e la possibilità di ricostruire immagini tridimensionali sfruttando questi gradienti.

Altre scienze, come la biologia molecolare, che può essere considerata come un'estensione della chimica al campo di studio della biologia, la scienza dell'alimentazione, e altre discipline, come quelle dedicate al restauro e al monitoraggio del patrimonio artistico e storico, fanno ampio uso della spettroscopia NMR come metodo di analisi chimica e strutturale.

Dalla teoria dei quanti alla misura di Rabi

Negli anni '20 del Novecento, la teoria quantistica, elaborata dal fisico danese Niels Bohr [7], era diventata già una teoria di grande successo e dalle potenzialità ancora più promettenti.

Con questa teoria, Bohr era riuscito a spiegare gli spettri di assorbimento e di emissione di atomi e di piccole molecole, come l'idrogeno molecolare [8], cosa che non era pensabile ricorrendo alla teoria classica. Tuttavia, c'erano alcuni fenomeni sperimentali [9] che non si riuscivano a spiegare, come il cosiddetto "effetto Zeeman anomalo" che consiste nella presenza di segnali sdoppiati, o comunque molto più complessi, quando si registrano ad alta risoluzione spettri di assorbimento in presenza del campo magnetico.

Fu grazie a un celebre esperimento, noto con il nome dei suoi due ideatori, Otto Stern e Walther Gerlach, che nel 1921 ci fu la prima conferma sperimentale della teoria quantistica (Figura 1-1a).



Figura 1: Otto Stern (da <http://www.aip.org/>)



Figura 1a: Walther Gerlach (da <http://www.aip.org/>)

L'esperimento Stern-Gerlach [10] è abbastanza semplice da realizzare: un fascio di atomi (nel primo esperimento si trattò di atomi di argento) sono fatti passare attraverso un gradiente di campo magnetico, in modo che il fascio e la direzione del gradiente siano perpendicolari tra loro (Figura 2).

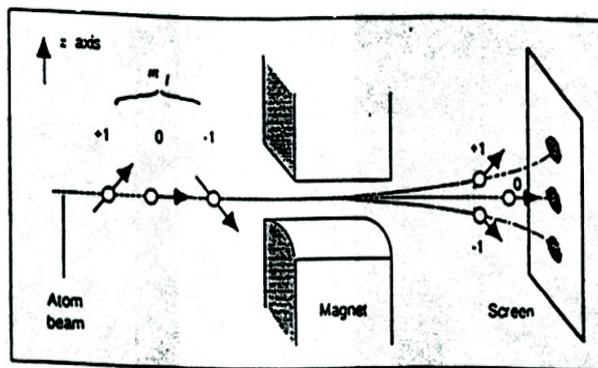


Figura 2: Uno schizzo dell'apparato sperimentale dell'esperimento Stern-Gerlach (da <http://plato.stanford.edu>).

L'interazione del campo magnetico con gli elettroni degli atomi del fascio avrebbe provocato, secondo la teoria di Bohr, una deflessione del fascio stesso [11]. Viceversa, la teoria classica è in grado di prevedere solo un semplice allargamento del fascio. Stern e Gerlach osservarono proprio una deviazione del fascio e non un allargamento: era la prova che su scala atomica la teoria classica lasciava il posto alla teoria di Bohr. Ma la spiegazione corretta dal punto di vista teorico di questo esperimento doveva ancora venire, con l'introduzione dello spin elettronico e della meccanica quantistica.

Lo spin dell'elettrone fu scoperto nel 1924 da Wolfgang Pauli (Figura 3) osservando l'emissione atomica dei metalli alcalini. Anche se in un primo momento Pauli non

aveva idea del significato fisico di questa quantità, che definì semplicemente come un “grado di libertà” aggiuntivo, le ipotesi del 1925 di Kronig e di due giovani fisici, Uhlenbeck e Goudsmit, si rivelarono poi esatte: lo spin elettronico risultava dalla presenza di un momento angolare dell’elettrone.



Figura 3: Wolfgang Pauli, premio Nobel per la fisica nel 1945.

Un anno dopo, Erwin Schrödinger e Werner Heisenberg formularono la meccanica quantistica, e nel 1927, Pauli estese questa teoria includendovi anche il concetto di spin elettronico. Solo a questo punto, con l’introduzione del momento angolare e del momento magnetico dell’elettrone fu possibile avere una spiegazione sia dell’esperimento Stern-Gerlach sia dell’effetto Zeeman anomalo: questa anomalia è causata proprio dall’interazione con il campo magnetico del momento magnetico di spin dell’elettrone [12].

Nel fermento di questi anni, si moltiplicarono gli esperimenti volti a confermare o raffinare la nuova teoria della fisica del Novecento. Accanto ai fenomeni che coinvolgevano gli elettroni, che furono i primi a essere investigati, si cominciarono a esplorare anche le proprietà dei nuclei.

La prima evidenza dell’esistenza del *momento magnetico nucleare* (μ) venne ancora una volta dagli abili sperimentatori Stern e Gerlach, che dopo anni di ottimizzazione del loro apparato sperimentale, nel 1933 riuscirono ad aumentarne notevolmente la sensibilità. Facendo attraversare un gradiente di campo magnetico da un fascio di idrogeno molecolare, i due osservarono ancora una deflessione. In questo caso, però, non si tratta dell’effetto degli elettroni, in quanto nella molecola biatomica dell’idrogeno nello stato fondamentale il momento elettronico è nullo. Viceversa, la deflessione è causata dall’interazione tra campo magnetico e momento

magnetico nucleare.

I nuclei magnetici, che possiedono uno *spin nucleare* (I) diverso da 0, si comportano come delle piccole calamite che, in presenza di un campo magnetico esterno (B) tendono ad allinearsi lungo le linee del campo. In altri termini, la presenza del campo magnetico fa sì che gli stati energetici che, per le regole della teoria quantomeccanica, sono pari a $2I+1$, non siano più degeneri, ma siano separati in energia di un termine pari a mB/I , detto anche energia dei livelli, o stati, Zeeman.

È questa differenza di energia a giocare un ruolo fondamentale nell’NMR, come intuì il fisico olandese Cornelis Jacobus Gorter (*Figura 4*) [13], che tra l’altro fu il primo a dimostrare il fenomeno del rilassamento paramagnetico.



Figura 4: Cornelis Gorter conìò per primo il nome di “nuclear magnetic resonance” nel 1942.

Alla base della comprensione di questo fenomeno c’era un concetto molto importante: le transizioni tra gli stati Zeeman di un sistema di spin nucleare si possono osservare sfruttando l’effetto della risonanza. Convinto di questo, nel 1936 Gorter pubblicò i risultati del primo tentativo di realizzare un esperimento di risonanza, che tuttavia non aveva dato alcun esito positivo [14]. Come sostiene J. H. van der Waals, in un articolo intitolato “*Gorter’s footprints on the trail that led to magnetic resonance*”, nonostante gli insuccessi sperimentali, Gorter andrebbe considerato il vero pioniere della risonanza magnetica nucleare. Fu lui, tra l’altro, a usare per primo questo nome in una pubblicazione del 1942 [15].

A partire dagli anni ‘30, uno dei laboratori più attivi nella fisica dei fasci atomici e molecolari era il laboratorio di Isidor Isaac Rabi, alla Columbia University (*Figura 5*) [16]. È qui che nel 1937 avvenne la svolta. Rabi aveva inizialmente provato a ripetere gli esperimenti ideati da Gorter, anche lui senza successo.



Figura 5: Isaac Rabi, premio Nobel per la fisica nel 1944.

Nel 1937, Gorter si recò personalmente presso il laboratorio del professor Rabi, per mostrargli il metodo per misurare il momento magnetico nucleare. Rabi accettò i suggerimenti di Gorter e, con piccole modifiche, fu finalmente in grado di osservare per primo il fenomeno della risonanza. In questo esperimento Rabi utilizzò un fascio di cloruro di litio (LiCl), che fece passare attraverso un campo magnetico costante e molto intenso.

Perpendicolarmente a questo campo magnetico fisso, venne applicato un campo magnetico oscillante con frequenza variabile. All'aumentare della frequenza delle oscillazioni, man mano che ci si avvicinava alla frequenza di Larmor del nucleo sotto osservazione, la condizione di risonanza si realizzava: in quel momento il rivelatore di Rabi segnò un picco di intensità del segnale. Nel caso più semplice di uno spin nucleare $I=1/2$, questa condizione corrisponde a fornire al sistema nucleare l'energia ΔE necessaria per passare dal livello fondamentale Zeeman ($-\mu B$) a quello eccitato ($+\mu B$). La risonanza si verifica applicando una frequenza del campo oscillante, ν , uguale a $\gamma B/2\pi$, dove γ è una costante specifica per il nucleo sotto osservazione e B è l'intensità del campo magnetico esterno. Questo esperimento fu descritto nel 1938 nel famoso articolo "A New Method of Measuring Nuclear Magnetic Moment"[17], fondamentale per l'assegnazione del Nobel per la fisica del 1944 a Isaac Rabi, mentre l'anno precedente lo stesso prestigioso premio era andato a Otto Stern per la scoperta del momento magnetico del protone.

Dal primo segnale NMR ai primi strumenti commerciali

Il periodo della seconda guerra mondiale interruppe momentaneamente la ricerca nel campo della risonanza

magnetica nucleare appena nato.

Gli anni immediatamente successivi alla guerra però videro esplodere, soprattutto negli Stati Uniti, l'interesse per questo nuovo settore sulla scia della "scuola di Rabi", che influenzò molti giovani fisici.

Tra loro c'era Edward Purcell, che nel periodo bellico era stato professore al *Radiation Laboratory* del MIT di Boston e aveva lavorato all'esplorazione di nuove tecniche spettroscopiche sfruttando le frequenze nella regione delle microonde. Questi lavori gli furono utili anche per le successive ricerche presso la Harvard University, in cui si concentrò sul magnetismo nucleare, sui fenomeni di rilassamento e su problemi legati alla struttura molecolare [18].

Nello stesso periodo, presso la Stanford University, Felix Bloch e i suoi collaboratori Hansen e Packard stavano sviluppando un nuovo metodo di induzione nucleare, una procedura sperimentale per studiare i momenti nucleari di sostanze solide, liquide e gassose. Durante la guerra Bloch aveva lavorato anche a Los Alamos dove aveva acquisito grande familiarità con le più moderne tecniche elettroniche. Inoltre, i suoi primi lavori scientifici avevano riguardato il momento magnetico del neutrone [19]. Presupposti questi del successo che ottenne nella ricerca del primo segnale NMR in sostanze solide.

Nel 1945, appena finita la guerra, i due gruppi, guidati da Purcell (Figura 6) e Bloch (Figura 6a), arrivarono, in modo indipendente e a distanza di poche settimane, allo sviluppo del primo metodo per osservare la risonanza magnetica in nuclei di molecole in fase liquida o solida, facendo un grosso passo in avanti rispetto all'esperimento di Rabi del 1938, applicabile solo a molecole isolate.



Figura 6: Edward Mills premio Nobel per la fisica nel 1952



Figura 6a: Felix Bloch, premio Nobel per la fisica nel 1952.

Entrambi avevano scelto per motivi diversi di studiare il protone, ovvero il nucleo dell'atomo di idrogeno, che è uno dei nuclei magnetici più studiati ancora oggi, per la elevata sensibilità, ma soprattutto per la sua abbondanza nei composti organici.

Purcell, con i suoi collaboratori Torrey e Pound, dopo aver assemblato uno strumento in grado di registrare le transizioni energetiche del nucleo di idrogeno sfruttando le radiofrequenze, testò la nuova tecnica su un materiale solido molto ricco di idrogeno, la paraffina [18]. Bloch, da parte sua, utilizzò come materiale da investigare delle gocce d'acqua in una sfera di vetro [20].

Entrambi avevano dovuto superare alcuni limiti tecnici per riuscire a registrare il segnale di assorbimento in corrispondenza della radiofrequenza associata alla transizione nucleare. In particolare, si doveva stimolare la transizione degli spin nucleari dallo stato fondamentale allo stato eccitato per alterare la situazione di equilibrio in cui, per la legge di Boltzmann, esiste una piccola differenza di popolazione dei livelli energetici dovuta proprio alla differenza di energia magnetica di questi livelli, che nel caso del protone sono due. In protone infatti ha spin nucleare I uguale a $\frac{1}{2}$, e l'energia che separa i due livelli, o stati Zeeman, è pari a $(\gamma h B)/(2\pi)$, dove h è la costante in Plank. Applicando una frequenza nella regione delle radiofrequenze pari a $(\gamma B)/(2\pi)$, seguendo lo stesso metodo sperimentale usato da Rabi, sia Purcell che Bloch verificarono la condizione di risonanza e registrarono un segnale di assorbimento, come quello riportato in *Figura 7* [21]. Per distinguerlo dall'esperimento di Rabi, chiamato "molecular beam magnetic resonance", quello di Bloch e Purcell, che per questo condivisero il primo Nobel della fisica nel 1952, fu chiamato "nuclear magnetic resonance in the condensed matter".

Come anche ricorda lo stesso Purcell nel suo seminario in occasione dell'assegnazione del Nobel per la fisica, uno

dei contributi maggiori al superamento delle difficoltà tecniche nel realizzare un apparato strumentale efficiente venne da un giovane dottorando olandese, Nicolas Bloembergen [22].



Figura 7: il primo segnale di risonanza magnetica nucleare dei protoni dell'acqua (da ref. 15).

Mentre Purcell e Bloch continuarono negli anni successivi al '45 a sfruttare la tecnica NMR per studiare la composizione chimica e la struttura della materia, Bloembergen si dedicò alla misura dei tempi di rilassamento, i cosiddetti tempi di rilassamento spin-reticolo, T_1 , e spin-spin, T_2 : fu lui il primo a misurarli in modo accurato. A tal proposito, il lavoro pubblicato da Bloembergen nel 1948 rappresenta una pietra miliare dello studio della dinamica dei sistemi molecolari mediante NMR [23].

La risonanza magnetica nucleare cominciava a essere usata sempre più per scopi diversi, comprese molte applicazioni di chimica dei composti solidi e in soluzione. Sono di questi anni le scoperte più importanti: tra il 1949 e il 1950, Knight [24] e, insieme, Proctor e Yu [25], scoprirono lo spostamento del segnale di assorbimento per effetto dell'intorno chimico, il cosiddetto *chemical shift*, o spostamento chimico (*Figura 8*).

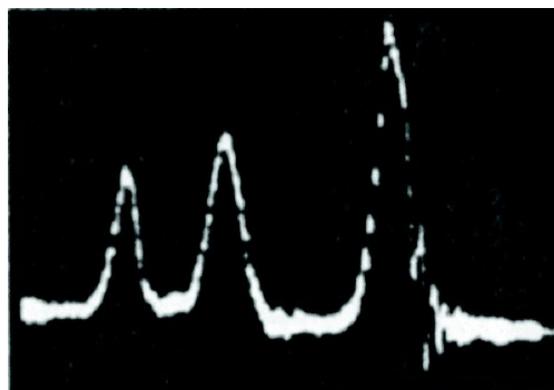


Figura 8: il primo spettro al protone dell'etanolo, con le caratteristiche tre bande per i gruppi OH, CH_2 e CH_3 , da sinistra verso destra.

Questo fenomeno permette di distinguere i nuclei che appartengono a gruppi funzionali diversi, perché a ogni tipo di nucleo corrisponde una diversa frequenza di risonanza, e quindi un diverso segnale nello spettro NMR. Lo provarono nel 1951, Packard e Arnold, della Stanford University, che osservarono per primi l'effetto dello spostamento del segnale del protone del gruppo ossidrilico (OH) nella molecola dell'etanolo, al variare della temperatura. Questa fu una delle prime importanti applicazioni dell'NMR a problematiche inerenti la chimica di base, come è la natura dei legami e delle interazioni molecolari [26], a cui seguirono molti altri lavori basati sull'osservazione di altri nuclei, come il fluoro (^{19}F) e l'azoto (^{14}N).

Nel 1950 fu realizzata la prima sequenza di impulsi di radiofrequenze con lo scopo iniziale di studiare l'effetto degli impulsi sulla forma degli spettri NMR e per misurare i tempi di rilassamento. Il successivo sviluppo delle tecniche impulsate fu possibile grazie ai primi lavori di Hahn [27], che studiò soprattutto l'evoluzione del sistema di spin nucleare negli intervalli di tempo tra un impulso e l'altro, di solito indicati con τ . Hahn realizzò anche gli impulsi di echo di spin, chiamati oggi impulsi di Hahn.

Sempre in questi anni fu scoperto il meccanismo alla base dell'accoppiamento tra gli spin, chiamato *accoppiamento scalare*, o accoppiamento J. Per la precisione, i primi a osservare uno spettro al protone con le caratteristiche righe divise in multipletti per effetto dell'accoppiamento scalare furono ancora Proctor e Yu [28], che però non seppero interpretare correttamente quanto osservato.

Subito dopo, con una serie di lavori sia teorici che sperimentali, Gutowsky, McCall e Slichter contribuirono alla completa comprensione di questo importante fenomeno [29]. La teoria dell'accoppiamento scalare tra gli spin non è affatto semplice, perché chiama in ballo una serie di contributi che coinvolgono l'interazione fra i momenti magnetici dell'elettrone e dei nuclei. Tuttavia, l'effetto dell'accoppiamento scalare sugli spettri è relativamente semplice e rappresenta uno degli strumenti più usati per assegnare i segnali NMR ai diversi siti molecolari.

Il futuro delle tecniche NMR vide un salto di qualità con il lavoro di Albert Overhauser [30], nel 1953. Overhauser ipotizzò come un'alterazione della popolazione degli spin elettronici potesse provocare un grosso cambiamento nella polarizzazione dello spin nucleare [31]. In una celebrazione di questa scoperta, presso l'università di Chicago, fu detto: "*Overhauser proposed ideas of startling originality, so unusual that they initially took portions of the scientific community back, but of such depth and significance that they opened vast new areas of science*". L'effetto Overhauser è infatti molto importante per la determinazione di strutture chimiche complesse: molte tecniche bidimensionali sono basate sul *NOE*, o sul *ROE*, ovvero sull'effetto Overhauser in un sistema di

riferimento statico o rotante.

In termini semplici, Overhauser fu il primo a dimostrare che è possibile incrementare l'intensità dei segnali, ovvero di polarizzare gli spin nucleari, di un fattore 1000 o anche di più. Il modo per ottenere questo effetto prevede di applicare una potenza, nella regione delle microonde, al sistema accoppiato nucleo-elettroni, eccitando in particolare gli elettroni. La risposta del sistema all'alterazione dell'equilibrio comporta un aumento della popolazione degli stati eccitati dei nuclei accoppiati agli elettroni e questo permette anche di ottenere informazioni strutturali del sistema sotto osservazione, come distanze di legame e geometrie di equilibrio.

Nel 1957 due ricercatori, Lauterbur e Holm, registrarono per la prima volta, uno indipendentemente dall'altro, un segnale NMR dell'isotopo del carbonio con massa atomica 13 (^{13}C) [32,33]. Il carbonio più abbondante, il ^{12}C , non è magneticamente attivo, ovvero ha spin I nullo. Al contrario il ^{13}C ha spin $1/2$, come il protone, ma ha lo svantaggio di essere poco abbondante e poco sensibile. Tuttavia, i primi spettri al carbonio 13 aprirono la strada a nuove frontiere della spettroscopia NMR, dal momento che oggi questo è uno dei nuclei più osservati, insieme al protone, per la determinazione della composizione delle molecole organiche.

Di questo stesso anno sono i primi studi NMR applicati ai polimeri di Wilson e Pake [34], e del 1959 il primo libro sulla risonanza magnetica nucleare per chimici, scritto da Pople, Schneider e Bernstein [35].

Una pietra miliare dell'NMR applicato alle sostanze solide è il lavoro di Andrew e Lowe, che in questi stessi anni [36] dimostrarono che in composti in fase solida si potevano semplificare gli spettri, agendo direttamente sulle anisotropie delle interazioni nucleari, come il chemical shift. Andrew e Lowe furono i pionieri della tecnica chiamata *Magic Angle Spinning* (MAS), che comporta la rotazione del campione a un angolo θ , uguale a 54.7° (angolo magico), con il campo magnetico statico dell'NMR. Occorreva prima ridurre il solido a polvere sottile, poi inserire la polvere in un cilindretto, da infilare in un probe modificato per poter ruotare. Oggi, la maggior parte degli studi NMR sui campioni solidi sfrutta la tecnica MAS.

Ma anche altri furono i nomi illustri: lo sviluppo delle tecniche NMR di stato solido ebbe un grosso contributo, da Hartmann e Hahn [37], Pines e Waugh [38], Redfield [39], Slichter [40] e Mansfield [41], con l'introduzione della polarizzazione incrociata (cross-polarization) e di nuove tecniche bidimensionali ad alta risoluzione dedicate ai solidi [42].

In questi anni di grande fermento sia teorico che sperimentale furono commercializzati i primi strumenti NMR. Nel 1961, dopo cinque anni di prove, la *Varian Associates Inc*, grazie al lavoro di Shoolery, mise in commercio il primo prototipo, il Varian A-60, uno spettrometro ad alta risoluzione, con la frequenza di Larmor

per il protone di 60 MHz (vedi *Figura 9*).[43]

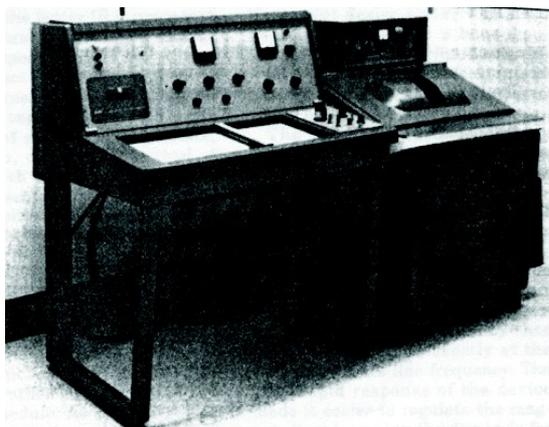


Figura 9: Primo strumento NMR commercializzato nel 1961, era un Varian A-60.

Dalla rivoluzione FT alla struttura delle macromolecole

Uno dei centri più attivi della ricerca di frontiera della risonanza magnetica nucleare fu senza dubbio la California. Negli anni sessanta, presso la stessa *Varian*, un giovane chimico, Robert Ernst, (*Figura 10*) lavorava alacremente per lo sviluppo delle tecniche strumentali di questa spettroscopia. La svolta fu il 1966. Cercando di aumentare la sensibilità della tecnica, Ernst, in collaborazione con Weston Anderson, riuscì ad applicare la tecnica di trasformata di Fourier (FT) all'NMR.

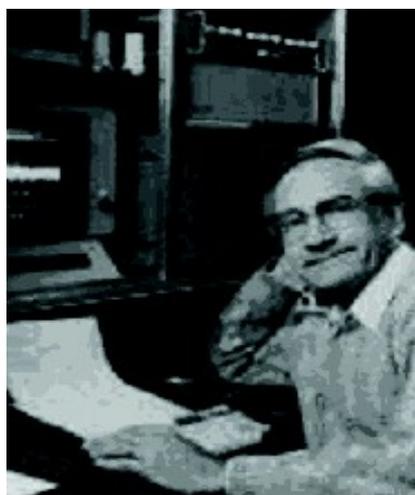


Figura 10: Richard R. Ernst, premio Nobel per la chimica nel 1991.

Fino ad allora, gli strumenti utilizzati da fisici e chimici si basavano sull'irradiazione in onda continua del segnale nella regione delle radiofrequenze. Con la tecnica sviluppata da Ernst, si poteva mandare un impulso con

una opportuna frequenza ω direttamente sul campione, e poi si trasformava il segnale registrato, che era un'intensità di corrente che decadeva nel tempo (FID), nel dominio delle frequenze, con una semplice operazione matematica: la trasformata di Fourier.

Questo velocizzava la registrazione degli spettri a qualche minuto e aumentava di un fattore 100 la sensibilità dell'NMR.[44] In precedenza, con la tecnica sviluppata da Rabi, prima, e da Purcell e Bloch, dopo, ovvero con il cosiddetto "frequency / field-sweep method", una singola scansione poteva durare 10 minuti, e un intero esperimento, che richiedeva di registrare molte volte lo spettro per far emergere il segnale sul rumore, poteva durare anche 10 ore.

Per questa vera e propria rivoluzione introdotta nel campo dell'NMR, che d'ora in poi divenne la *FT NMR*, Ernst ricevette il premio Nobel in chimica nel 1991,[45] ma vale la pena ricordare che prima di riuscire a pubblicare la sua scoperta nel '66, Ernst dovette provare e riprovare molte volte, perché, forse proprio per la portata innovativa del suo lavoro, non erano in molti a comprendere l'importanza e il valore di questo suo contributo.

Dall'introduzione dell'NMR in trasformata di Fourier ci fu un successivo grande sviluppo di tecniche e metodi sempre più semplici da usare per applicazioni chimiche e anche biologiche. Basti pensare alle tecniche bidimensionali (2D NMR) suggerite da Jeener nel 1971,[46] e poi sviluppate con il celebre esperimento di correlazione protone-protone, conosciuto come COSY (*Figura 11*).

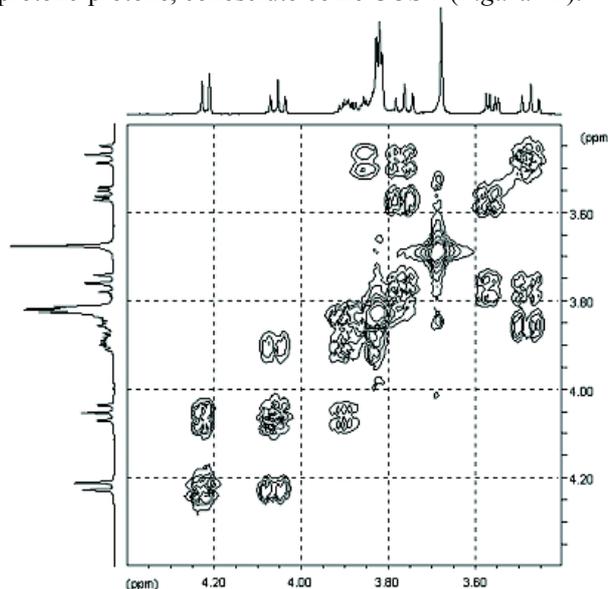


Figura 11: Spettro in due dimensioni del saccarosio, ottenuto con l'esperimento ^1H - ^1H COSY.

Dagli anni settanta in poi, l'NMR è stato applicato a problemi sempre più complessi, tra cui la risoluzione della struttura tridimensionale di macromolecole in soluzione e l'applicazione della risonanza magnetica alla medicina.

Questo aspetto fu sviluppato a partire dagli anni settanta soprattutto da Kurt Wüthrich,[47] che ha lavorato per oltre trenta anni alla determinazione della struttura delle proteine, partendo dai primi metodi che sfruttavano l'effetto NOE fino alle tecniche più sofisticate, bidimensionali, che adattò alla complessità di queste molecole,[48] insieme con Richard Ernst, presso l'ETH di Zurigo. Tra le decine di strutture risolte (*Figura 12*) c'è anche la prima proteina globulare, l'inibitore della proteinasi (BUSI).[49]

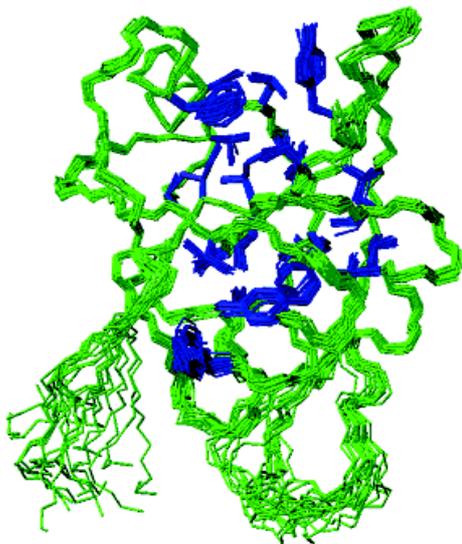


Figura 12: Struttura tridimensionale della proteina TM1290, dell'organismo *Thermotoga maritima*, risolta dal gruppo di Wüthrich (*J. Biomol. NMR* **29**, 403–406 (2004)).

Per questo, e per altri contributi fondamentali alla comprensione del ruolo della struttura nell'attività degli enzimi grazie alla tecnica NMR, Wüthrich ha ricevuto il premio Nobel per la chimica nel 2003.[50] Edwin Becker, spettroscopista e divulgatore, scrive a proposito di questi contributi: “*In structural biology, NMR rivals x-ray crystallography in providing precise three-dimensional structures for proteins and other macromolecules, but NMR goes beyond x-ray crystallography in furnishing information on internal mobility and overall molecular motion in both large and small molecules*”. Oggi i biologi molecolari continuano a usare i raggi X per la determinazione delle strutture cristalline, ma non possono prescindere dalla risonanza magnetica nucleare per conoscere la struttura d'equilibrio delle proteine in soluzione, ovvero in un contesto più simile a quello fisiologico.

Non dobbiamo dimenticare però che il moltiplicarsi di nuove sequenze di impulsi NMR per la registrazione di spettri in due, tre e anche quattro dimensioni, fu il risultato della creatività di numerosi scienziati, ma fu

possibile anche grazie alle nuove tecnologie e ai nuovi materiali. Tra gli eventi che contribuirono allo sviluppo dell'NMR, va ricordata la scoperta dei materiali superconduttori di nuova generazione, che permisero di raggiungere campi magnetici molto intensi (oggi esistono strumenti con campi di 20 Tesla, operanti a 1 GHz di frequenza di Larmor per il protone), e lo sviluppo di computer e sistemi informatici sempre più veloci e dalle prestazioni avanzate.

Accanto all'evoluzione dell'NMR per applicazioni chimiche e biologiche, la risonanza magnetica nucleare ha contribuito negli ultimi decenni anche alla medicina grazie alla tecnica di “*magnetic resonance imaging*”, indicata comunemente in medicina con il termine di tomografia di risonanza magnetica, o brevemente *MRI*.[51] È da notare come la risonanza magnetica per immagini, nata intorno agli anni '70, abbia perso nella sua definizione il termine “nucleare”. Nell'immaginario collettivo infatti la parola nucleare ha un connotato negativo, e per questo fu deciso di toglierla dalla definizione. Di fatto però i principi su cui si basa la tecnica MRI sono gli stessi dell'NMR.

I personaggi che hanno segnato la storia di questo potente strumento sono molti, ma tra questi merita ricordare il contributo di Damadian,[52] Edelstein,[53] Lauterbur,[54] Mansfield[55] e dello stesso Ernst. Tutti lavorarono in modo indipendente allo sviluppo di una nuova tecnologia in grado di ottenere immagini ad alta risoluzione di tessuti e parti del corpo umano, anche se, non senza polemiche, solo Lauterbur e Mansfield hanno ricevuto per questi studi il premio Nobel per la medicina nel 2003. Nel 1971, Raymond Damadian notò per primo che i tempi di rilassamento del protone in tessuti sani sono diversi da quelli dei tessuti malati, aprendo la strada all'utilizzo dell'NMR per la diagnosi dei tumori. Nel 1973 Paul Lauterbur sperimentò la tecnica NMR per l'osservazione di tessuti tumorali in piccole provette, utilizzando per la ricostruzione delle immagini un metodo simile a quello usato nella tomografia computerizzata a raggi X, nota come TAC. Nello stesso anno, Richard Ernst suggerì un procedimento migliore per la codifica della fase e della frequenza dei segnali registrati, applicando la trasformata di Fourier: è questo il metodo di base dell'MRI di oggi. Nel 1977 Damadian fu il primo a fare una MRI sull'intero corpo umano e nello stesso anno Peter Mansfield sviluppò la tecnica di imaging echo-planare (EPI). Un grosso impulso venne anche da Edelstein, che migliorò l'MRI da un punto di vista strumentale e tecnico, permettendo l'acquisizione delle immagini in pochi secondi.

Tra le prime applicazioni mediche dell'MRI ci fu lo studio in tempo reale del ciclo cardiaco:[56] si osservava il flusso sanguigno nel corpo umano senza bisogno di un agente di contrasto, fatto questo abbastanza sorprendente. Un ulteriore sviluppo fu la risonanza magnetica funzionale, o *fMRI*, applicata allo studio del cervello, che oltre a ricostruire immagini tridimensionali (*Figura 13*), permetteva di evidenziare le diverse aree deputate a funzioni cerebrali diverse.



Figura 13: Esempio di immagine del cervello ottenuta mediante risonanza magnetica nucleare (MRI).

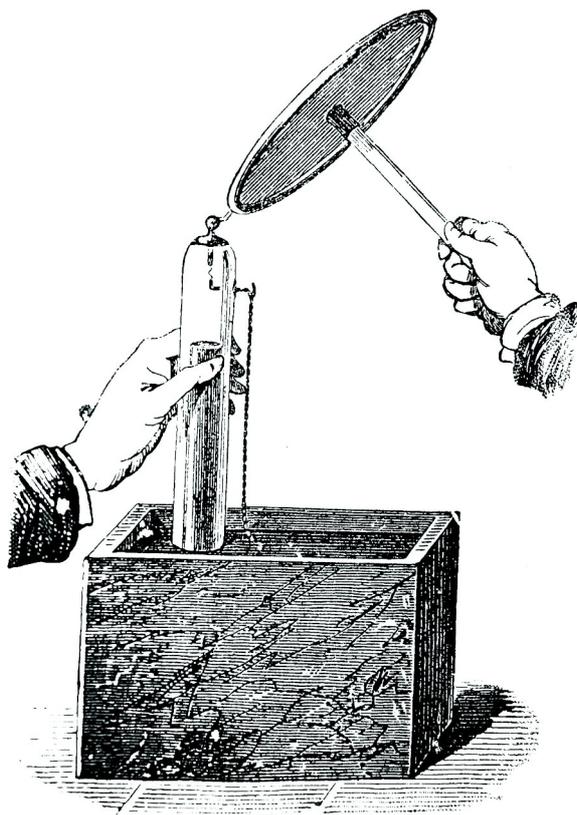
A partire da questa importante applicazione, oggi, con gli oltre 30 mila strumenti MRI sparsi per il mondo, la risonanza magnetica per immagini permette di diagnosticare malattie come la sclerosi, molti tipi di cancro e molte malattie cardiache, oltre a rivelare la rottura dei legamenti e le lesioni ai tessuti molli, non osservabili con le altre tecniche.

Riferimenti Bibliografici

- [1] <http://www.nmr.unsw.edu.au/historyofnmr.htm>
- [2] http://www.ebyte.it/library/refs/Refs_NMR_AboutHistory.html
- [3] P. Lazlo, "On the Self-Image of Chemists, 1950-2000", *Intern. J. Phys. Chem. HYLE* 2006, 12, 99.
- [4] H. Zandvoort, *Models of Scientific Development and the case of NMR*, Groningen, Doctoral dissertation 1985.
- [5] F. A. L. Anet, "A Lapsed Organic Chemist in the Wonderland of NMR", in: D.M. Grant & R.K. Harris (eds.), *Encyclopedia of nuclear magnetic resonance*, Wiley, Chichester, 1996, 1, 187.
- [6] P. Diehl, "NMR at the Physics Department of the University of Basel, Switzerland (1949-96)", in: D. M. Grant & R. K. Harris (eds.), *Encyclopedia of nuclear magnetic resonance*, Wiley, Chichester, 1996.
- [7] M. Born, *My Life: Recollections of a Nobel Laureate*, Scribner, New York 1978, p. 78.
- [8] J. S. Rigden, *Hydrogen: The Essential Element*, Harvard U. Press, Cambridge, Mass, 2002.
- [9] J. Mehra, H. Rechenberg, *The Historical Development of Quantum Theory*, 1, part 2, Springer-Verlag, New York 1982, p. 433.
- [10] <http://plato.stanford.edu/entries/physics-experiment/app5.html>
- [11] B. Friedrich, D. Herschbach, "Stern and Gerlach: How a Bad Cigar Helped Reorient Atomic Physics", *Physics Today*, December 2003, p. 53.
- [12] G. Herzberg, *Spettri atomici e struttura atomica*, Torino 1961, Boringhieri.
- [13] C. J. Gorter, *Paramagnetic relaxation*, Leyden, November 1946.
- [14] C. J. Gorter, *Physica (The Hague)*, 1936, 3, 503.
- [15] C. J. Gorter, L. J. F. Broer, "Negative result of an attempt to observe nuclear magnetic resonance in solids." *Physica (The Hague)* 1942, 9, 591.
- [16] http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1944/rabi-bio.html.
- [17] I. I. Rabi, J. R. Zacharias, S. Millman, P. A. Kusch, *Phys. Rev.*, 1938, 53, 318.
- [18] E. M. Purcell, H. C. Torrey e R. V. Pound, "Resonance absorption by nuclear magnetic moments in a solid", *Phys. Rev.* 1946, 69, 37.
- [19] F. Bloch, "A Quantitative Determination of the Neutron Moment in Absolute Nuclear Magnetons", *Phys. Rev.*, 1940, 57, 111.
- [20] F. Bloch, W. W. Hansen e M. Packard, *Phys. Rev.* 1946, 69, 127.
- [21] http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1952/bloch-lecture.pdf
- [22] E. M. Purcell, N. Bloembergen e R. V. Pound, "Resonance absorption by nuclear magnetic moments in a single crystal of CaF_2 ", *Phys. Rev.* 1946, 70, 988.
- [23] E. M. Purcell, N. Bloembergen e R. V. Pound, "Relaxation effects in nuclear magnetic resonance absorption". *Phys. Rev.* 1948, 73, 679.
- [24] W.P. Knight, "Nuclear Magnetic Resonance Shift in Metals", *Phys.Rev.* 1949, 76, 1259.
- [25] W. G. Proctor e F. C. Yu, *Phys.Rev.* 1950, 77, 717.
- [26] J. T. Arnold e M. E. Packard, *J. Chem. Phys.* 1951, 19, 1608.
- [27] E. L. Hahn, *Phys. Rev.* 1950, 77, 297; E. L. Hahn, *Phys. Rev.* 1950, 80, 580.
- [28] W.G. Proctor, F. C. Yu, "On the Nuclear Magnetic Moments of Several Stable Isotopes", *Phys. Rev.* 1951, 81, 20.
- [29] H. S. Gutowsky, D. W. McCall, C. P. Slichter, "Coupling among Nuclear Magnetic Dipoles in Molecules", *Phys.Rev.* 1951, 84, 589; H. S. Gutowsky, D. W. McCall, C. P. Slichter, *J. Chem. Phys.* 1953, 71, 709.
- [30] http://www.physics.purdue.edu/about_us/history/Albert_W_Overhauser.shtml
- [31] A. W. Overhauser, "Polarization of Nuclei in Metals", *Phys. Rev.* 1953, 92, 411.
- [32] P. C. Lauterbur, "C13 Nuclear Magnetic Resonance Spectra", *J.Chem.Phys.* 1957, 26, 217.
- [33] C. H. Holm, "Observation of Chemical Shielding and Spin Coupling of C13 Nuclei in Various Compounds by NMR", *J.Chem.Phys.* 1957, 26, 707.
- [34] C.W. Wilson e G. E. Pake, "Nuclear Magnetic Relaxation in Polytetrafluoroethylene and Polyethylene", *J.Chem.Phys.* 1957, 27, 115.
- [35] J.A. Pople, W.G. Schneider, H. J. Bernstein, *High-resolution Nuclear Magnetic Resonance*, McGraw-Hill, New York 1959.
- [36] E. R. Andrew, A. Bradbury, e R. G. Eades, *Nature* 1958, 182, 1659; I. J. Lowe, *Physics Rev. Lett.* 1959, 2, 285.
- [37] R. S. Hartmann, E. L. Hahn, *Phys. Rev.* 1962, 128, 2042.
- [38] A. Pines, M. G. Gibby, J. S. Waugh, *J. Chem. Phys.* 1972, 56, 1776.
- [39] A. G. Redfield, *J. Chem. Phys.* 1971, 55, 5405.
- [40] F. M. Lurie, C. P. Slichter, *Phys. Rev.* 1964, 133, A1109.
- [41] P. Mansfield, D. Ware, *Phys. Lett.* 1966, 7, 421.

Risonanza magnetica nucleare

- [42] R. M. Lynden Bell, R. K. Harris, *Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare*. Casa Editrice Ambrosiana - Milano, 1972.
- [43] Varian Associates. "Instruction manual: Model A-60 analytical NMR spectrometer system" (instrument manual). Varian Associates Instrument Division. 1961-1965.
- [44] R. R. Ernst e W. A. Anderson, "Application of Fourier Transform Spectroscopy to Magnetic Resonance" *Review of Scientific Instruments*, 1966, 37.
- [45] http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1991/ernst-lecture.html
- [46] J. Jeneer, Lecture at the Ampere Summer School in Basko Polje, Yugoslavia, September 1971.
- [47] K. Wüthrich, "High resolution proton nuclear magnetic resonance spectroscopy of cytochrome c." *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 1969, 63, 1071.
- [48] K. Wüthrich, G. Wider, G. Wagner, W. Braun, *J. Mol. Biol.* 1982, 155, 311.
- [49] M. P. Williamson, T. F. Havel, K. Wüthrich, *J. Mol. Biol.* 1985, 182, 295.
- [50] http://www.mol.biol.ethz.ch/groups/wuthrich_group/wu_people/wkurt/res_highs
- [51] <http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/>
- [52] <http://web.mit.edu/invent/a-winners/a-damadian.html>
- [53] W. A. Edelstein, *Magn. Reson. Imag.* 1991, 9, 865.
- [54] P.C. Lauterbur, "Image Formation by Induced Local Interactions: Examples Employing Nuclear Magnetic Resonance," *Nature* 1973, 242, 190.
- [55] http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2003/man-sfield-autobio.html
- [56] T. F. Budinger e P.C. Lauterbur, "NMR Technology for Medical Studies," *Science* 1984, 226, 288.



Combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène par l'étincelle électrique.

William Crookes (1832-1919) e il quarto stato della materia

GIAN PIETRO LOLLI

Dipartimento di Filosofia Università di Bologna

Introduzione

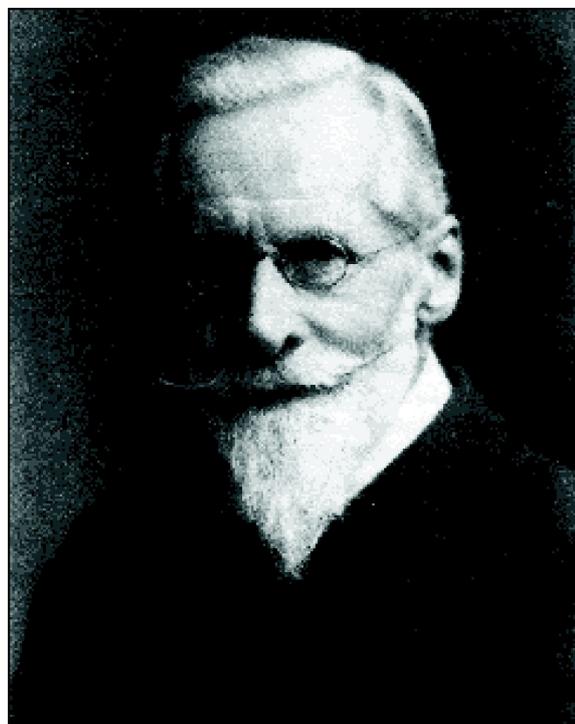
La figura dello scienziato, in genere, viene identificata con un qualcosa di rigido, razionale, rigoroso, e soprattutto vincolato ad un metodo che non ammette deviazioni da quelle che sono le coordinate all'interno delle quali ci si deve muovere per non sconfinare dal 'metodo' stesso, onde evitare di incappare in errori che pregiudichino il risultato delle ricerche. Se si guarda alla scienza con l'occhio dello storico, con una visione cronologicamente ampia, che non tenda ad esulare il risultato di una ricerca dal contesto e dal modo in cui è stato ottenuto, ci si accorgerà che la suddetta caratterizzazione dello scienziato è quantomeno inesatta. Purtroppo la storia della scienza non è, se non in maniera irrisoria, oggetto di studio nelle scuole superiori, e, nei pochi casi in cui viene trattata, essa è presentata con un taglio unilaterale, che non rende giustizia a quella che è la figura dello scienziato a tutto tondo.

Per giustificare meglio questo discorso introduttivo mi sembra utile ed opportuno ricorrere ad un esempio storico, che si basi su concrete documentazioni.

William Crookes visse in Inghilterra a cavallo tra il XIX e XX secolo; fu quindi protagonista di quella celeberrima epoca della storia britannica contraddistinta dal regno della regina Vittoria, caratterizzata da un notevole progresso in ambito tecnico, e dalla sua conseguente esaltazione, ma anche dal rifugiarsi in una dimensione inesplorata -e forse per alcuni inesplorabile -dalla scienza comunemente intesa. Fu infatti un'eminente figura nell'ambito della fisica e della chimica, ma si impegnò anche nelle indagini riguardanti lo spiritismo che si andava diffondendo largamente nell'Inghilterra del suo tempo. Per questo motivo può essere considerato un emblema della apparente dicotomia alla quale ci siamo riferiti inizialmente.

La prima fase (1850- 1871)

Crookes nacque a Londra nel 1832 in una famiglia numerosa appartenente alla *upper middle class* inglese. All'età di 16 anni iniziò a frequentare il Royal College of Chemistry di Londra; fu assistente personale di Hoffmann dal 1850 al 1854, poi venne notato da Faraday grazie al quale conobbe Wheatstone e Stokes, quest'ultimo celebre per aver in più casi colmato le sue lacune in matematica, prassi non del tutto rara nella storia della scienza, tra fisici e matematici. Durante gli anni del Royal College, Crookes si mise in evidenza per studi a livello spettroscopico e nel campo dell'ottica direttamente collegata alla fotografia. Subito dopo la fine dell'assistentato divenne sovrintendente del dipartimento meteorologico di Oxford, l'anno dopo insegnante al collegio di Chester.



William Crookes

Nel 1856, grazie ad una cospicua eredità, si rese del tutto indipendente e si trasferì definitivamente a Londra, dove collaborò a diverse riviste fisiche e chimiche, fra cui le celebri *Chemical News*.

La prima grande scoperta di Crookes avvenne dopo la sua decisione di dedicarsi alla spettroscopia. Il motore di questa scelta tematica fu l'annuncio della scoperta di due nuovi elementi (Cesio e Rubidio) da parte di Bunsen e Kirchoff; una notizia del genere aveva comprensibilmente notevoli ripercussioni stimolanti per uno studioso come Crookes. E infatti, una volta cimentatosi in questa disciplina, poté avere la soddisfazione di annunciare la scoperta di un nuovo elemento: la riga verde anomala notata nello studio dello spettro dell' NaCl , corrispondeva ad un elemento fino ad allora sconosciuto, che Crookes definì tallio, dal greco *thallos*, che significa 'germoglio verde'. Nel 1862 Crookes presentò il tallio all'International Exhibition di Londra sotto forma di polvere nera, in contemporanea con il francese Lamy, che strappò a Crookes la medaglia di riconoscimento, in quanto era riuscito a mostrare l'elemento in forma metallica, quindi maggiormente fruibile. Ciò non impedì però a Crookes di ricevere adeguati riconoscimenti in patria, che culminarono

no nella sua nomina a presidente della Royal Society nel 1863.

In questo primo periodo, Crookes si dedicò inoltre anche al campo veterinario. Negli anni Sessanta dell'Ottocento, infatti, l'Inghilterra fu colta da un'epidemia di peste da bestiame che decimò il numero dei capi della nazione, e Crookes fu uno dei diversi scienziati che tentarono di trovare un rimedio per arginare tale problema. Egli sperimentò un nuovo tipo di disinfettante a base di fenolo, ritenendo che fosse in grado di uccidere il batterio della peste. In parte l'intuizione crookesiana fu esatta, ma l'esperimento da lui effettuato per stabilire l'efficacia del disinfettante, non fu ritenuto cruciale. Crookes prese due vitelli sani, praticò loro due tagli nel dorso, e vi inserì due batuffoli precedentemente esposti all'aria di una stalla le cui bestie erano affette da peste, uno intonso e l'altro imbevuto di fenolo. Effettivamente il vitello nel quale era stato messo il batuffolo imbevuto di fenolo non si ammalò, mentre l'altro contrasse il morbo.

L'attività scientifica dopo il 1871

Le ricerche fondamentali di Crookes

Se il periodo che dura fino al 1871 si contraddistingue per un'iniziale ricerca orientata nell'ambito chimico e veterinario, quello successivo, fino alla fine degli anni Ottanta dell'800, vede il predominio della fisica nell'attività scientifica di Crookes. E' il momento centrale della sua attività.

I principali esperimenti in ambito fisico vennero condotti studiando le proprietà dei gas rarefatti, introdotti all'interno di alcuni tubi (detti in seguito tubi di Crookes), dentro i quali era stato creato un vuoto di millesimi di atmosfere. Crookes fu aiutato da un abilissimo soffiatore di vetro di nome Gimmingham, grazie al quale vennero costruiti tubi notevolmente più raffinati rispetto a quelli utilizzati in precedenza dal tedesco Heinrich Geissler per esperimenti nel medesimo campo, tubi che potevano raggiungere un vuoto dell'ordine di un'atmosfera.

Attraverso questi tubi Crookes condusse diversi esperimenti che rientrano a far parte di quell'insieme di ricerche che sarebbero culminate poi, nella scoperta dell'elettrone effettuata da Thomson. Citerei alcuni degli esperimenti più significativi. In uno dei primi, fece introdurre il gas all'interno del tubo nel quale era stata creata l'assenza di pressione di cui si parlava prima, poi inserì una lamina metallica sagomata, che riproduceva le fattezze di una croce di Malta. Inserì inoltre un polo positivo e uno negativo rispettivamente a sinistra e a destra del tubo (catodo e anodo), poi collegò il tutto ad un generatore di corrente. Una volta chiuso l'interruttore si osservava un flusso di corrente da destra a sinistra (da polo negativo a polo positivo), in quanto la croce di Malta proiettava un'ombra sull'estremità sinistra del tubo (fig.1). Il flusso delle particelle del gas era così rettilineo da anodo a catodo.

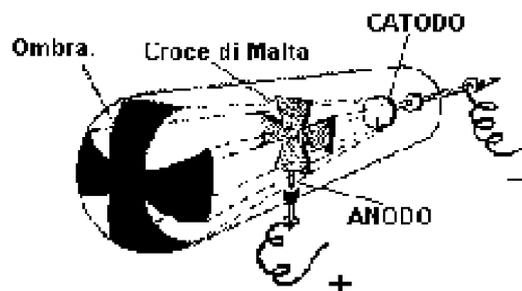


Figura 1

Un altro celebre esperimento crookesiano condotto all'interno dei suddetti tubi, venne fatto ponendo una sorta di mulinello all'interno del tubo stesso. Una volta chiuso l'interruttore si osservava che le pale giravano nel verso del flusso del gas (anodo-catodo) (fig.2).



Figura 2

Infine il terzo esperimento fondamentale consistette nel praticare un minuscolo foro all'interno del tubo, in modo tale da poter avvicinare al gas rarefatto un grosso magnete tentando di deviarne il flusso. Si osservò che effettivamente il gas veniva attratto quando il magnete utilizzato era di carica positiva, mentre veniva respinto quando se ne utilizzava uno di carica negativa.

Da questi esperimenti Crookes evinse alcune importanti proprietà dei gas rarefatti. Grazie al primo dei tre esperimenti descritti si poté inferire che il gas, una volta sottoposto a corrente, seguiva il verso anodo - catodo; dal secondo che le particelle del gas erano dotate di una certa massa, in quanto riuscivano a muovere il mulinello; mentre dal terzo che le particelle costituenti il gas erano di carica negativa. Crookes, però, andò oltre queste giuste osservazioni, arrivando a formulare forse la sua più singolare ipotesi in ambito scientifico, tanto affascinante quanto erronea.

Egli concluse che i gas rarefatti, assumendo le caratteristiche elencate in precedenza, si trovavano in un differente stato della materia rispetto a quello gassoso, che egli definì “quarto stato della materia” o “materia radiante”. Alla luce delle successive scoperte in ambito scientifico, l’ipotesi crookesiana si rivelò poi errata, poiché egli aveva fornito un’analisi del fenomeno di tipo qualitativo, in luogo di una di carattere quantitativo. La materia non variava di stato, ma semplicemente, una volta sottoposto il gas alla corrente, una certa quantità di particelle (che poi si capì essere gli elettroni) si staccava seguendo il moto descritto in precedenza.

L’altra fantasiosa quanto fallace ipotesi crookesiana riguardava una postulata analogia tra la forza che muoveva le pale del mulinello descritto nel secondo esperimento, e quella che causava la forza di gravità. Crookes infatti, aderiva alla visione newtoniana della gravità, ma, come Newton stesso d’altronde, riteneva ancora ignota la causa di essa, che vide appunto in questa ancora misteriosa forza secondo lui presente sia nel piccolo, come in scala planetaria.

Queste apparentemente strane ed erronee ipotesi, non tolgono nulla però all’importante contributo di Crookes nella storia della scienza, come testimoniano i manuali e le enciclopedie scientifiche che citano la sua opera. Infatti i tubi di Crookes furono uno dei primi contributi alla scoperta dell’elettrone, oltre che ad essere i primi tubi per la produzione di raggi x. Quando la corrente passava attraverso il tubo a bassa pressione infatti, gli elettroni bombardavano le pareti di quest’ultimo, producendo raggi x a bassa energia. Nonostante la sua inconsapevolezza Crookes aveva contribuito a quella che sarebbe stata poi la scoperta dei raggi x da parte di Röntgen nel 1895.

La trattazione di questa fase della ricerca crookesiana dà spazio all’insorgere di uno dei classici problemi della storia della scienza, il giungere a risultati giusti, partendo da ipotesi sbagliate. Gli esperimenti basati su supposizioni erronee e a volte scaturiti da esse, avrebbero poi condotto a scoperte epocali nell’ambito della fisica, che hanno innegabilmente segnato la fine del XIX secolo.

Crookes spostò la propria attenzione verso il problema della radioattività, e la sua tenacia ed inventiva lo portarono ad ideare nel 1903 un particolare microscopio atto ad individuare le particelle α , emesse dai materiali radioattivi, detto *spintarioscopio*. Tale strumento venne utilizzato in seguito anche negli studi di Rutherford.

Solo alla fine del primo decennio del XX secolo cominciò la parabola discendente della figura di Crookes, con una serie di articoli e di prese di posizione, la cui palese insostenibilità evidenziò la ormai inevitabile obsolescenza dello scienziato britannico, che nel 1915, quattro anni prima della sua morte, lasciò la carica di presidente della Royal Society, della quale era stato insignito in seguito alle sue ricerche nell’ambito della chimica.

Le ricerche crookesiane nell’ambito dello spiritismo

Dal 1871 le ricerche crookesiane assunsero una duplice diramazione, solo apparentemente interpretabile come netta dicotomia. Crookes cominciò ad interessarsi, come accennato nell’introduzione, di un argomento notevolmente in auge nell’Inghilterra del suo tempo: si trattava dello spiritismo. L’Inghilterra vittoriana vide un proliferare di medium ed un’attenzione a questi fenomeni che interessò differenti classi sociali e figure appartenenti a diversi ambiti culturali. Crookes non fu l’unico scienziato a non essere immune dal fascino dello spiritismo.

Le sue indagini sulla materia cominciarono nel 1871, quando iniziò a frequentare le sedute di Daniel Dunglas Home, uno dei più celebri medium della Gran Bretagna. Quest’ultimo, infatti, di origine scozzese, era stato ospitato per le sue facoltà medianiche presso vari corti europee e non, tra cui ricordiamo quella di Napoleone III in Francia e la corte dello Zar di Russia.

Gli esperimenti con Home furono di differenti tipi: i fenomeni osservati andavano dall’alterazione del peso di oggetti al movimento di essi, a suoni e colpi uditi senza che alcuno movesse nulla. Per motivi di spazio citerò gli episodi a mio avviso più emblematici.

Il primo esperimento effettuato da Crookes con Daniel Dunglas Home riguardava l’alterazione del peso di oggetti, si svolse durante il 1871, a casa di Home.

L’apparato sperimentale (figure 3–4) consisteva di un’assicella di mogano posta su un treppiedi di legno, all’estremità della quale era stato collocato un oggetto metallico, il cui peso veniva opportunamente misurato da un dinamometro collegato all’assicella, ovviamente tramite l’estremità opposta rispetto a quella dell’oggetto metallico.

L’esperimento consisteva nel misurare precedentemente la forza esercitata dal corpo metallico sul dinamometro e poi in seguito nel rimisurarla con l’alterazione di peso operata dal medium. Home appoggiò così la mano sul corpo metallico, facendo diminuire la forza esercitata dall’oggetto sull’assicella, stando ovviamente alle testimonianze di Crookes. In seguito poi l’esperimento fu ripetuto senza che Home mettesse la propria mano a contatto con il corpo metallico, e la forza subiva ugualmente una diminuzione.

Una volta divulgata la notizia dell’esperimento da Crookes, l’episodio suscitò ovviamente un grosso numero di polemiche all’interno della comunità scientifica britannica; non mancarono però neppure i sostenitori dell’autorevolezza dell’esperimento.

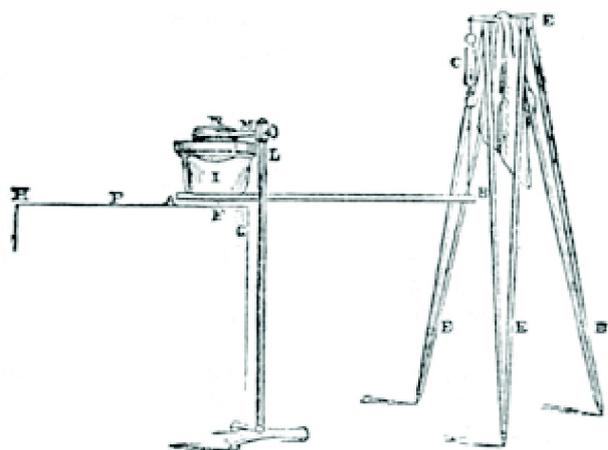


Figura 3 – Apparecchiatura per misurare l'alterazione del peso degli oggetti

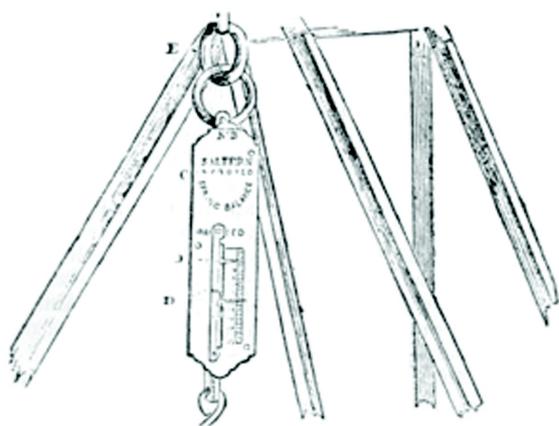


Figura 4 – Particolare dell'apparato

Tra i primi ricordiamo Stokes, un illustre fisico, mentre tra i secondi Challis dell'università di Cambridge. Al di là della veridicità o meno dell'esperimento, la cui verifica richiederebbe un'esamina dettagliata dello svolgimento di esso, notevolmente prolissa (e, senza peraltro la presenza di prove cruciali), mi sembra interessante sottolineare l'ottica con la quale Crookes tentò di indagare tali fenomeni, prendendo in considerazione alcune sue affermazioni di stampo metodologico.

Già prima degli esperimenti sopra descritti ci fu l'intenzione manifestata in un articolo apparso sul *Quarterly Journal of Science*, di indagare tali fenomeni con metodo scientifico. Nell'articolo, Crookes non dava credito alla veridicità dei fenomeni spiritistici, a prescindere dalla loro verifica sperimentale, ma sosteneva che dovevano essere indagati, e che l'esistenza di tali

pratiche non poteva essere snobbata dalla scienza istituzionale a prescindere dalla loro veridicità. Affermava inoltre che gli strumenti di indagine dovevano essere i medesimi utilizzati nella sperimentazione scientifica, partendo con un atteggiamento decisamente scettico nei confronti della medianità.

Sosteneva infatti che solo quando le capacità di un medium avrebbero fatto sì che uno degli strumenti di misurazione adottati dagli scienziati, rilevasse un cambiamento dovuto ad una forza ancora sconosciuta, allora si sarebbe potuto cominciare a prendere in considerazione la forza del medium, come forza reale e non causata da semplici suggestioni.

Ritengo importante inoltre, soffermarmi sulle considerazioni riguardanti il concetto di *forza psichica*, introdotto da Crookes in seguito agli esperimenti compiuti in presenza di Home. Con forza psichica Crookes intende quel tipo di forza riscontrata in presenza del medium, che non rientra tra le forze conosciute dalla fisica tradizionale. Egli sostiene che la denominazione di *forza psichica* non sia vincolante e imprescindibile, Crookes sceglie di qualificarla come psichica per semplice convenzione, in quanto non classificabile come una delle forze già conosciute in ambito fisico. Per Crookes non importa definirla forza psichica o forza x, è in ogni caso a suo parere una nuova forza sulla quale occorre indagare.

Crookes opta per un atteggiamento teoreticamente prudente nei confronti della suddetta forza, non mostra di aderire ad uno spiritismo inteso come convinzione della possibilità di una comunicazione tra le anime dei defunti ed il mondo dei vivi, ma crede nell'esistenza di una branca del sapere umano non ancora indagata.

Rimane del medesimo parere anche dopo le ricerche psichiche condotte con la medium Florence Cook, che secondo il suo punto di vista, era in grado di materializzare lo spettro di una ragazza, di nome Katie King, e di interagire con essa assieme ai presenti alla seduta. Crookes sostenne di aver veduto più volte la figura materializzatasi grazie alla medium, di aver conversato con lei, e di aver addirittura tagliato una ciocca dei suoi capelli.

Ovviamente già all'epoca vi furono diversi detrattori della medianità della Cook, i quali sostenevano che la medium e Katie King fossero la medesima persona.

Una delle critiche principali mossa a Crookes si basa su una presunta relazione tra lo scienziato inglese e la medium, testimoniata dalla medium stessa a due suoi successivi amanti. Il primo autore contemporaneo che ha riportato a galla questa aspra critica è stato Trevor Hall in un saggio degli anni 60, poi successivamente ripresa.

Conclusioni

Tirando le somme di questo breve excursus storico di una figura "apparentemente dicotomica", credo si possa sostenere che la figura di uno scienziato come Crookes non possa essere realmente compresa se si tende ad analizzarla seguendo una linea di analisi monodirezionale.



Figura 5 - Florence Cook con il fantasma di Katie King

Conclusioni

Tirando le somme di questo breve excursus storico di una figura “apparentemente dicotomica”, credo si possa sostenere che la figura di uno scienziato come Crookes non possa essere realmente compresa se si tende ad analizzarla seguendo una linea di analisi monodirezionale. In parole povere, una personalità non si comprende appieno, analizzando le sue scoperte nel mero ambito che l’ha resa celebre, ma partendo dal contesto nel quale sono avvenute tali scoperte, ripercorrendone l’iter, e tentando di esaminare le altre attività che si sono intrecciate a queste, anche se apparentemente in contrasto. In questo modo la storia della scienza assume una prospettiva più “archeologica”, che la rende maggiormente completa, pur avendo la consapevolezza che non va perso di vista quello che secondo gli scienziati è il “filo rosso” del progresso tecnico-scientifico rispetto ai suoi elementi esterni. Solo in questo modo sarà più comprensibile come mai, spesso, presupposti sbagliati possano condurre a delle verità

scientifiche, contravvenendo a qualsiasi logica della scoperta scientifica.

Crookes era sostanzialmente convinto della veridicità dei fenomeni spiritici, che ben si prestavano ad essere spiegati, sotto il profilo teorico, sulla base dei più recenti sviluppi nell’ambito degli studi relativi all’interazione fra elettricità e materia, in particolare quelli legati all’osservazione del comportamento dei gas rarefatti in presenza di scariche elettriche, scariche che producevano radiazioni luminescenti (di colore blu scuro) intorno al catodo. Allo studio dei raggi catodici, Crookes diede un contributo assai rilevante e le sue ricerche aprirono la strada alla scoperta dell’elettrone, nel 1897, da parte di Joseph John Thomson. Crookes, tuttavia era convinto che la radiazione catodica rivelasse la presenza in natura di un “quarto stato della materia” (uno stato ultragassoso, dove le collisioni molecolari risultavano eventi così rari da poter essere trascurati), che era in grado di spiegare anche l’esistenza delle forze psichiche e medianiche. Con le sue ricerche, infatti, Crookes pensava aver toccato, come avrebbe scritto nel 1879, “il confine dove la materia e la forza appaiono fondersi l’una nell’altra, l’evanescente reame tra il noto e l’ignoto, che mi ha sempre tentato in modo particolare”.

Bibliografia

- BAIMA BOLLONE P. (1994), *La scienza nel mondo degli spiriti*, Società editrice internazionale, Torino.
- BIONDI M. (2002), *A proposito di “lo scienziato, la medium e... Gli amanti*, in “Luce e Ombra”, n. 2, pp. 129-134.
- CROOKES W. (1923), *Ricerche sui fenomeni dello spiritualismo e altri scritti*, Libreria Lombarda, Milano.
- DIZIONARIO DEGLI SCIENZIATI E DEI TECNOLOGI (1980), *William Crookes*, Mondadori, Milano (Voce di E. Bellone).
- FUSO S. (2002), *Lo scienziato, la medium e... gli amanti*, in “Le Scienze”, n. 4, p. 87.
- HALL T. H. (1963), “*The spiritualist” in retrospect*, in “Tomorrow”, n.1, pp. 54-56.
- PARETI G. (1990), *La tentazione dell’occulto*, Bollati Boringhieri, Torino.
- POLIDORO M. (1995), *Viaggio tra gli spiriti: indagine sui fenomeni dello spiritismo*, Sugarco, Carnago.
- PROVENZAL G. (1932), *Sir William Crookes 1832-1919*, in “La ricerca psichica” (Luce e Ombra), n. 4, pp. 145-152.

Un'esperienza sull'incremento delle competenze metacognitive in relazione alla configurazione elettronica dei metalli di transizione mediante il modello atomico a gusci

ROBERTO SOLDA'

roberto.solda@libero.it

Riassunto

In questo articolo viene presentata un'esperienza di didattica reale vissuta in una classe seconda IPSIA in cui i ragazzi, attraverso un ragionamento induttivo a partire dalle energie di ionizzazione, hanno ricavato la struttura elettronica dei metalli di transizione da $Z=21$ a $Z=30$ e quindi il relativo andamento della carica nucleare schermata in funzione di Z .

Infine, considerando la relazione fra l'energia di prima ionizzazione e la carica nucleare schermata, hanno dedotto la ragione per cui l'energia di prima ionizzazione, da $Z=21$ a $Z=30$, varia in modo quasi irrilevante nonostante l'aumento della carica nucleare.

A tale scopo si sono sfruttate soltanto le informazioni pregresse relative al modello atomico a gusci e quelle deducibili dal diagramma $E_i^{1/2}$ in funzione di Z relativo a tutte le energie di ionizzazione successive, ricavate dai relativi potenziali di ionizzazione per urto elettronico, disponibili nella letteratura.

1. Introduzione

I metalli di transizione rivestono una notevole importanza pratica e biologica e non mancano certo spunti interessanti per stimolare discussioni e riflessioni nei ragazzi.

Per esempio l'avvio a questa esperienza è nato dalla necessità di introdurre i complessi nel corso di chimica analitica e strumentale in una classe seconda Operatori Chimico- Biologici dell'IPSIA " G.Ceconi" di Udine.

In ogni caso la trattazione degli elementi di transizione non può prescindere dalla loro configurazione elettronica che ne determina le proprietà peculiari.

A livello di scuola secondaria di secondo grado, pur considerando soltanto la prima serie dei metalli di transizione, si ritiene generalmente che la struttura elettronica dei metalli di transizione possa essere affrontata solo partendo dal modello atomico orbitalico.

Nei libri di testo, in cui viene proposto il modello atomico a gusci, si limita il discorso ai primi 20 elementi, in quanto ciò non pregiudica la comprensione della struttura atomica a gusci e si evita così la complicazione della struttura elettronica dei metalli di transizione.

Inoltre, nella maggioranza dei libri di testo, la struttura elettronica dei metalli di transizione viene affrontata mediante il modello atomico orbitalico con l'ipotesi di partenza che il livello $4s$ sia più basso del $3d$ e con il "misterioso" scavalco del $3d$ da parte del $4s$.

È possibile tuttavia proporre a livello elementare la struttura elettronica, almeno della prima serie dei metalli di transizione, anche con il modello atomico a gusci e senza particolari complicazioni.

Come è stato evidenziato parecchi anni fa nella rivista "La Chimica nella Scuola" [1], il metodo induttivo a partire dall'analisi del diagramma $E_i^{1/2}$ in funzione di Z relativo a tutte le energie di progressiva ionizzazione per urto elettronico, disponibili per i primi 42 elementi, fornisce anzitutto una prova diretta della struttura a gusci dell'atomo e del fatto che il terzo guscio consiste di tre sottogusci ($3s$, $3p$ e $3d$) ed ha una capienza massima di diciotto elettroni.

Inoltre permette di ricavare utili informazioni sulla configurazione elettronica dei metalli di transizione della prima serie.

D'altra parte in un noto libro di testo [2], si sottolinea che, anche basandosi solo sull'andamento dell'energia di prima ionizzazione (per urto elettronico) in funzione di Z , si possono trarre delle informazioni molto interessanti circa la struttura elettronica dei metalli di transizione della prima serie.

2. Problema dell'interruzione dell'aumento dell'energia di prima ionizzazione dei metalli di transizione nel quarto periodo.

Poiché nell'anno precedente i miei allievi avevano appreso la struttura atomica dei primi 20 elementi, usando soprattutto il grafico $E_i^{1/2}$ in funzione Z , ho ritenuto proficuo, dal punto di vista didattico, affrontare la struttura elettronica dei metalli della prima serie di transizione con il proseguimento dell'esame del grafico suddetto per gli altri 22 elementi non considerati precedentemente.

La domanda più interessante posta dai ragazzi è stata la seguente: in generale, nel primo, secondo e terzo periodo, E_i aumenta in modo rilevante all'aumentare di Z . Allora perché, nel quarto periodo, in particolare nel tratto da $Z=21$ a $Z=29$, E_i varia in maniera quasi trascurabile, pur continuando ad aumentare la carica nucleare?

Tenendo presente l'antica massima: "Quod gratis adfirmatur, gratis negatur", ho rinunciato a qualsiasi affermazione dogmatica e, per stimolare gli allievi a collegare le conoscenze pregresse con le nuove osservazioni prodotte dai dati sperimentali, ho ritenuto opportuno che i ragazzi stessi cercassero di dare una spiegazione a tale problema attivando una strategia già sperimentata altre volte.

A tale scopo ho assegnato il seguente compito:

Utilizzando il grafico $E_i^{1/2}$ in funzione di Z relativo ai primi 42 elementi [3], riportato in Figura 1, scrivere le configurazioni elettroniche degli elementi da $Z=21$ a $Z=30$, quindi rappresentare graficamente la carica nucleare schermata in funzione di Z dei primi 36 elementi.

Infine, avvalendosi delle conoscenze sulla struttura atomica a gusci e delle nuove osservazioni, cercare di spiegare l'andamento di E_i in funzione di Z di tutto il quarto periodo ed in particolare esporre sinteticamente il motivo per cui E_i rimane all'incirca costante nel tratto da $Z=21$ a $Z=29$, nonostante l'aumento di Z .

A questo punto, tenendo presente che i concetti appresi dagli allievi hanno un "periodo di semivita" breve, ho verificato preliminarmente l'acquisizione dei concetti fondamentali oltre a quello di carica nucleare schermata¹ quindi, durante l'attività, ho lasciato intenzionalmente libero campo al pensiero creativo dei ragazzi.

Il mio intervento è avvenuto soprattutto alla fine dell'attività nella fase della discussione e del commento delle relazioni di gruppo.

In sintesi l'itinerario didattico seguito è stato il seguente:

➤ analisi del grafico $E_i^{1/2}$ in funzione di Z [3] con rilevamento del riempimento progressivo del sottoguscio $3d$ e della configurazione elettronica dei metalli di transizione da $Z=21$ a $Z=30$;

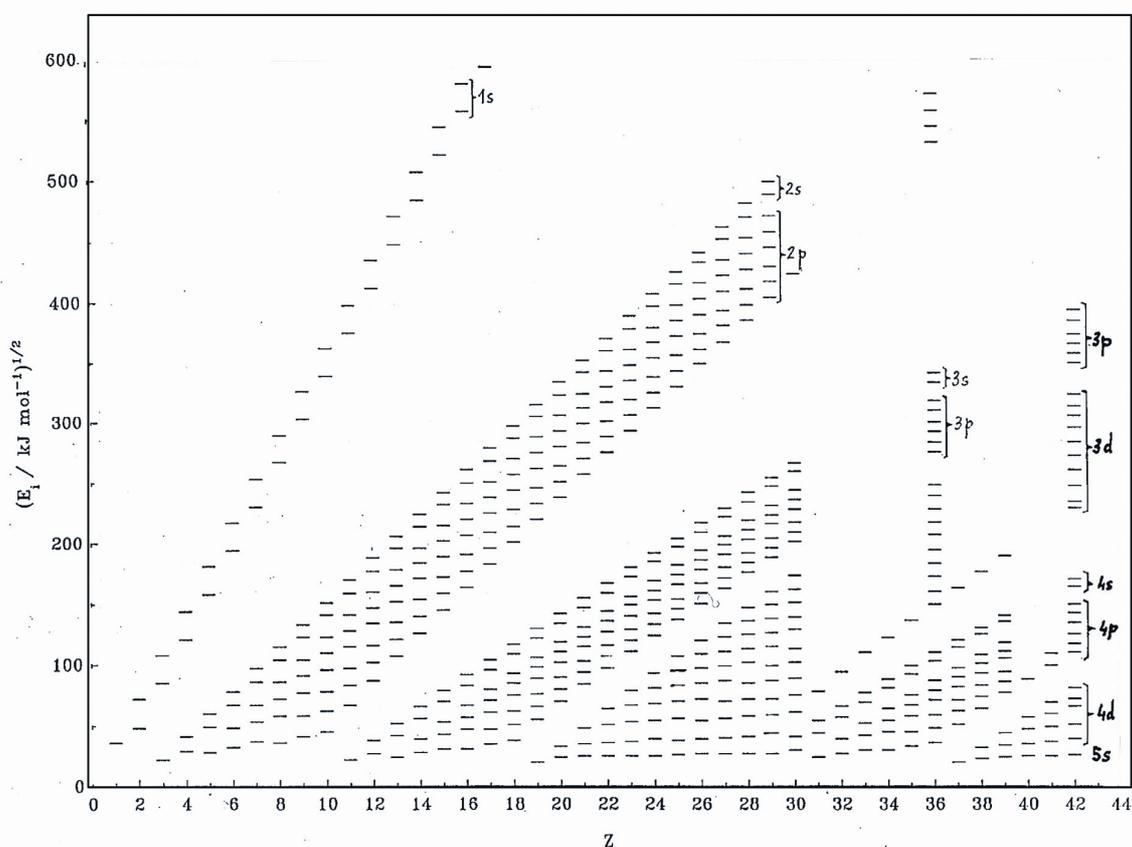


Figura 1

¹ Come è noto, a causa della sovrapposizione dei gusci, nella prima ionizzazione di un atomo, l'elettrone uscente dall'atomo è soggetto alla forza di attrazione del nucleo ed a quella di repulsione di *tutti* gli altri elettroni, per cui la carica nucleare effettiva agente su un elettrone di valenza è data da: $Z_{\text{eff}} = Z - S$, ove Z è il numero atomico (in unità e) e S è la sommatoria delle costanti di schermo relative a *tutti* gli altri elettroni.

Quindi è evidente che il concetto di carica nucleare schermata, intesa come carica nucleare diminuita del numero degli elettroni dei gusci interni, è solo un'approssimazione e differisce da quello di carica nucleare effettiva.

Tuttavia, poiché non c'è un modo semplice per ottenere i valori della carica nucleare effettiva, tale concetto può servire per dare una spiegazione qualitativa delle proprietà degli atomi.

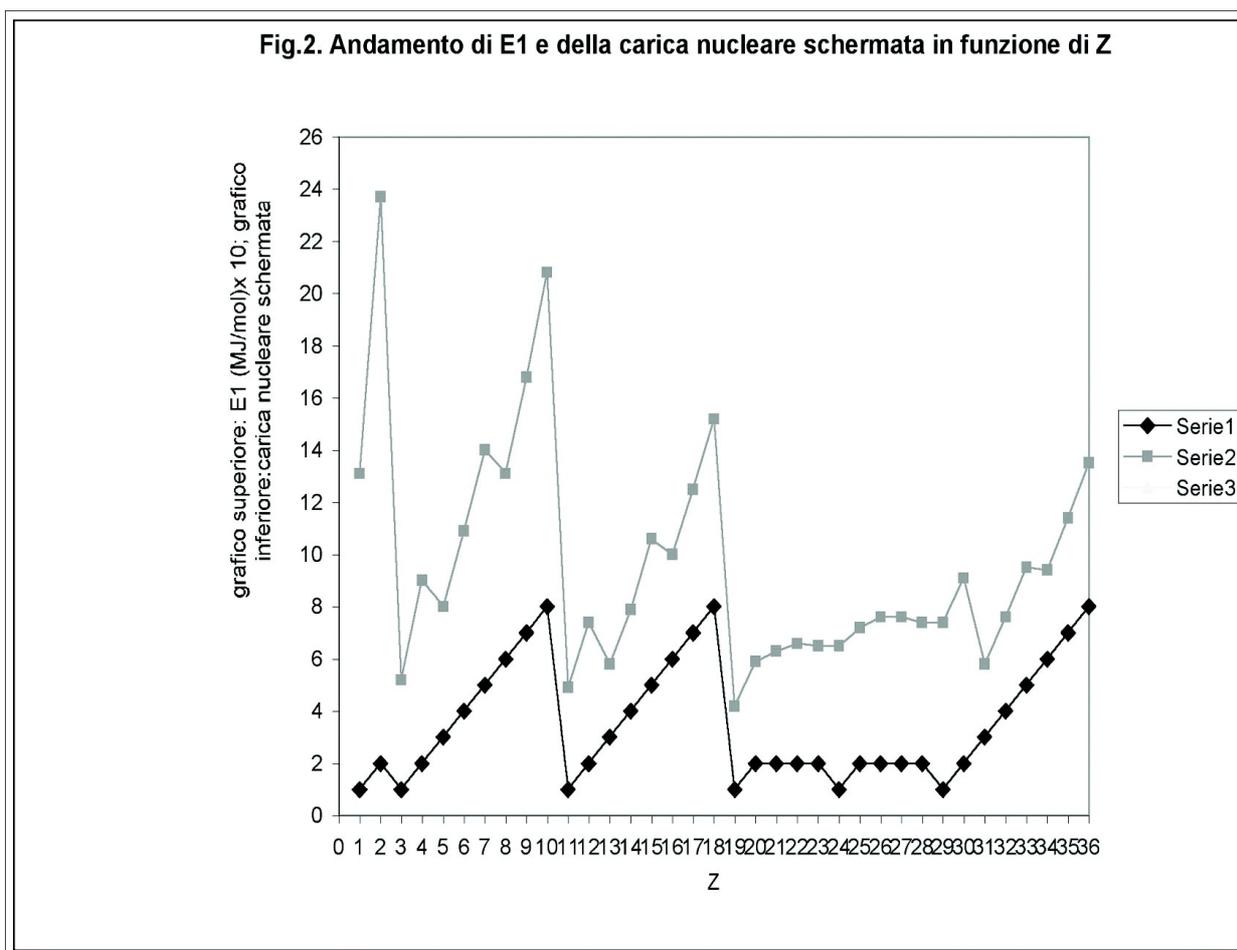
Il modello atomico a gusci

- elaborazione della Tabella n.1 e del grafico della carica nucleare schermata in funzione di Z;
- confronto fra i grafici: carica nucleare schermata / Z e E_i / Z , riportati entrambi in Fig.2; breve relazione finale con spiegazione della "soluzione" del problema.

E in generale, seguendo tale percorso, gli allievi non hanno trovato particolari difficoltà a riconoscere che l'interruzione dell'aumento di E_i , nell'ambito del quarto periodo, si debba attribuire all'interruzione dell'aumento della carica nucleare schermata da $Z=21$ a $Z=30$.

Tabella n. 1 - Z, struttura elettronica e carica nucleare schermata degli elementi fino a $Z=36$. Si nota chiaramente che per gli elementi di transizione, da $Z=21$ a $Z=30$, la carica nucleare schermata rimane costante (tranne per Cr e Cu).

Z	Elemento	Elettroni 1° guscio	Elettroni 2° guscio	Elettroni 3° guscio	Elettroni 4° guscio	N° di elettroni dei gusci interni = G	Carica nucleare schermata = $Z - G$
1	H	1				0	1
2	He	2				0	2
3	Li	2	1			2	1
4	Be	2	2			2	2
5	B	2	3			2	3
6	C	2	4			2	4
7	N	2	5			2	5
8	O	2	6			2	6
9	F	2	7			2	7
10	Ne	2	8			2	8
11	Na	2	8	1		10	1
12	Mg	2	8	2		10	2
13	Al	2	8	3		10	3
14	Si	2	8	4		10	4
15	P	2	8	5		10	5
16	S	2	8	6		10	6
17	Cl	2	8	7		10	7
18	Ar	2	8	8		10	8
19	K	2	8	8	1	18	1
20	Ca	2	8	8	2	18	2
21	Sc	2	8	9	2	19	2
22	Ti	2	8	10	2	20	2
23	V	2	8	11	2	21	2
24	Cr	2	8	13	1	21	1
25	Mn	2	8	13	2	23	2
26	Fe	2	8	14	2	24	2
27	Co	2	8	15	2	25	2
28	Ni	2	8	16	2	26	2
29	Cu	2	8	18	1	28	1
30	Zn	2	8	18	2	28	2
31	Ga	2	8	18	3	28	3
32	Ge	2	8	18	4	28	4
33	As	2	8	18	5	28	5
34	Se	2	8	18	6	28	6
35	Br	2	8	18	7	28	7
36	Kr	2	8	18	8	28	8



Infatti il confronto del grafico della carica nucleare schermata in funzione di Z e di E_1 contro Z ha permesso ai ragazzi di giungere abbastanza facilmente alla soluzione del problema.

Al termine della lezione si è proposto di scrivere le configurazioni elettroniche di tutti gli elementi nella notazione s , p e d e controllarne la correttezza mediante l'ausilio della tavola periodica riportante le configurazioni elettroniche di tutti gli elementi.

3. Prerequisiti e competenze

Per compiere le operazioni sopra riportate sono necessari come prerequisiti conoscenze relative a:

- all'interpretazione dell'andamento periodico del grafico E_1 / Z , relativo almeno ai primi 20 elementi della tavola periodica;
- all'interpretazione del grafico $E_1^{1/2}$ contro Z , relativo ai primi 20 elementi;
- al modello a gusci dell'atomo;
- al concetto di carica nucleare schermata e della relazione fra carica nucleare schermata e l'energia di prima ionizzazione.

Inoltre le competenze dovranno essere le seguenti:

- saper scrivere la configurazione elettronica di un elemento nella notazione s , p e sapere interpretare correttamente le notazioni "abbreviate" delle configurazioni elettroniche degli elementi, riportate nella tavola periodica;
- saper riconoscere la periodicità e l'andamento di E_1 , in funzione di Z e della distanza dell'elettrone più esterno dal nucleo, lungo i gruppi ed i periodi;
- essere in grado di porsi domande e compiere procedimenti inferenziali relativi a configurazioni elettroniche oltre i primi venti elementi della tavola periodica;
- essere capaci di rappresentare graficamente dei dati sperimentali.

4. Obiettivi

Le conoscenze e le competenze che si vogliono raggiungere sono:

- approfondire il significato della carica nucleare schermata in relazione all'energia di prima ionizzazione: giustificare sperimentalmente, mediante l'esame del grafico di Fig. 1, che il terzo guscio consiste di tre sottog-

gusci designati con i simboli $3s$, $3p$ e $3d$ ed ha una capienza massima di 18 elettroni (da notare che, come è stato sottolineato in [1], l'uso dei simboli s , p e d non comporta che si debba fare riferimento alla forma dei corrispondenti orbitali):

- collegare la struttura elettronica dei metalli della prima serie di transizione alla periodicità dell'energia di prima ionizzazione;
- cogliere l'importanza del livello $3d$ nella serie dei metalli della prima serie di transizione;
- applicare e potenziare le competenze metacognitive anche in funzione del "piacere" della scoperta.

5. Materiali e metodo di lavoro

I materiali di cui dispongono gli studenti sono:

- grafico delle energie di prima ionizzazione degli elementi da $Z=1$ a $Z=36$;
- fotocopia del grafico $E_i^{1/2}$ in funzione di Z ;
- tavola periodica riportante anche le configurazioni elettroniche di tutti gli elementi;
- libro di testo di chimica in dotazione;
- eventualmente programma Microsoft Excel.

I metodi di lavoro usati sono descritti di seguito.

Per la trattazione di questo argomento, si è ritenuto opportuno che gli studenti operassero in piccoli gruppi seguendo un itinerario didattico un po' analogo a quello per lo svolgimento di un'attività sperimentale.

Agli allievi sono stati forniti il grafico relativo all'energia di prima ionizzazione espressa in MJ/mol in funzione di Z per gli elementi da $Z = 1$ a $Z = 36$, la fotocopia del grafico di Fig.1 e, nella fase della discussione e del commento, una tavola periodica riportante anche le configurazioni elettroniche di tutti gli elementi.

Infine, si è messa a disposizione di ogni gruppo una scheda con opportuni quesiti e si è proposto agli allievi di completare tale scheda.

Per controllare il processo di apprendimento – insegnamento ed al fine della messa a punto di una strategia per l'eventuale risistemazione delle trame concettuali, i quesiti sono stati formulati in modo da registrare, nel limite delle possibilità, il "meccanismo" mentale di acquisizione dei concetti e le difficoltà degli allievi e sviluppare le competenze metacognitive. A questo proposito si ritiene utile riportare, come esempio, alcuni quesiti formulati in maniera che il processo di apprendimento - insegnamento, nella relazione tra docente e discente, divenisse reciproco.

6. Quesiti

- 1) Spiega come hai proceduto nell'analisi del grafico $E_i^{1/2}$ in funzione di Z per trovare la struttura elettronica degli elementi da $Z=21$ a $Z=30$
- 2) Quali conoscenze e osservazioni hai utilizzato per concludere che il terzo guscio consiste di tre sottogusci ed ha una capienza massima di diciotto elettroni?
- 3) Confrontando l'andamento di E_i/Z relativo al quarto periodo con quello relativo al secondo e al terzo periodo,

quali sono le somiglianze e differenze in generale e come hai proceduto per trovarle?

4) Quali domande ti sei posto mentre rispondevi alle domande precedenti?

5) Quali concetti appresi nella trattazione del modello atomico a gusci hai dovuto richiamare e rivedere per rispondere alle domande 1), 2) e 3) e quali perplessità e dubbi hanno suscitato tali domande?

6) Fra le nozioni che hai appreso relativamente alla distribuzione degli elettroni a gusci e che hai applicato per le risposte alle domande precedenti, ci sono delle nozioni che non hai compreso bene e che vorresti fossero riepilogate?

7) Quali osservazioni ti hanno indotto a comprendere l'importanza di distinguere tra carica del nucleo e carica nucleare schermata?

8) In riferimento alla tabella n.1 ed alla Fig.2, come hai fatto ad evidenziare la relazione fra la struttura elettronica, la carica nucleare schermata e l'energia di prima ionizzazione per i primi quattro periodi degli elementi ed in particolare per i metalli di transizione da $Z=21$ a $Z=30$?

9) Come puoi giustificare il "picco" di E_i in corrispondenza dello zinco, relativamente all'andamento quasi costante di E_i da $Z=21$ a $Z=29$?

10) In base alle tue conoscenze acquisite sul modello atomico a gusci e all'interpretazione delle osservazioni relative al grafico E_i/Z , quali conclusioni si possono dedurre?

11) Utilizzando la tavola periodica che riporta anche le configurazioni elettroniche di tutti gli elementi, rileva le strutture elettroniche di tutti gli elementi del quarto periodo e quindi spiega come procedi per motivare la differenza tra i metalli di transizione e gli altri elementi dello stesso periodo.

7. Considerazioni conclusive

Dalla verifica sommativa relativa all'esperienza effettuata è emerso che la "transizione" dal procedimento cognitivo alla dimensione metacognitiva da parte degli allievi è stata realizzata con l'acquisizione degli obiettivi prefissati e che l'apprendimento è avvenuto in modo significativo, non mnemonico.

Inoltre, grazie all'utilizzo del grafico di $E_i^{1/2}$ in funzione di Z nella "versione integrale" di Fig.1, non sono state evidenziate particolari complicazioni nell'approccio della struttura elettronica dei metalli della prima serie di transizione con il modello atomico a gusci.

L'unica difficoltà si è riscontrata, come era prevedibile, nell'attribuzione della configurazione elettronica al cromo ed al rame. Comunque ciò ha offerto il pretesto per richiamare alcune considerazioni sulla stabilità associata a determinate strutture elettroniche.

Si ringraziano per la collaborazione il dirigente scolastico prof. Manrico Traversa, la prof.ssa Livia Mercato ed i periti tecnici sig. Bartolomeo Di Lorenzo e Raffaele Adornato dell'IPSIA "G. Ceconi" di Udine.

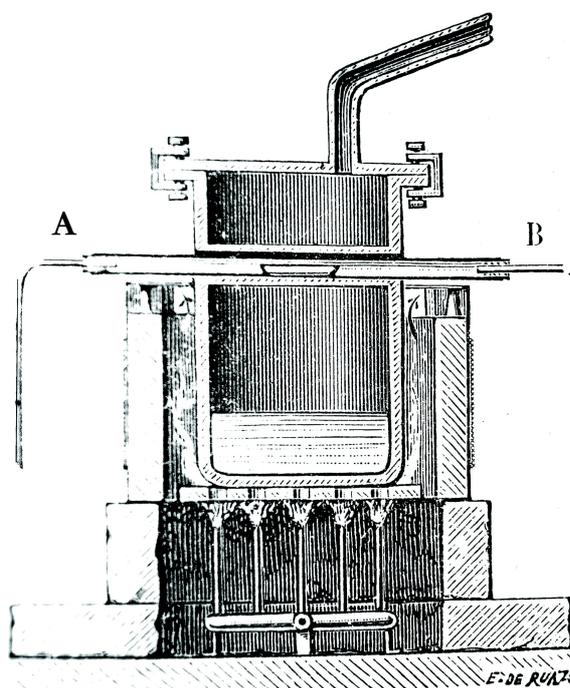
Bibliografia

[1] P. Mirone, "La Chimica nella Scuola-CnS", 1987, 3,12.

[2] R. J. Gillespie, D. A. Humphreys, N. Colin Baird, E. A. Robinson, *Chimica*. Società Editrice Scientifica,

Napoli, 1990.

[3] P. Mirone, "La Chimica nella Scuola-CnS", 2003, 4,106.



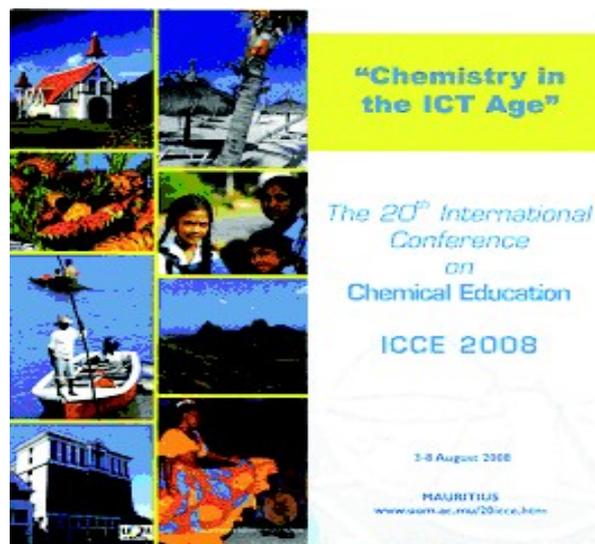
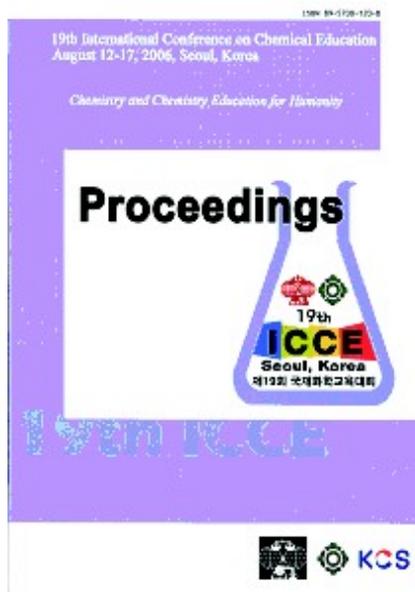
Dissociation du carbonate de calcium.

19th International Conference on Chemical Education

Seoul, 12 – 17 agosto 2006

LIBERATO CARDELLINI

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche,
Via Breccie Bianche, 60131 Ancona, Italy.
E-mail: libero@univpm.it



La 19th International Conference on Chemical Education ha avuto luogo nella storica Sookmyung Women's University, patrocinata dall'unione internazionale di chimica pura ed applicata (IUPAC).

La giornata del 12 prevedeva la riunione del Committee on Chemistry Education, coordinata da Peter Mahaffy, con 13 punti principali all'ordine del giorno: per il molto materiale da considerare la riunione si è protratta sino a quando ci è stato ricordato che iniziava il convegno ICCE. Durante il convegno ci sono state due altre riunioni del CCE. Il rinfresco di benvenuto è stato arricchito da danze e canti coreani, molto apprezzati.

Alla conferenza hanno preso parte 302 insegnanti e ricercatori provenienti da 37 paesi: 165 dalla Corea, 21 dal Giappone, 20 da Taiwan, 18 dagli USA, 6 dalla Cina, 5 dall'Australia e Sud Africa, 3 paesi con 4 partecipanti: Finlandia, Svezia e Svizzera. La Società Chimica Svizzera merita una lode per aver permesso la partecipazione 2 giovani insegnanti, molto preparati e con grande entusiasmo.

La conferenza è di fatto iniziata il 13, e si avevano, fatta eccezione per le conferenze plenarie, 6 o 7 eventi in contemporanea. Giusto per riportare dei numeri, sono state presentate 7 plenary lectures, 1 dimostrazione chimica, 1 forum, 27 simposi per 178 comunicazioni orali, 11 workshop e 120 poster. Un programma di tutto rispetto.

Ho partecipato alla sessione *Role of chemists*, dove Peter Mahaffy e Alastair Hay hanno presentato: "Multiple uses of chemicals, chemical weapons and codes of conduct". È stato mostrato come alcune sostanze chimiche, tal quali o con piccole modifiche, hanno usi molto diversi e sono stati portati parecchi esempi, come il caso della pseudofedrina che è un coadiuvante contro la tosse e della metamfetamina, che viene usata per tutt'altro. Sono state mostrate foto di persone colpite dall'uso bellico o criminoso di sostanze nocive ed è stata suggerita la possibilità di sviluppare un codice di condotta per i chimici. Nel lavoro per piccoli gruppi che ne è seguito sono scaturiti anche dilemmi per noi insegnanti: dobbiamo insegnare processi chimici che permettono la produzione di sostanze pericolose in casa? Natalia Tarasova ha sottolineato che nell'80% dei paesi non si parla Inglese ed è perciò necessario tradurre tutti i documenti nelle diverse lingue per diffondere una maggior consapevolezza del pericolo delle armi biologiche e chimiche.

La mattinata è per me continuata nella sessione *Public Understanding of Chemistry* (PUC) dove Liliana Mammino ha presentato "References to everyday life and the image of chemistry" sottolineando l'importanza dell'insegnamento per contrastare l'immagine distorta che la chimica ha nella società. P. Mahaffy ha presentato "Chemists' understanding of the public", dove ha argomentato dell'importanza di considerare i diversi gruppi di persone che compongono la società, per focalizzare efficaci strategie per comunicare la chimica in modo corretto. La scuola resta comunque il luogo privilegiato per questo scopo.

Antony Ashmore, responsabile del sotto-comitato PUC del CCE, ha presentato "Public understanding of chemistry through formal education": il grande impegno economico della Royal Society of Chemistry (RCS) per migliorare l'insegnamento della chimica a tutti i livelli.

In numeri significa il coinvolgimento di 25.000 scuole elementari, 6.000 scuole secondarie e oltre 50 università per un totale di 800.000 studenti. Il supporto consiste in attività molto diversificate, dalle consulenze e consigli sul curriculum, al materiale per insegnanti e studenti, alla ricerca, ecc. Materiale multimediale, scuole estive per insegnanti, conferenze su temi pedagogici e curricolari per la loro formazione professionale e attività per studenti completano il quadro. Bob Bucat ha concluso la mattinata con "The (non-) perception of chemistry as a current human activity". Riportando sull'uso dei molti modelli in chimica ha argomentato sul fatto che spesso noi insegnanti, forse perché non ci abbiamo riflettuto abbastanza, spesso richiediamo ai nostri studenti l'accettazione di questi modelli come verità scientifiche. È risultata simpatica la domanda a risposta multipla: perché un pezzo di rame si dilata quando viene riscaldato? Tutti noi sappiamo che il motivo non è dovuto al fatto che gli atomi/ioni di Cu si espandono. Invece, il raggio atomico stimato del Cu a 20°C è di 128,0 pm, mentre a 220°C è di 128,4 pm.

Alle 13 alcuni giovani coreani hanno presentato la commedia "A Funny Restaurant": utilizzando aspetti sorprendenti delle scienze, come il poliuretano al posto della farina impastata che lievitava, ci hanno intrattenuto in modo molto piacevole. È seguita la plenaria di Bassam Shakhashiri "Enlightenment, the responsibilities of the enlightened, and exhortations for good teaching", dove ha richiamato le possibilità a disposizione degli insegnanti e le responsabilità che abbiamo di aiutare i nostri studenti a realizzare il loro potenziale umano. Aaron Ciechanover, premio Nobel in chimica nel 2004 ha presentato "The ubiquitin proteolytic system: from basic mechanisms through human diseases and onto drug targeting"; una presentazione delle sue ricerche e della scoperta del meccanismo che porta alla malattia: l'aberrante degradazione delle proteine. L'importanza di questa scoperta sta nel fatto che permetterà lo sviluppo di nuovi farmaci mirati, compresa la speranza di curare il tumore. Laureato in medicina e poi in biologia, ha studiato biochimica da solo ed ha parlato con convinzione di interdisciplinarietà. Ha conquistato la sala per la sua modestia e parlando di didattica con lo stesso nostro linguaggio, ha sostenuto come per il futuro dell'umanità la cosa più importante sia l'istruzione scientifica, in quanto permette di migliorare il livello economico delle persone ed è l'ultima risorsa per evitare i conflitti tra i paesi.

Poi c'è stata la sessione poster, organizzata in due puntate; la seconda parte è stata presentata alla fine dei simposi lunedì 14, prima del banchetto. Le comunicazioni poster riguardano una gamma di interessi molto varia, dalla sintesi e reattività di molecole organiche, alla chimica analitica, all'elettrochimica, alla chimica fisica, anche se la maggioranza riguardavano aspetti connessi alla didattica. Alcune comunicazioni di dati di laboratorio riguardano l'uso di nanoparticelle e la sintesi di molecole condotte senza l'utilizzo di solventi.

Alcuni temi dei poster didattici sono stati il software multimediale, presentato da Roy Tasker, che da molti anni lavora in questo settore; la preparazione di assistenti per il laboratorio (teaching assistants) presentato da Mauro Mocerino, che è stato premiato come miglior poster. Un paio di poster ed una comunicazione orale hanno riguardato l'approccio sistemico (SATLC) all'insegnamento della chimica. Per la prima volta ho sentito parlare di questo tema nella conferenza di Beijing ed ho partecipato ad un workshop sull'approccio sistemico nella conferenza di Istanbul. Si tratta dell'insegnamento della chimica attraverso schemi simili a mappe concettuali, che continuamente cercano collegamenti tra i vari concetti, sia quelli noti che quelli ancora da studiare. Sviluppato nel 1997 da Ameen Fahmy (Ain Shams University, Cairo) e Joe Lagowski (University of Texas, Austin), viene adottato e si sta velocemente diffondendo nei paesi arabi, sia nelle università che nelle scuole superiori.

Alcune presentazioni riguardavano gli esperimenti in microscala, mentre altre il programma HASA (3H-hand, head, heart-at Science Activity), che viene utilizzato nelle università in Corea per la formazione in servizio degli insegnanti e diversi insegnanti hanno presentato alcune delle numerose attività sviluppate secondo questo programma e anche studi sull'implementazione di questo programma. Choon Do, responsabile dell'organizzazione della conferenza ha presentato la cronologia delle 19 ICCE, reperibile nel sito <http://www.19icce.org>.

Il lunedì è iniziato con la plenaria di Su-Moon Park, "Chemistry education for more chemistry majors" che dal titolo intuivamo riguardare lo scarso interesse dei giovani verso la chimica. Anche in Corea, chi all'università si dedica alla didattica è considerato un cittadino di seconda classe. Ho poi partecipato al simposio su multimedia e visualizzazione.

Philippe Boesch ha presentato "Dynamic equilibrium & bubble zoom", un software che aiuta la comprensione dell'equilibrio chimico. Agli studenti viene dato un contenitore chiuso contenente NO₂ e N₂O₄ e viene fatto immergere in successione in acqua calda e in acqua fredda, osservando i colori. Poi passano al computer; un programma molto sofisticato permette di interagire sia a livello macroscopico che microscopico e a differenti livelli di preparazione teorica.

Colin Osborne della RSC ha presentato "Kinetic theory animations. Helping chemistry teachers teach correct science". In UK, la maggioranza degli insegnanti di chimica sono biologi, e considerando la difficoltà degli studenti di 11-14 anni a comprendere il modello microscopico, stanno sviluppando una serie di simulazioni per aiutare la comprensione. Le simulazioni in programma riguardano gli stati di aggregazione, la cromatografia, la filtrazione, la distillazione frazionata, la diffusione, la teoria cinetica, il congelamento (solidificazione del mercurio su CO₂ solida), sublimazione, condensazione e distillazione.

Il software prodotto è per ora disponibile in CD; verrà reso pubblico all'indirizzo:

<http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/index.htm>.

Un gioco sulla tavola periodica si trova all'URL:

<http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/ptdata>.

Ho provato ad usarlo, con scarso successo. Una raccolta di dati online si trova all'URL:

<http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/data/index.htm>

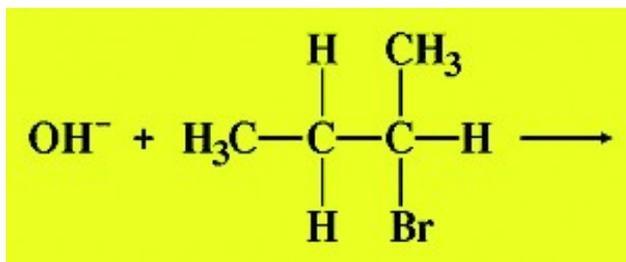
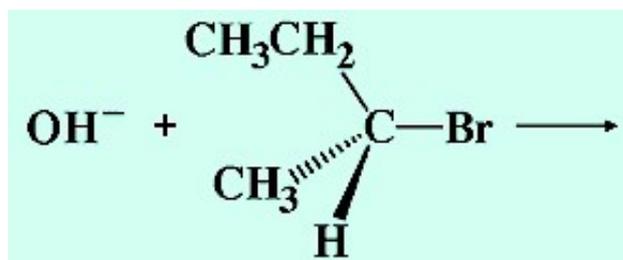
e un gioco di strategia sul petrolio si può trovare all'URL:

<http://www.rsc-oilstrike.org/>.

Mauro Mocerino ha presentato "Representation of organic molecules: impact on student understanding". Gli studenti hanno difficoltà a capire i differenti tipi di rappresentazioni strutturali e ha presentato alcuni risultati di una ricerca svolta con lo scopo di capire queste difficoltà e se le differenti rappresentazioni che normalmente noi chimici usiamo possono indurre negli studenti idee sbagliate. Lo studio viene condotto con questionari e interviste; una domanda chiede se le due strutture del 2-metilcicloesano sono enantiomeri.

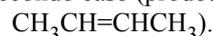


Un risultato presentato è quello che segue. È stato chiesto agli studenti di predire i prodotti delle due reazioni:



Benché la reazione sia la stessa nei due casi, quasi tutti gli studenti hanno però predetto una reazione di sostituzione nel primo caso (prodotto: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHOHCH}_3$) mentre quasi tutti gli studenti hanno predetto una reazione di

eliminazione nel secondo caso (prodotto:



Morton Hoffman ha presentato "Dispelling myths and misconceptions through the visualization of quantum concepts". I concetti della meccanica quantistica, utili anche per capire aspetti della chimica generale, non hanno esempi nella vita quotidiana e gli studenti si ritrovano con molte idee sbagliate, anche veicolate e rinforzate dalle figure dei libri di testo. Alla Boston University usano attività basate su cicli di apprendimento e software con domande interattive guidate e grafica interattiva. Hanno introdotto la variabile tempo nelle rappresentazioni quanto-meccaniche: il software si trova all'URL:

<http://quantumconcepts.bu.edu/>.

Ho seguito la sessione *Women and Chemistry*, dove sono state presentate le difficoltà che le donne trovano nella carriera in chimica. La situazione in molti paesi ora è molto cambiata tra coloro che si laureano in chimica nel rapporto tra i sessi: in Corea vogliono portare al 25% le donne impiegate nella scienza e tecnologia. È questo un argomento complesso e lo scopo si può raggiungere anche con il sistema delle quote. Ma l'università è solo un'occupazione statale come tante altre o un luogo di produzione del sapere e l'unico criterio per salvare la qualità deve essere quello delle capacità?

Nella sessione PUC, Wonghil Chang ha presentato "Advanced science and technology oriented education for science teachers (ASTOE)", un studio del programma ASTOE, finalizzato all'aggiornamento degli insegnanti. Lo scopo dello studio è quello di migliorare ed espandere le finalità del programma ASTOE. Sono seguite due comunicazioni del progetto ACELL (The Australasian Chemistry Enhanced Laboratory Learning): Justin Read ha presentato "ACELL: improving student learning in a laboratory environment" e Bob Bubatz ha presentato "ACELL: providing professional development whilst building a community of practice". Questo progetto internazionale – che va avanti da sei anni – ha come scopo principale di migliorare l'apprendimento degli studenti nelle attività di laboratorio, dato che gli studenti di chimica della laurea del primo livello sono coinvolti in questa attività per il 48% del tempo. Dirò subito che più conosco le attività didattiche svolte in Australia e più apprezzo i colleghi: vediamo perché.

Hanno riferito di un workshop che si è svolto per tre giorni all'Università di Sydney, a cui hanno preso parte 33 docenti e 31 studenti rappresentanti di 27 università dell'Australia e della Nuova Zelanda, oltre allo staff responsabile del progetto. Nel database ACELL sono collezionati esperimenti di chimica e il criterio dell'accettazione prevede che l'esperimento sia verificato in laboratorio, da terzi. Nei 3 giorni del workshop, col supporto dei tecnici delle Università di Sydney e Adelaide, sono stati verificati e valutati 33 esperimenti. Fino qui forse si potrebbe ripetere anche da noi.

La giornata prevedeva 1 ora di discussione sugli esperimenti della giornata, 2 periodi di 3 ore di laboratorio in-

tervallati dal pranzo, altre 2 sessioni di discussione informale, che continuavano durante la cena. Ogni docente valutava 4 esperimenti e presentava 2 nuovi esperimenti; ogni studente verificava 6 esperimenti. Nella sessione di laboratorio del mattino docenti e studenti lavoravano separatamente, al pomeriggio in gruppi misti: questa procedura di mettere i docenti nella condizione di studenti operando cooperativamente con altri studenti è prevista dal progetto ACELL per eliminare le barriere e lavorare tra eguali. Oltre a questo lavoro a tempo pieno c'erano questionari da riempire e alcuni "malcapitati" dovevano rispondere a delle interviste. Nelle discussioni si dovevano valutare i punti di forza e di debolezza di ogni esperimento. Aggiungerò soltanto che nelle discussioni qualche docente ha lamentato la mancanza di una maggiore conoscenza didattica, mentre gli studenti si sono meravigliati di quanto i docenti avessero interesse delle loro opinioni, dichiarandosi addirittura scioccati scoprendo il desiderio degli insegnanti di migliorare sempre più il loro apprendimento. Siccome la discussione serale avveniva nella hall dell'hotel, alcuni si sono lamentati perché venivano disturbati dai rumori e hanno chiesto una sala più silenziosa! Il progetto si trova all'URL <http://acell.chem.usyd.edu.au/>.

E siamo al giorno di ferragosto, che in Corea si festeggia la giornata dell'indipendenza. Dato che erano previste manifestazioni politiche, l'agenda della giornata prevedeva la visita fuori città. La giornata è iniziata con la conferenza di Ann Nalley, Presidente dell'American Chemical Society, "Application of Computer Molecular Modeling in Teaching Organic Chemistry". Ha ricordato come l'insegnante deve competere con tutti i possibili fornitori di intrattenimento che catturano l'interesse degli studenti: avremo più successo se riusciremo ad intrattenere e divertire i nostri studenti. E poi è andata sullo specifico dell'uso del programmi di Molecular Modeling, in chimica organica e in chimica generale. La sua esperienza che è iniziata nel 1992 è molto positiva; sia perché il computer permette di costruire modelli dinamici delle molecole e sia perché gli studenti amano imparare in questo modo. Ann è una persona non comune; con modestia ed entusiasmo non solo era una di noi, ma ha conquistato tutti quando nella Participants' Night ha cantato Take Me Home, Country Roads, una canzone di John Denver.

L'uscita da Seoul è stata così lunga che siamo andati direttamente a far pranzo al "Jeongilpum" dove ci attendevano 21 piatti diversi: aggiungo però che il concetto di "piatto" è molto diverso dal nostro. La zona di Icheon è famosa per le ceramiche; abbiamo visitato il museo della ceramica e poi siamo andati al Korean Folk Village. Hanno riunito in un villaggio alcune case del 19° secolo provenienti da differenti parti del paese, dalla capanna alla casa aristocratica di 99 stanze. Questo per preservare la memoria storica delle tradizioni, poiché in Seoul si possono vedere solo grattacieli.

Mercoledì 16, Onno De Jong ha presentato "Making

chemistry meaningful: conditions for improving context-based chemistry education". Il problema è quello di interessare gli studenti e la soluzione proposta è quella di usare dei contesti a loro familiari. Rispetto ai risultati sull'apprendimento, gli studi svolti sono in disaccordo e molti studenti non vedono una relazione significativa tra i contesti e i concetti chimici. Anche gli insegnanti hanno delle riserve dovute alla mancanza di esperienza nell'utilizzo del contesto come punto di partenza del loro insegnamento e anche perché contesti complessi distraggono gli studenti dai concetti chimici: i curriculum attuali mal si prestano ad essere adattati ad un contesto.

Il contesto presentato è stato quello di stimare la quantità di acqua assorbita da un pannolino, poi è stata fatta la verifica che è risultata di 1 L. Con sottile ironia, ha esteso poi le considerazioni ai pannolini per anziani. Resto della convinzione che interessare gli studenti sia soprattutto una questione di seduzione, come ha detto Herron [1]; e per sedurli dobbiamo essere innamorati del nostro lavoro, dei nostri studenti e della materia che insegniamo.

Insieme a Kumhong Park mi sono trovato coordinatore della sessione *Instructional Strategy in Chemical Education* (ISCE) dove ho presentato "Engaged learning: creativity in problem solving". Wen-Tung Hung ha presentato "A study of inquiry-based instructional design and assessment in the chemistry course at elementary level". Lo studio riguardava l'unità didattica "Le proprietà delle soluzioni acquose" del corso di chimica alle elementari. Il metodo usato è stata la ricerca-azione: pianificazione, azione, osservazione e riflessione, attraverso le 5 E (in Inglese): impegno, esplorazione, spiegazione, elaborazione, valutazione.

Hung Ta Wu ha presentato "Exploring the application of POE instruction on the existence science activity". POE, acronimo di Predict-Observe-Explain, è una tecnica sviluppata da Richard White [2] per promuovere l'apprendimento delle scienze. Studenti della scuola media hanno svolto 10 lezioni di 45 minuti in cucina, cucinando cibi. Il risultato è stato soprattutto quello di un maggior interesse e divertimento rispetto alla lezione tradizionale.

Kumhong Park ha presentato "The effect of micro-computer based laboratory on science process skills, science achievement and attitude of middle school students". Nelle esperienze di laboratorio gli studenti della scuola media spendono del tempo per elaborare i dati e fare i grafici. Così si è pensato di ricorrere al computer e studiare se questo nuovo sistema avesse influenza sull'apprendimento. Nella discussione sono stati espressi dubbi sui benefici del computer, oltre a quello del risparmio del tempo.

Il pranzo è stato come al solito molto frugale e poi via di corsa per seguire la conferenza plenaria di Viktor Obendrauf "More small scale hands on experiments for easier teaching and learning".

La parola "more" si riferisce al fatto che aveva già presentato alcuni esperimenti durante l'ICCE a Budapest nel 2000. Gli esperimenti presentati sono stati eseguiti con

una grande professionalità, e seppur in scala micro potevano essere visti da tutti perché venivano proiettati su uno schermo gigante. Certamente gli esperimenti hanno il vantaggio di essere piacevoli e di restare impressi nella memoria episodica, forse per tutta la vita. Ma non saprei come rispondere alla domanda: quanto possano essere significativi per gli studenti questi spettacoli, dal punto di vista cognitivo? Alcuni esperimenti, ad esempio quello del cannone, richiedono la conoscenza di molta chimica, ben oltre il programma tradizionale di chimica generale. Un'idea del materiale presentato si può avere consultando i siti: <http://www.niele.net/pics/05-12-2003.html> e <http://www.dasan.de/lapaz/deutsch/Seminare/loxcost%20ima/lowcost.htm>. Gli esperimenti di laboratorio hanno avuto un grande rilievo in questa conferenza: dei 11 workshop in programma, 10 riguardavano il laboratorio.

Ho seguito la seconda parte della sessione ISCE, dove Jerry Sarquis ha presentato "Peer-led team learning" (PLTL). Il modello PLTL è un lavoro di gruppo formato da 6-8 studenti che si incontrano per un paio di ore ogni settimana per risolvere problemi del corso, sotto la guida del leader. Questo perché è difficile coinvolgere gli studenti nei corsi introduttivi di scienze e questo metodo di apprendimento attivo ha benefici simili al cooperative learning (CL).

Ha riportato studi dai quali risulta che dopo 2 settimane si ricorda il 10% di ciò che si è letto, ma il 70% se si è partecipato ad una discussione e il 90% di ciò che facciamo in pratica [3]. Cruciale nel PLTL è la preparazione del leader, che è uno studente tra quelli più bravi del corso, con buone qualità di rapporti interpersonali e che è stato formato nella funzione e deve svolgere la parte di facilitatore. Come nel CL, alcuni 'tipi' di studenti incontrano difficoltà con questo metodo. Il corso chiede molto impegno agli studenti: dall'uso delle mappe concettuali alla soluzione di problemi concettuali, piuttosto impegnativi, privi di una risposta certa, ma la soluzione viene individuata nel gruppo attraverso la discussione e il consenso. Sarquis ha presentato molti dati convincenti sulla bontà di questo modello usato nel corso di chimica alla Miami University. Informazioni sul metodo si possono trovare all'URL www.PLTL.org

Mu Sang Lee ha presentato "The motivational power of chemistry experiments". Per sviluppare il ragionamento scientifico negli studenti utilizza alcuni esperimenti che mostrano eventi discrepanti. Ad esempio, aggiungendo 25 mL di alcol etilico a 25 mL di acqua, il volume risultante non è 50 mL, ma 43. Secondo la teoria dello sviluppo cognitivo di Piaget le discrepanze influenzano il processo di auto-regolazione e con una guida appropriata gli studenti possono crescere di livello cognitivo, acquisendo nuova conoscenza scientifica.

Helen Drummond della North West University, South Africa, ha presentato "Intellectual strategies in problem solving in high school chemistry". Molte università utilizzano test generali per predire il successo negli studi degli studenti: test specifici potrebbero essere più utili. Ha

sviluppato una serie di problemi per mettere in luce importanti strategie intellettuali necessarie per risolvere problemi chimici. Per i 350 studenti studiati, esiste una correlazione positiva con il test generale, ma la correlazione è migliore con i risultati che gli studenti hanno ottenuto nella risoluzione dei problemi.

Nell'ultima sessione della giornata ho partecipato al workshop di John Bradley e Erica Steenberg "Macro, micro, symbolic: experiencing the triangle"; il triangolo è quello di Alex Johnstone. Si fanno esperimenti a livello macroscopico, si interpretano in modo simbolico e si utilizzano modelli molecolari per rappresentare il livello micro. Col mio gruppo abbiamo fatto l'elettrolisi dell'acqua, usando il micro kit prodotto dal centro RADMASTE. Questi kit sono prodotti in scala micro e in plastica, sia per evitare pericoli, che per mantenere il prezzo basso.

L'ultima giornata è iniziata con la conferenza plenaria di Peter Atkins "The challenge of education". Ha presentato esempi di come si possa facilmente introdurre l'entropia e ha sottolineato l'importanza della visualizzazione sia per la comprensione di equazioni matematiche, sia nel problem solving, dove ha mostrato esempi di elettrochimica. Come aveva fatto in Istanbul, ha utilizzato la bandiera coreana per illustrare le sue argomentazioni.

Sono seguite le dimostrazioni di David Katz "Chemical principles visualized": una dimostrazione è una spiegazione teorica con esempi o con esperimenti. Idealmente sarebbe necessaria una dimostrazione per ogni lezione ma, dato l'impegno richiesto per la preparazione, conviene incominciare con una dimostrazione ogni 2-3 settimane. Gli studenti dovrebbero uscire dalla lezione con l'idea che la chimica è pulita, interessante e divertente. Ha presentato, ponendo delle domande, una serie di dimostrazioni, come quella delle forze intermolecolari: quante gocce di acqua si possono mettere su una moneta senza bagnare il tavolo? Gli esperimenti si possono trovare nel sito: <http://www.chymist.com/>.

Ho seguito la sessione *Teaching for Gifted Learners* aperta da Morton Hoffman con "Computer-based peer-led workshops in honors-level general chemistry" sull'uso del computer per risolvere problemi sulle titolazioni acido-base, sugli equilibri simultanei di complessazione e la simulazione di meccanismi di reazione. Hye-Kung Kim ha presentato "Gifted students' motives of deciding in their major and satisfaction at the curriculum for science gifted". Riferisce di uno studio, fatto dall'istituto per i giovani dotati, su 203 studenti e loro genitori sulle motivazioni che hanno portato alla scelta della facoltà scientifica (matematica, fisica, chimica, biologia e scienze della terra). Le motivazioni sono simili a quelle dei nostri studenti, anche se da noi i giovani dotati ufficialmente non esistono. La terza conferenza è saltata per l'assenza del conferenziere; nel complesso mi sono accorto di 3 assenze.

La sessione finale del pomeriggio è stata per me *Material Science and Polymer Chemistry*, dove Alireza

Mansoub ha presentato “Chemistry educators and public understanding of nanotechnology development”. Le nanotecnologie, e parliamo di oggetti di dimensioni tra 1 e 100 nm, avranno un grande impatto nella società e si prevede che dal 2050 avranno un’importanza maggiore delle biotecnologie. Nel settore nano la chimica ha una grande importanza e in prospettiva deve contribuire a formare sia i tecnici, che i cittadini. In vari paesi sono nate iniziative per far conoscere questi nuovi aspetti della scienza ai giovani; in Germania utilizzano un camion opportunamente attrezzato (<http://nanodot.org/>) mentre la Rice University (USA) ha un sito dedicato (<http://nanokids.rice.edu/>). In Iran 20 milioni di studenti frequentano le scuole superiori ed è nata l’idea di creare un sito web per far conoscere le nanotecnologie (<http://www.nanokids.ir/>).

Il sito è molto apprezzato dai giovani con oltre 200.000 visite al mese.

Nella seconda comunicazione Alireza ha presentato “Fusion of nanoscience and nanotechnology in chemistry extracurricular as summer school activities”, una scuola estiva della durata di 7 settimane ed ha illustrato il curriculum di questo corso.

All’URL: www.nanokids.ir/19icce si possono scaricare i file usati per la presentazione.

Choon Ho Do, il presidente della conferenza, ha presentato “Short courses for polymer education”. Siccome la Sunchon National University era vicina ad un impianto petrolchimico, nel 1995 ha iniziato un corso breve “Lectures in Petrochemicals” per il pubblico, svolto due volte l’anno. I suggerimenti e le richieste dei partecipanti servono per organizzare il corso successivo. All’ultimo corso hanno partecipato in 160, provenienti da tutta la Corea, compresi tecnici dell’industria e laureati desiderosi di tenersi aggiornati.

Masahiro Kamata ha presentato “Application of commercial batteries as teaching materials for electrochemistry”. Ha sviluppato delle esperienze significative utilizzando batterie zinco-aria per dimostrare la legge di

Faraday e per insegnare l’equazione di Nernst nelle scuole superiori. Le batterie hanno molti vantaggi; costano poco, non inquinano e non sono pericolose. Pesando la batteria dopo la scarica si può dimostrare la conservazione della massa; molti studenti pensano che durante la scarica la massa diminuisce.

Si sarà notato che l’Inglese qualche volta non convince: ma nelle conferenze internazionali interessa di più la sostanza. La qualità di un congresso per me è data dal valore delle esperienze presentate: buone pratiche fanno venire nuove idee per migliorare la didattica e conoscere l’impegno dei colleghi spinge ad impegnarsi di più. Per questo è utile partecipare ai congressi. Questo congresso è stato organizzato al meglio, curando molti particolari e bisogna congratularsi con Choon Ho Do per l’ottima riuscita. L’unico piccolo difetto è l’assenza dell’indice analitico nel libro degli abstract. Organizzare un congresso richiede un lavoro non indifferente e l’ICCE potrebbe svolgersi nel 2012 in Italia. La foto che segue ritrae anche i giovani con la maglietta arancio (in grigio nella stampa) che hanno lavorato a tempo pieno per la riuscita del congresso. Troveremo risorse simili per il 2012?

Molte altre foto della conferenza si trovano nel sito <http://www.19icce.org>.

La 20th ICCE avrà luogo nell’isola Mauritius dal 3 all’8 agosto 2008 e il tema sarà “Chemistry in the ICT Age” (www.uom.ac.mu/20icce.htm). L’isola Mauritius si trova nell’oceano indiano, 20° parallelo, a circa 1000 km ad est del Madagascar.

Bibliografia

1. L. Cardellini, Una intervista a J. Dudley Herron, *La Chimica nella Scuola*, 2003, **25**, 48-55, p. 52.
2. R.T. White, *Learning science*, Oxford: Blackwell, 1988; R.T. White, R.F. Gunstone, *Probing understanding*, London: Falmer, 1992.
3. E. Dale, *Audio-Visual Methods in Teaching*, 3rd Ed., Holt, Rinehart and Winston, 1969.



8th European Conference on Research in Chemical Education

Budapest, 31 agosto – 1 settembre 2006

LIBERATO CARDELLINI

*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche,
Via Breccie Bianche, 60131 Ancona, Italy.
E-mail: libero@univpm.it*



8th European Conference
on Research in Chemical Education

31 August – 1 September 2006
Budapest, Hungary



BOOK OF ABSTRACTS

Il congresso ha avuto luogo presso l'ELTE Convention Centre della Eötvös Loránd University, alla fine del 1° congresso europeo di chimica, con la partecipazione di 121 docenti e ricercatori provenienti da 27 paesi, 41 dei quali Ungheresi. La conferenza ha avuto 4 conferenze plenarie, 6 keynote lectures, 7 sessioni parallele con 45 comunicazioni orali e 32 comunicazioni poster.

Alle ore 14 del 31 agosto László Szepes, chairman delle conferenze, ha aperto i lavori. Dopo i saluti delle autorità è seguita la plenaria di **Hans-Dieter Barke** "Spatial ability and the avoidance of home-made misconceptions in chemical education". Da studi fatti in Germania sulla concettualizzazione della combustione risulta che molti studenti hanno idee sbagliate. Inoltre, gli studenti hanno difficoltà a pensare agli ioni come particelle. Se si considerano due beaker contenenti l'uno una soluzione concentrata di HCl e l'altro una soluzione diluita dello stesso acido, gli studenti rappresentano le due situazioni in questo modo: molte molecole HCl nella soluzione concentrata e poche molecole HCl nella soluzione diluita. Molte idee sbagliate sono dovute al fatto che nella didattica non si tiene conto di quello che è ormai conosciuto come il triangolo di Johnstone: ai vertici sono riportati i tre livelli, "macroscopico", "submicro" e "simbolico". Non aiutiamo gli studenti se non facciamo distinzione tra questi livelli. Nell'insegnamento della chi-



mica suggerisce di andare dal macro al micro e poi utilizzare le rappresentazioni.

Da vari anni Barke studia le difficoltà degli studenti nelle rappresentazioni spaziali [1, 2] e suggerisce di presentare la tavola periodica sia con le sfere degli atomi che con quelle degli ioni. Una strategia utile per aiutare gli studenti nell'apprendimento della chimica è quella di spiegare il concetto scientifico, poi dire delle concezioni sbagliate conosciute, quindi far difendere il concetto dagli studenti.

Per far acquisire agli studenti le abilità spaziali mostrare loro le strutture dei cristalli e poi far loro pensare agli ioni. È stato chiesto quanto queste abilità siano innate: è difficile da dire; dalle ricerche risulta che i maschi hanno meno difficoltà delle femmine. In zone povere della Somalia maschi e femmine sono allo stesso livello di abilità, probabilmente per mancanza di giochi nell'infanzia.

Ho seguito la sessione "Information and communication technology in chemistry education" introdotta da Ray Wallace che ha ricordato come le conferenze sono importanti per fare nuove conoscenze e poi la keynote lecture presentata da Attila Fözö: "E-Learning in chemistry education. The Sulinet digital knowledge base". Il progetto Sulinet è iniziato nel 1996 per volontà del Ministero dell'istruzione e nel 2002 ha subito un'accelerazione. Uno dei pilastri del programma Sulinet è lo sviluppo di materiale utile per i curriculum ungheresi. Il materiale disponibile copre i curriculum per i gradi 7-12 o 9-12.

Questo programma è ritenuto importante perché permette agli studenti di utilizzare materiale digitale prima non esistente in Ungheria a causa della lingua, ed offre strumenti di supporto agli insegnanti per sviluppare Learning Object (LO). Ogni LO fornisce suggerimenti sia agli insegnanti che agli studenti; ad ogni LO è associata una mappa concettuale che l'utente può modificare e svi-

In numeri significa il coinvolgimento di 25.000 scuole elementari, 6.000 scuole secondarie e oltre 50 università per un totale di 800.000 studenti. Il supporto consiste in attività molto diversificate, dalle consulenze e consigli sul curriculum, al materiale per insegnanti e studenti, alla ricerca, ecc. Materiale multimediale, scuole estive per insegnanti, conferenze su temi pedagogici e curricolari per la loro formazione professionale e attività per studenti completano il quadro. Bob Bucat ha concluso la mattinata con "The (non-) perception of chemistry as a current human activity". Riportando sull'uso dei molti modelli in chimica ha argomentato sul fatto che spesso noi insegnanti, forse perché non ci abbiamo riflettuto abbastanza, spesso richiediamo ai nostri studenti l'accettazione di questi modelli come verità scientifiche. È risultata simpatica la domanda a risposta multipla: perché un pezzo di rame si dilata quando viene riscaldato? Tutti noi sappiamo che il motivo non è dovuto al fatto che gli atomi/ioni di Cu si espandono. Invece, il raggio atomico stimato del Cu a 20°C è di 128,0 pm, mentre a 220°C è di 128,4 pm.

Alle 13 alcuni giovani coreani hanno presentato la commedia "A Funny Restaurant": utilizzando aspetti sorprendenti delle scienze, come il poliuretano al posto della farina impastata che lievitava, ci hanno intrattenuto in modo molto piacevole. È seguita la plenaria di Bassam Shakhashiri "Enlightenment, the responsibilities of the enlightened, and exhortations for good teaching", dove ha richiamato le possibilità a disposizione degli insegnanti e le responsabilità che abbiamo di aiutare i nostri studenti a realizzare il loro potenziale umano. Aaron Ciechanover, premio Nobel in chimica nel 2004 ha presentato "The ubiquitin proteolytic system: from basic mechanisms through human diseases and onto drug targeting"; una presentazione delle sue ricerche e della scoperta del meccanismo che porta alla malattia: l'aberrante degradazione delle proteine. L'importanza di questa scoperta sta nel fatto che permetterà lo sviluppo di nuovi farmaci mirati, compresa la speranza di curare il tumore. Laureato in medicina e poi in biologia, ha studiato biochimica da solo ed ha parlato con convinzione di interdisciplinarietà. Ha conquistato la sala per la sua modestia e parlando di didattica con lo stesso nostro linguaggio, ha sostenuto come per il futuro dell'umanità la cosa più importante sia l'istruzione scientifica, in quanto permette di migliorare il livello economico delle persone ed è l'ultima risorsa per evitare i conflitti tra i paesi.

Poi c'è stata la sessione poster, organizzata in due puntate; la seconda parte è stata presentata alla fine dei simposi lunedì 14, prima del banchetto. Le comunicazioni poster riguardano una gamma di interessi molto varia, dalla sintesi e reattività di molecole organiche, alla chimica analitica, all'elettrochimica, alla chimica fisica, anche se la maggioranza riguardavano aspetti connessi alla didattica. Alcune comunicazioni di dati di laboratorio riguardano l'uso di nanoparticelle e la sintesi di molecole condotte senza l'utilizzo di solventi.

Alcuni temi dei poster didattici sono stati il software multimediale, presentato da Roy Tasker, che da molti anni lavora in questo settore; la preparazione di assistenti per il laboratorio (teaching assistants) presentato da Mauro Mocerino, che è stato premiato come miglior poster. Un paio di poster ed una comunicazione orale hanno riguardato l'approccio sistemico (SATLC) all'insegnamento della chimica. Per la prima volta ho sentito parlare di questo tema nella conferenza di Beijing ed ho partecipato ad un workshop sull'approccio sistemico nella conferenza di Istanbul. Si tratta dell'insegnamento della chimica attraverso schemi simili a mappe concettuali, che continuamente cercano collegamenti tra i vari concetti, sia quelli noti che quelli ancora da studiare. Sviluppato nel 1997 da Ameen Fahmy (Ain Shams University, Cairo) e Joe Lagowski (University of Texas, Austin), viene adottato e si sta velocemente diffondendo nei paesi arabi, sia nelle università che nelle scuole superiori.

Alcune presentazioni riguardavano gli esperimenti in microscala, mentre altre il programma HASA (3H-hand, head, heart-at Science Activity), che viene utilizzato nelle università in Corea per la formazione in servizio degli insegnanti e diversi insegnanti hanno presentato alcune delle numerose attività sviluppate secondo questo programma e anche studi sull'implementazione di questo programma. Choon Do, responsabile dell'organizzazione della conferenza ha presentato la cronologia delle 19 ICCE, reperibile nel sito <http://www.19icce.org>.

Il lunedì è iniziato con la plenaria di Su-Moon Park, "Chemistry education for more chemistry majors" che dal titolo intuivamo riguardare lo scarso interesse dei giovani verso la chimica. Anche in Corea, chi all'università si dedica alla didattica è considerato un cittadino di seconda classe. Ho poi partecipato al simposio su multimedia e visualizzazione.

Philippe Boesch ha presentato "Dynamic equilibrium & bubble zoom", un software che aiuta la comprensione dell'equilibrio chimico. Agli studenti viene dato un contenitore chiuso contenente NO₂ e N₂O₄ e viene fatto immergere in successione in acqua calda e in acqua fredda, osservando i colori. Poi passano al computer; un programma molto sofisticato permette di interagire sia a livello macroscopico che microscopico e a differenti livelli di preparazione teorica.

Colin Osborne della RSC ha presentato "Kinetic theory animations. Helping chemistry teachers teach correct science". In UK, la maggioranza degli insegnanti di chimica sono biologi, e considerando la difficoltà degli studenti di 11-14 anni a comprendere il modello microscopico, stanno sviluppando una serie di simulazioni per aiutare la comprensione. Le simulazioni in programma riguardano gli stati di aggregazione, la cromatografia, la filtrazione, la distillazione frazionata, la diffusione, la teoria cinetica, il congelamento (solidificazione del mercurio su CO₂ solida), sublimazione, condensazione e distillazione.

luppare. Sono stati addestrati circa 30.000 insegnanti, ma solo una minoranza usa questa risorsa in classe. Sono iniziati tre studi per verificare le influenze del software sull'apprendimento. Il software è gratuito all'URL: <http://www.sulinet.hu/> (cliccare su e-Tananyag e poi su kémia).

Claire Mc Donnell ha presentato "A digital space odyssey in chemical education – Development of online tutoring skills and the application of ICT to teach transferable skills". Il Dublin Institute of Technology ha organizzato un corso di 10 settimane per lo staff accademico dal titolo "Designing E-learning" in modalità blended. Hanno partecipato 7 docenti provenienti da 4 differenti colleges e nel corso hanno anche sperimentato cosa provano gli studenti quando utilizzano un ambiente virtuale.

Ogni settimana erano previsti compiti da svolgere online, videoconferenze, interazioni sincrone e asincrone con tutor e ospiti dalla Finlandia e dall'Australia. Il sistema prevedeva anche una discussione faccia a faccia su cosa era utile e su cosa era difficile. Il tutor del corso aveva molta esperienza ed era un modello nel ruolo. I problemi incontrati sono stati la gestione del tempo e le restrizioni nella comunicazione col solo testo. Alcuni evidenti vantaggi sono costituiti dalla flessibilità e dall'assenza di barriere di tempo e di spazio. Inoltre, i metodi di apprendimento attivo possono essere incorporati facilmente e la comunicazione attiva promuove la riflessione. L'aver sperimentato questo corso e le sue difficoltà renderà a questi insegnanti più facile insegnare agli studenti utilizzando questo metodo.

Odilla Finlayson ha presentato "Evaluation of student engagement with a virtual learning environment (Moodle) in the teaching of 1st year undergraduate organic chemistry". Dublin City University (DCU) è una università di 25 anni con circa 10.000 studenti nei vari corsi. Il 62,7% degli studenti del primo anno lavorano part time; il 50% per più di 15 ore settimanali e, come da noi, tutti sperano di superare l'esame.

La presentazione ha riguardato lo studio delle interazioni degli studenti con l'ambiente virtuale di apprendimento (VLE, Virtual Learning Environment). La ricerca ha riguardato studenti del primo anno del corso di Chimica organica e cerca di rispondere alla domanda se l'ambiente virtuale motiva ad un maggiore impegno verso la materia. Gli studenti che accedono all'ambiente virtuale sono una minoranza e l'interesse diminuisce col passare delle settimane; alcuni studenti accedono per la prima volta nella settimana degli esami.

Gli studenti alla DCU hanno anche altro materiale disponibile per imparare la chimica, come la clinica di scienze; gli studenti che arrivano all'Università privi di una conoscenza sufficiente di chimica e che accedono alla "clinica" durante il corso, all'esame hanno fatto meglio di coloro che non hanno usato il software. Nonostante ciò, il 26% di studenti che hanno usato la "clinica" hanno fallito agli esami. Ciò significa che da quelle parti ancora si boccia.

È seguita la presentazione "Measurement and impact of metacognitive activity use in Chemistry problem solving" da parte di Santiago Sandí-Ureña. Chiedere agli studenti di verbalizzare ciò che pensano quando risolvono problemi (metacognizione) richiede tempo; oltre a studiare la verbalizzazione è vantaggioso anche utilizzare uno strumento basato sul computer capace di registrare cosa succede durante la soluzione di molti problemi. La convergenza dei risultati tra i due metodi assicura la validità del processo.

Lo strumento software utilizzato è l'IMMEX (Interactive Multi-Media Exercises; <http://www.immex.ucla.edu/>). I problemi sono di tipo aperto (Hazmat, hazardous material): un terremoto ha colpito la tua scuola. Un contenitore senza etichetta è stato danneggiato e il contenuto sta fuoriuscendo. Puoi identificare il composto chimico fuoriuscito cosicché sia trattato in modo appropriato prima che diventi pericoloso per la scuola? Il software mette a disposizione una serie di informazioni di teoria, test chimici e fisici e la possibilità di farlo reagire con 6 sostanze. Gli interventi cognitivi consistono nel far lavorare gli studenti in piccoli gruppi secondo un metodo cooperativo e i risultati dicono che c'è un effetto positivo sulla capacità di risolvere i problemi.

Jarkko Lampiselkä ha presentato "Designing a web-based learning environment of chemistry didactics for primary school teacher education". In Finlandia, il curriculum nazionale per la prima volta ha introdotto specifici contenuti di chimica e dato che la preparazione degli insegnanti elementari in chimica è in genere modesta, è stato progettato uno studio sui bisogni degli insegnanti rispetto al materiale online. I dati sono costituiti da un questionario sottoposto a 44 maestri che partecipavano ad un corso di educazione scientifica. Il lavoro pratico del laboratorio viene visto in modo positivo anche perché genera un senso di autonomia.

La produzione del materiale è iniziata e i fenomeni chimici vengono collegati alla vita di ogni giorno. Vengono forniti suggerimenti pedagogici e l'introduzione agli esperimenti di laboratorio viene fatta nella forma di una storia accattivante. Il software è accompagnato da due manuali, uno per l'insegnante e uno per gli studenti.

Pirjo Pietikäinen ha presentato "Virtual learning environment (VLE) in activation of learning process". I metodi moderni di comunicazione e le tecnologie informatiche facilitano la collaborazione didattica tra le università portando ad un risparmio di risorse. Il corso *Modern methods for polymer analysis* è stato organizzato da due diverse università, con materiale VLE e con nove lezioni svolte da specialisti.

Per la trentina di studenti frequentanti non sono previsti esami, ma diari, saggi, riassunti, lavoro seminariale, discussioni; ogni settimana era loro richiesto di scrivere qualcosa sull'argomento del corso. Sebbene lo studio virtuale non abbia costrizioni di luogo e di tempo, spesso resta virtuale: nel complesso gli studenti hanno usato molto poco l'ambiente VLE, benché fossero MS, Ph.D. e in-

segnanti di chimica.

L'ultima presentazione prima della sessione poster è stata quella di Omar Gil-Posada: "Staff attitudes to e-Learning in the analytical chemistry industry". L'efficacia dell'e-Learning è ancora dibattuta; la presentazione ha riguardato lo studio delle attitudini degli studenti verso un corso per HPLC.

Il primo di settembre è iniziato con la conferenza plenaria di Mare Taagepera "Knowledge space theory (KST): application in chemical education". La teoria degli spazi della conoscenza è stata sviluppata da Jean-Claude Falmagne, dell'University of California a Irvine [3, 4]. Con un semplice esempio si può illustrare cosa sono gli spazi della conoscenza. Immaginiamo tre operazioni algebriche fatte da tre studenti:

Operazione	Studente 1	Studente 2	Studente 3
3 + 3	6	6	9
2 + 2 + 2	6	4	6
3 + 2	5	6	6

Benché tutti e tre hanno sbagliato 1 sola operazione, lo stato della loro conoscenza è differente. KST postula che le strutture logiche possono essere costruite pensando ai concetti in forma gerarchica.

Gli studi svolti dall'autrice hanno riguardato la stechiometria [5] e temi importanti della chimica organica: la distribuzione elettronica, la stereochemica e i moti molecolari [6]. L'applicazione di questa metodica permette di individuare i punti critici per gli studenti, dove con più facilità si possono trovare idee sbagliate. KST è stata la metodologia utilizzata in studi presentati in tre comunicazioni poster.

Michael Tausch ha presentato "Live Experiments in Chemistry Teaching – What is needed?"; una serie di esperimenti che utilizzano la luce, pensati per spiegare organometalli e materiali nanostrutturati a studenti di chimica. Quando si progetta un esperimento è importante chiedersi cosa possono imparare gli studenti facendo o vedendo l'esperimento; se non porta un beneficio cognitivo il laboratorio rischia di essere una perdita di tempo e di denaro [7].

La sessione è continuata con la comunicazione di Jan Apotheker, "Implementation of cooperative learning in the chemistry classroom". Dopo aver presentato il sistema scolastico olandese, ha presentato il metodo cooperative learning. L'utilizzo di questo metodo noto è stato adattato e la particolarità consiste nel far risolvere un problema da uno studente del gruppo cooperativo e poi farlo correggere dagli altri componenti il gruppo. I gruppi vengono formati considerando aspetti sociologici e dopo un test sulle abilità, in modo che ogni gruppo sia formato da studenti con abilità diverse.

Nataša Gros ha presentato "Low cost easily upgradeable analytical instruments – Novel extended experimental opportunities for schools". Nella scuola secondaria la

chimica analitica strumentale non esiste anche per il costo degli strumenti. Dato che in Slovenia era stato costruito e brevettato uno spettrometro con tre colori (blu, verde e rosso), insieme all'Inghilterra e Portogallo hanno partecipato ad un progetto Leonardo da Vinci. È stato anche progettato un semplice gas-cromatografo ed uno strumento per cromatografia liquida. Con questi apparecchi sono stati sviluppati 40 esperimenti ed è stato preparato un manuale. Maggiori informazioni all'URL: <http://www.ntfkii.uni-lj.si/analchemvoc>.

Odilla Finlayson ha presentato "Sustaining science – Smoothing the transition". Avere degli studenti interessati nelle scuole secondarie verso le scienze è uno scopo importante; così hanno pensato di studiare la transizione tra scuola primaria e secondaria; la seconda parte del progetto verificherà se gli stessi fattori sono importanti nella transizione tra scuola superiore e università. Evidenze accumulate in studi precedenti dicono che l'interesse che nasce negli studenti nelle scuole elementari si perde nelle scuole secondarie sia per la ripetizione degli argomenti e sia perché le loro capacità rispetto a ciò che sono capaci di fare sono sottostimate.

Sono state scelte 12 scuole secondarie e sono state studiate le aspettative degli studenti elementari delle 15 scuole che poi frequenteranno le 11 scuole secondarie oggetto della seconda parte dello studio. Dai dati fino ad ora raccolti risulta che l'interesse degli studenti non è correlato a ciò che imparano quanto piuttosto a come lo imparano. Ovvero, sono gli insegnanti che fanno la differenza.

Christine O'Connor ha presentato "Contextualising nanotechnology in chemistry education": ci sono molti motivi per includere le nanotecnologie (le scienze nano-studiano oggetti di dimensioni tra 1 e 100 nm) nel programma e si pone il problema da dove partire, visto che non ci sono esperienze didattiche pregresse. Nella Dublin Institute of Technology, dal 60 all'80% degli studenti non hanno idea cosa siano le nanoscienze.

Per motivare gli studenti, l'insegnamento viene contestualizzato mostrando le potenzialità delle nanotecnologie, collegandolo alle ricerche nelle industrie e ai prodotti della nanochimica che già sono disponibili e usati ad esempio nella cosmesi. Gli studenti hanno mostrato maggior interesse verso le nanomedicine; l'uso di modelli 3D e le animazioni in DVD sono state utilizzate per la visualizzazione della scala nano.

Nenad Judaš ha presentato "The historical experiment in context of modern chemistry teaching"; la ripetizione di esperimenti fatti oltre 100 anni fa, inclusi gli esperimenti del progetto "10 esperimenti chimici che hanno cambiato il mondo". Uno di questi è la reazione tra $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ e KNO_3 , che per distillazione produce acido nitrico. Alcuni esperimenti sono stati modificati e adattati per dimostrazioni in classe e per la competizione nazionale di chimica in Croazia.

Le dimostrazioni in classe vengono condotte in questo

modo: gli studenti rispondono a delle questioni preliminari, seguendo la procedura scritta fanno l'esperimento e scrivono le loro osservazioni. Poi segue in dibattito guidato dall'insegnante con una serie di domande per sfidare le conoscenze degli studenti.

Per la competizione nazionale sono state fatte più di 100 dimostrazioni coinvolgendo circa 7.000 studenti. Dalle evidenze della letteratura risulta che gli esperimenti possono essere importanti anche per acquisire abilità cognitive. Ma dipende da come vengono proposti e utilizzati. Anche in questa presentazione è stato detto che gli studenti non riescono ad osservare in modo sufficiente. L'osservazione è guidata da ciò che si conosce e gli esperimenti vanno organizzati in modo che gli studenti possano pianificare, misurare, osservare, analizzare i dati, prendere delle decisioni e interpretare le evidenze. E per raggiungere questo livello, l'insegnante deve lavorare più degli studenti.

A causa dell'allungamento nelle presentazioni, era ora di pranzo quando Georgios Tsapalis ha presentato "Contribution of the electronic journal Chemistry Education Research and Practice to the maturation of European chemistry education research and practice". Il giornale elettronico è nato nel 2000, con l'idea di pubblicare quanto presentato nella quinta ECRICE a Ioannina dai ricercatori ed educatori europei. Sono stati pubblicati 5 volumi con una media di 400 pagine per volume. Ora è diventata una rivista internazionale e viene pubblicata dalla Royal Society of Chemistry (<http://www.rsc.org/Education/CERP/index.asp>).

Nel pomeriggio Benő Csapó ha presentato "Forms of chemistry knowledge: potentials of chemistry education in shaping students' minds". In questi ultimi anni nei curriculum delle scuole superiori è diminuito il tempo per l'insegnamento delle materie scientifiche e studi internazionali come PISA (Programme for International Student Assessment), TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) e DeSeCo (Definition and Selection of Key Competencies) evidenziano che in molti paesi la preparazione degli studenti diminuisce.

La missione dell'educazione scientifica deve essere ridefinita con nuovi compiti, come contribuire allo sviluppo delle abilità cognitive e insegnare a ragionare attraverso il contenuto della disciplina: abilità queste che vanno oltre il programma tradizionale. Ha presentato i dati di un esperimento fatto in tre classi delle medie inferiori in cui la presentazione delle pile è stata fatta utilizzando il ragionamento analogico con fenomeni che esistono in natura. L'esperimento ha dimostrato che attraverso l'apprendimento della chimica si migliorano le abilità di ragionamento degli studenti.

Ho seguito la sessione "apprendimento significativo" dove József Gyulai ha presentato "Nanochemistry and chemical education". Siamo raggiungendo i limiti delle risorse del nostro pianeta ed è perciò necessario usare sia meno materiali che l'energia in modo più efficiente e in

questo le nanotecnologie possono aiutare. Per questo è importante non mortificare l'interesse degli studenti verso le scienze, che si sviluppa nell'età 8-15 anni ed ha argomentato come le barriere tra le discipline scientifiche siano artificiali e il nostro futuro sia nelle mani degli insegnanti.

Ha presentato alcune nanorealizzazioni, come dei biomotori, sia naturali che artificiali e sensori basati su nanotubi funzionalizzati che possono riconoscere i vapori, che lui ha contribuito a sviluppare.

Sono seguite alcune comunicazioni sulle idee scientifiche non conformi (misconcezioni); senza nulla togliere alla serietà degli studi e bontà delle presentazioni, ho difficoltà a trovare interessanti. Christina Stefani ha presentato uno studio sulle idee degli studenti rispetto agli orbitali atomici, agli orbitali molecolari e all'ibridizzazione. Non mi stupisco affatto delle idee sbagliate degli studenti; anch'io ho delle idee confuse. La formazione mentale tra i corsi di chimica fisica e chimica organica è molto diversa e la chimica è una disciplina così vasta e complessa che è raro trovare un collega veramente esperto in questi differenti settori. Ciò consiglierebbe una moratoria in questo tipo di ricerche.

Sono seguite comunicazioni sulle difficoltà degli studenti nel capire i concetti della chimica delle soluzioni. Aytekin Cokelez ha presentato una comparazione delle idee di studenti (sono stati coinvolti oltre 500 studenti delle superiori) francesi e turchi sulle reazioni acido-base.

A conclusione del congresso c'è stata la dimostrazione di Viktor Obendrauf: "Whipped cream and soda siphon chargers – Twins from the supermarket for chemical education". La novità rispetto allo spettacolo fatto a Seoul sono stati gli esperimenti con CO₂ e N₂O. Come era stato fatto osservare all'ICCE nel 2000, questi spettacoli sarebbero utili in video, per poter essere riprodotti in classe e visti da tutti gli studenti, in quanto non tutti gli insegnanti dispongono delle apparecchiature tecniche necessarie. Nella serata c'è stata la cena sociale, molto suggestiva perché fatta su un battello che ci portava lungo il Danubio.

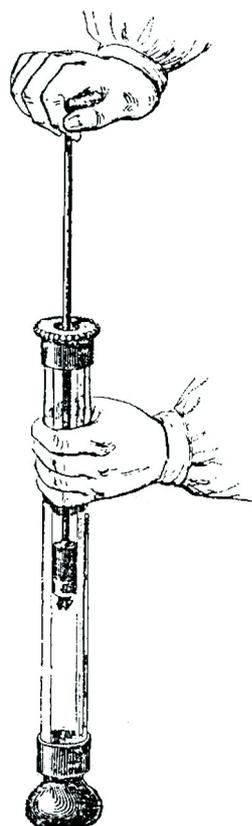
Siamo stati informati del prossimo 41° congresso IUPAC che avrà luogo a Torino, dal 5 all'11 agosto 2007 e avrà come titolo "Chemistry Protecting Health, Natural Environment and Cultural Heritage" e dove è prevista una sessione per la didattica: Advances in Chemical Education.

Al congresso è seguita la riunione della divisione Chemical Education dell'EuChemS; erano presenti 14 delegati dei vari paesi europei. La prossima Euro-Variety avrà luogo a Praga, presso la Charles University, dal 27 al 30 giugno 2007 e la chairperson è la Prof. Hana Čtrnáctová; per informazioni: eurovariety@natur.cuni.cz.

Il prossimo congresso ECRICE non è stato fissato in quanto ci sono due candidature: Istanbul e Cracovia.

Bibliografia

1. H.-D. Barke, Chemical Education and Spatial Ability, *J. Chem. Educ.*, 1993, 70, 968-971.
2. H.-D. Barke, The Structure – Oriented Approach Demonstrated by Interdisciplinary Teaching of Spatial Abilities. In: *Scientific Literacy*, W. Gräber, C. Bolte (Eds.), p. 377-390. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN): Kiel, 1997.
3. J.-P. Doignon, J.-C. Falmagne, *Knowledge Spaces*, Springer-Verlag: London, 1999.
4. A.D. Lukas (Ed.), *Knowledge Spaces: Theories, Empirical Research, and Application*, Erlbaum: Mahwah, NJ, 1999.
5. M. Taagepera, F. Potter, G.E. Miller, K. Lakshminarayan, Mapping Students' Thinking Patterns by the Use of the Knowledge Space Theory, *Int. J. Sci. Educ.*, 1997, 19, 283-302; R.D. Arasasingham, M. Taagepera, F. Potter, S. Lonjers, Using Knowledge Space Theory to Assess Student Understanding of Stoichiometry, *J. Chem. Educ.*, 2004, 81, 1517-1523;
6. R.D. Arasasingham, M. Taagepera, F. Potter, I. Martorell, S. Lonjers, Assess the Effect of Web-Based Learning Tools on Student Understanding of Stoichiometry Using Knowledge Space Theory, *J. Chem. Educ.*, 2005, 82, 1251-1262.
7. M. Taagepera, S. Noori, Mapping Students' Thinking Patterns in Learning Organic Chemistry by the Use of Knowledge Space Theory, *J. Chem. Educ.*, 2000, 77, 1224-1229; M. Taagepera, R.D. Arasasingham, F. Potter, A. Soroudi, G. Lam, Following the Development of the Bonding Concept Using Knowledge Space Theory, *J. Chem. Educ.*, 2002, 79, 756-762; M. Taagepera, et al., How students Think About Stereochemistry, *J. Chem. Educ.*, under revision.
8. S.J. Hawkes, Chemistry Is *Not* a Laboratory Science, *J. Chem. Educ.*, 2004, 81, 1257.



Combinaison
de l'oxygène et de
l'hydrogène par com-
pression brusque.



Tipologie dell'aggiornamento



Gentile collega, I membri più attivi e, si spera, più competenti della DD-SCI periodicamente vengono interpellati per organizzare corsi di aggiornamento destinati agli insegnanti di chimica. La committenza è talvolta ministeriale oppure fa capo alle Sovrintendenze Scolastiche Regionali, le richieste di aggiornamento che pervengono, a parte alcune indicazioni di massima, hanno spesso un carattere molto generico infatti si lascia alla contrattazione tra docenti e aggiornatori il compito di definire i contenuti dell'aggiornamento stesso oppure si dà per sottinteso che l'aggiornamento consista in una sorta di ripetizione delle lezioni universitarie.

Per stabilire la natura e il livello delle lezioni si fa riferimento soprattutto alla classe di concorso dei docenti interessati, meno frequentemente al tipo di scuola dove i docenti lavorano, raramente allo specifico insegnamento.

I docenti per un errato senso di orgoglio professionale sono reticenti a esprimere i loro bisogni di aggiornamento e questo spiega in parte la genericità degli interventi. I corsi specializzati, focalizzati su problemi di particolare importanza richiedono di essere organizzati a livello nazionale, con movimento di risorse e messa a punto di meccanismi per il controllo e il riconoscimento dei meriti acquisiti, meccanismi questi che comportano una lievitazione della spesa. Infine è sempre presente la sotterranea convinzione che l'insegnamento sia fatto soprattutto di sbrigativa comunicazione verbale.

Il primo passo verso l'innovazione consisterebbe nel riportare alla luce la complessità e la ricchezza culturale dell'insegnamento e, di conseguenza, dell'aggiornamento. La domanda di aggiornamento è potenzialmente molto variegata in quanto le tipologie dell'aggiornamento necessariamente riflettono le tipologie dell'insegnamento e nello stesso tempo ne evidenziano le tematiche comuni.

L'aggiornamento si caratterizza per i contenuti disciplinari a cui fa riferimento, ma ciascun contenuto a sua volta assume connotazioni didattiche diverse con il variare del livello scolastico.

L'esperienza suggerisce di distinguere tra le seguenti fasce di livello: scuola elementare, scuola media, biennio iniziale della scuola secondaria superiore e biennio finale

della scuola secondaria superiore.

Queste diversificazioni, come più volte è stato detto, sono correlate in prima approssimazione ai differenti livelli di sviluppo culturale e cognitivo degli allievi.

Tuttavia la suddetta distinzione è insufficiente perché, data la specificità dei singoli piani di studio, gli interventi dovranno caratterizzarsi diversamente in corrispondenza dei differenti tipi di licei o di scuole tecniche.

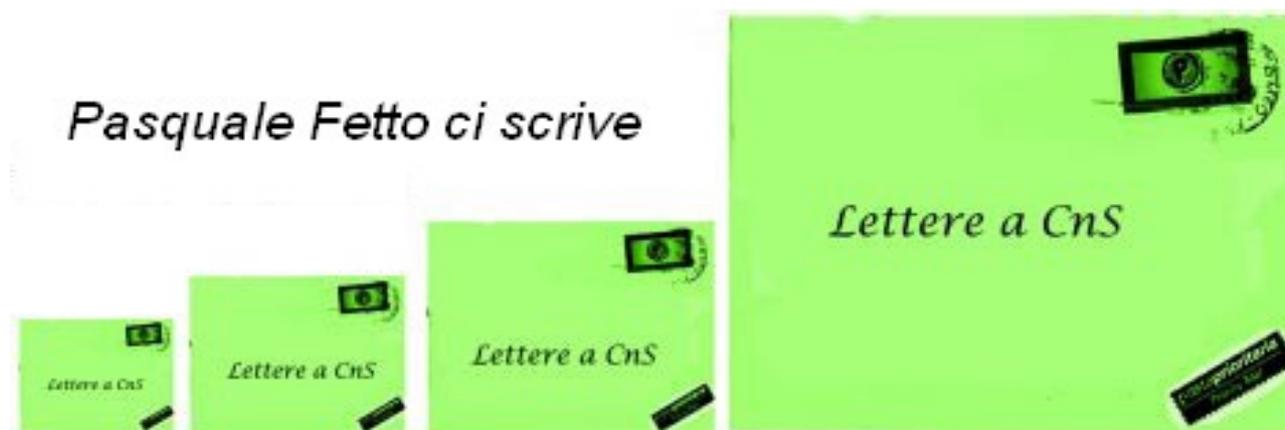
Sotto un altro punto di vista l'aggiornamento deve recuperare i contenuti culturali degli insegnanti caduti in obsolescenza, aggiornare le conoscenze dei docenti in base all'evoluzione delle conoscenze scientifiche, avanzare nuove proposte circa le modalità dell'insegnamento con l'intento di aumentarne sia l'efficacia che l'efficienza, mettere a confronto in modo critico le esperienze delle varie scuole, rinverdire i contatti con università e mondo del lavoro.

Bisogna mantenere aperta la distinzione tra conoscenze didattiche e conoscenze disciplinari considerato che le conoscenze del docente, essendo di natura scientifica, fanno capo in qualche modo alle procedure della ricerca, mentre le conoscenze da trasmettere ai discenti sono semplificate, rielaborate e riorganizzate dal corpo docente (non nei libri di testo ma con l'aiuto dei libri di testo!).

Questo tipo di rielaborazione è tanto più complesso e delicato quanto più si scende di livello scolastico, laddove gli aspetti psicologici tendono a prevalere rispetto ai contenuti scientifici; in altre parole la comunicazione didattica ha una sua imprescindibile specificità che la distingue dalla comunicazione scientifica.

Riepilogando, con riferimento a ciascun livello cognitivo e a ciascun tipo di scuola e con riferimento alle basi sulle quali poggia la professionalità dei docenti, abbiamo due grandi categorie di aggiornamento: recupero e rinforzo culturale dei docenti e innovazione della didattica.

Gentile collega, ho voluto con questa lettera comunicarti qualche mia riflessione sull'aggiornamento nella speranza di conoscere le tue idee, cosa possibile attraverso la rubrica "Lettere a CnS". Ti saluto e rimango in attesa delle tue osservazioni.



La medaglia “Gabriello Illuminati” conferita al prof. Paolo MIRONE

Ritengo di far cosa utile per coloro che si interessano di didattica della Chimica ricordare la figura di Gabriello Illuminati, uno dei protagonisti della Chimica italiana verso la metà del novecento.

Pur non avendolo conosciuto personalmente, operando nell’ambito della nostra associazione da diversi decenni, non poteva sfuggirmi la sua appassionata e continua opera tesa a sottolineare l’importanza della didattica e della ricerca in didattica chimica. La consapevolezza di questa importanza gli derivava dalla sua interazione con il mondo chimico internazionale e dal suo spirito interdisciplinare; sottolineo che è all’opera di Gabriello Illuminati che si deve, negli anni ’70, la costituzione nell’ambito della SCI di una commissione per la Didattica.

Vorrei ricordare quanto scritto dal prof. Paolo Edgardo Todesco a conclusione di un breve ricordo in occasione della sua scomparsa. *“Ci sembra del tutto opportuno che La Divisione di Didattica, analogamente a quanto già fatto da altre divisioni della SCI, si faccia promotrice di un premio a cadenza pluriennale da assegnare nel campo della Didattica Chimica, da intitolare al prof. Gabriello Illuminati, per ricordarlo. Nel suo ricordo continueremo ad operare anche in futuro cercando di portare a termine tutte le iniziative da Lui indicateci, sia con le parole che con le azioni, negli anni di lavoro comune. Sappiamo che questo è proprio ciò che Lui vorrebbe da noi”.* (Paolo Edgardo Todesco, *CnS – La Chimica nella scuola*, n. 1, 1986). L’opportunità prospettata dal prof. Todesco fu accolta dalla SCI e già nell’anno 1986/1987 fu bandito un concorso, “Premio Gabriello Illuminati”, rivolto ad allievi della scuola media e della scuola superiore. Purtroppo negli anni successivi il concorso non fu più rinnovato.

Recentemente la Divisione di Didattica ha ritenuto opportuno convertire il premio in una medaglia “Gabriello Illuminati” da conferire a cadenza triennale in occasione del Congresso Nazionale della SCI.

Di seguito riporto l’estratto del verbale del Consiglio Cen-

trale della SCI del 8/maggio/2006 da cui si evince l’approvazione della proposta della Divisione.



Prof. Paolo Mirone

Il giorno 8 Maggio 2006 alle ore 10:30, a seguito di regolare convocazione, si è tenuta a Roma presso la Sede della Società Chimica Italiana, Viale Liegi 48, la riunione del Consiglio Centrale della Società Chimica Italiana per discutere il seguente o.d.g.:

... omissis...

Punto 8. Medaglia Gabriello Illuminati istituita dalla Divisione di Didattica Chimica

Per onorare la memoria del Professor Gabriello Illuminati, il quale fu promotore della didattica e della ricerca in didattica chimica in Italia, fu istituito negli anni passati dalla Divisione di Didattica Chimica il “Premio Gabriello Illuminati”, rivolto a gruppi di allievi della scuola media e della scuola secondaria superiore

ed alle corrispondenti scuole. Il concorso, bandito per la prima volta nell'a.s. 1986/1987, precisa il Prof. De Angelis, non è stato più rinnovato negli anni successivi.

La Divisione di Didattica Chimica ha ritenuto dunque opportuno convertire il citato premio proponendo la istituzione della medaglia "Gabriello Illuminati", per ono-rare personalità distintesi per attività nel campo della didattica chimica. La medaglia viene conferita periodicamente (ogni tre anni) dalla Divisione di Didattica Chimica in occasione del Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana.

E' stato dunque predisposto il regolamento (All. 8) da sottoporre all'approvazione del C.C..

Per quanto riguarda l'assegnazione della medaglia del corrente anno (2006), precisa il Prof. De Angelis, la Divisione ha chiesto che le spese (ca. 400,00 Euro) fossero sostenute dalla SCI Sede. Vista la particolarità del ruolo che assume la Divisione di Didattica a livello di rappresentatività della SCI nel suo complesso, il Prof. De Angelis reputa opportuno che la Sede si faccia carico degli oneri relativi per l'anno 2006.

Nell'occasione della V Conferenza Nazionale, svoltasi a Firenze nell'ambito del Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, la Divisione di Didattica Chimica ha deciso di conferire la medaglia "Gabriello Illuminati" al prof. Paolo Mirone. Questa decisione è stata per me motivo di grande soddisfazione. Ho avuto modo di conoscere il prof. Mirone durante la sua permanenza presso il Dipartimento di Chimica 'G. Ciamician' dell'Università di Bologna e successivamente come Direttore della Rivista CnS-La Chimica nella Scuola.

L'impegno profuso dal prof. Mirone nella didattica chimica e nella ricerca in didattica mi erano ben noti, ma la stretta collaborazione, durante la direzione della Rivista, mi ha portato ad apprezzare le sue innate doti di gentilezza e disponibilità. Riporto qui di seguito la motivazione del conferimento della medaglia, letta dal prof. Rinaldo Cervellati in occasione della consegna.

Paolo Mirone, professore emerito nell'Università di Modena, ha iniziato la sua carriera accademica nel 1952 come assistente di Chimica Fisica nella Facoltà di Scienze dell'Università di Bologna. Nel 1965 viene nominato professore straordinario di Spettroscopia Molecolare nella Facoltà di Scienze dell'Università di Modena e dal 1986 al 1998 ha occupato la Cattedra di Chimica Fisica nella stessa Facoltà.

Ha ricoperto numerose cariche accademiche, fra cui: Direttore dell'Istituto di Chimica Fisica, Presidente del

Consiglio di Corso di Laurea in Chimica, Preside della Facoltà di Scienze, Rappresentante dei professori ordinari nel Consiglio di Amministrazione dell'Università di Modena, Direttore del Dipartimento di Chimica, distinguendosi sempre per imparzialità e saggezza.

Le sue ricerche chimiche sono state rivolte principalmente nel campo della spettroscopia infrarossa, con contributi decisivi per lo sviluppo della spettroscopia Raman in Italia e all'estero.

Da circa venticinque anni si occupa di ricerca in Didattica Chimica a livello secondario e universitario. In particolare il suo interesse si è rivolto all'analisi dei più diffusi libri di testo per le scuole secondarie, all'esame critico dei modi in cui sono presentati, a livello sia secondario che universitario, i concetti fondamentali della chimica e all'indagine sulla comprensione di alcuni di tali concetti da parte degli studenti universitari di chimica. La sua attività in questo campo è testimoniata da più di quaranta pubblicazioni sia su riviste nazionali che internazionali, oltre a numerose recensioni comparse su CnS-La Chimica nella Scuola, giornale di Didattica della Società Chimica Italiana. Uno dei suoi contributi più significativi nella ricerca in didattica della chimica è l'aver mostrato che il grafico della radice quadrata delle energie di progressiva ionizzazione degli elementi in funzione del numero atomico suggerisce in maniera quasi immediata le successione dei livelli energetici permessi per gli elettroni negli atomi. I risultati di questo originale lavoro, pubblicato nel 1991 nella prestigiosa rivista internazionale Journal of Chemical Education, sono stati utilizzati per spiegare la natura elettronica degli atomi in molti libri di testo e manuali scolastici.

Paolo Mirone è stato coordinatore del progetto strategico di ricerca su "Insegnamento e apprendimento della chimica in Italia" a cui hanno partecipato nove gruppi di ricerca di altrettante Università. Tale progetto ha fruito, per tutto il periodo del suo svolgimento di un contributo del MURST sui fondi "40%" destinati alla ricerca scientifica.

Il Professor Mirone è stato uno dei promotori del 'Corso di Perfezionamento in Chimica a indirizzo didattico' dell'Università di Modena, primo nel suo genere e laboratorio per le future Scuole di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario (SSIS). Nella SSIS di Modena-Reggio Emilia il professor Mirone è tuttora attivo.

Infine, il professor Paolo Mirone è stato fra i fondatori della rivista CnS-La Chimica nella Scuola, di cui è stato direttore dal 1994 al 2003.

La Danza del Cosmo



Giuseppe Del Re

La Danza del Cosmo, (Torino: Utet-libreria 2006), 404 pp. Trad. completamente rivista dall'autore dall'originale inglese "The Cosmic Dance" (Philadelphia: Templeton 2000). 20,00 Euro.

Il libro che presentiamo ai nostri lettori è uno di quei pochi che dovrebbero interessare e coinvolgere sia i ricercatori interessati a cogliere la portata culturale del loro lavoro, sia, ovviamente, tutti gli insegnanti di materie scientifiche. Questo perché le sue pagine tentano di rispondere, in modo serio ed avvincente, ai molti interrogativi che si pongono studenti e ricercatori impegnati nel mondo della scienza., interrogativi che sfociano nell'unico problema generale, «come è fatto e come funziona il mondo?»

L'autore, chimico teorico e filosofo della scienza, ci propone a questo scopo un autentico viaggio di esplorazione nei nuovi "territori" scoperti dal pensiero, alla ricerca del significato dei nuovi concetti apparsi recentemente sulla scena della scienza, – l'evoluzione dell'universo, l'emergenza di ordine, il caos deterministico, il codice genetico –, e delle discipline cui hanno dato origine, come la scienza dell'informazione, la scienza dei sistemi e la biologia integrazionista.

Trattandosi di un viaggio, occorre anzitutto una «bussola» che, in una ricognizione generale sull'universo, ha la forma di una metafora 'cosmologica', cioè di un'immagine familiare che consente alla mente di scoprire insospettite relazioni materiali o ideali tra gli oggetti che costituiscono l'universo. Già l'astronomia greca assegnò questa funzione alla figura delle sfere celesti con la loro musica, mentre la scienza del '600 presentò la cosiddetta «metafora dell'orologio», sui cui si fondò il meccanicismo.

L'immagine cui oggi si può fare riferimento per una visione d'insieme dell'universo, da integrare successivamente con i punti di vista delle scienze dell'uomo, è quella della Grande Danza di tutte le cose, cioè l'idea che il divenire dell'universo sia una rete di segrete relazioni fra tutti gli enti che ne fanno parte, noi compresi. La Danza, recuperando l'antichissima idea dell'armonia del mondo, sottolinea l'importanza di tutte le relazioni, e non solo quelle meccaniche dirette fra causa ed effetto, nello stesso tempo lasciando spazio alle novità di ogni tipo, dalla nascita di una stella alle innovazioni tecniche dell'uomo.

Guidato dalla «bussola» della Grande Danza, il libro comincia con l'esplorare alcuni tra i più importanti termini della scienza del nostro tempo: forma e informazione, unità e identità, irreversibilità e divenire, caos e ordine, informazione e comunicazione, complessità e disordine, coerenza e irreversibilità, organizzazione e *feedback*, caso e necessità.

Per molti dei suddetti termini è fortissima in chiunque ne scrive la tentazione dell'approssimazione e della superficialità: come resistere per esempio all'irresistibile inclinazione, da cui non sono immuni neanche alcuni tra i più illustri scienziati, di usare e abusare dell'espressione «emergenza dell'informazione» a proposito della comparsa della vita? Il libro di Del Re percorre una strada diversa, attenta a quei principi e relazioni che consentono di cogliere l'unità di un universo indicibilmente vasto e vario, sicché comincia parlando di informazione e di ordine, facendo vedere come l'ordine non sia solo quello che si può fare in un cassetto, ma consista invece in determinate relazioni fra cose e processi per cui ciascun elemento ha il suo posto o la sua funzione. Il mondo fisico è fatto di cose, fatte a loro volta di altre cose, tutte con un'identità propria. Ma le cose cambiano, le cose «divengono», e il «divenire», a sua volta, si può decomporre in «processi» di due tipi, deterministici e stocastici. Nel primo caso gli eventi formano una catena in cui ognuno determina l'altro; nel secondo, ogni evento è seguito da altri in base a certe «regole di selezione», ed è forse questo il tipo di processo con cui si sono formate nuove specie di viventi.

L'alternativa determinismo-stocasticità conduce l'autore all'esplorazione di aspetti della realtà veramente sorprendenti di solito da ossimori molto suggestivi: caos deterministico, formazione di ordine dal disordine, auto-organizzazione, autopoiesi e il paradosso del caso creatore. Di fronte al «caso», per esempio, la scienza, che per sua natura cerca soltanto delle regolarità, ha dovuto riconoscere che certi eventi, come l'incontro fra gameti nella generazione sessuata dei viventi, sono in larga misura casuali, anzi è per questo che ogni essere umano è unico e irripetibile.

La metafora della Danza ci potrebbe aiutare a capire questo strano aspetto del mondo?

La risposta, molto articolata e suggestiva, è sì, e l'idea è che i danzatori interpretano tutti la stessa sinfonia, i temi

sono quindi gli stessi per tutti, ma l'interpretazione di uno stesso tema non è mai esattamente la stessa. La Danza allora suggerisce che il “caso”, contrariamente a quello che di solito si pensa, invece che essere un sintomo di disordine, è ciò che assicura la sempre più grande varietà dell'universo. La prima parte del libro si conclude dunque con l'affermazione che vi sono «certi eventi, come la comparsa di singoli danzatori o di fluttuazioni estremamente improbabili, non sono determinati dalle leggi che la scienza ha scoperto o almeno supposto – anche se ad esse si conformano. Per la scienza quegli eventi sono dovuti al “caso”, intendendo che le loro cause, se esistono, si debbono trovare per *vie* che non sono quelle sue proprie». La seconda parte dell'opera integra la visione dell'universo che esce dalla scienza con quelle altre “vie” di cui parla l'Autore e che costituiscono il punto di vista delle scienze dell'uomo. Dopo un'accurata analisi della questione dell'ambiente e della scienza ambientale, descrivendo in questa cornice il “posto” che compete all'uomo nell'ambiente in cui vive, si cerca di capire in che modo l'uomo e l'ambiente sono integrati nell'universo, e agendo l'uno sull'altro. La risposta passa anche attraverso “vie” ignote alla scienza tradizionale, dal momento che il riconoscimento dell'unità della natura implica di tenere nel conto totale delle cose e delle idee non solo le relazioni causa-effetto della fisica newtoniana, ma anche le antiche dottrine ispirate dalla credenza nell'armonia del mondo, come la Kabala, la magia e l'alchimia, con le “strane” parole che ne raffigurano la dottrina: corrispondenze, simpatie, influenze.

In particolare sull'alchimia, da cui discende la chimica, il Nostro nota come essa, differendo profondamente dall'astronomia che cercava di trovare una rappresentazione dell'universo in termini di cerchi ed ellissi, ha mirato sin dal principio a scoprire il modo di emulare le trasformazioni che in natura si verificano nei vulcani e

negli esseri viventi. In questo suo approccio pratico alla conoscenza, l'alchimia è la vera madre della tecnica, «perché la tecnica non è soltanto la produzione e il miglioramento degli strumenti che aiutano le persone nelle loro operazioni ordinarie, ma anche progettazione e realizzazione di dispositivi, processi e materiali che consentono di “*comprendere facendo*”. Tuttavia, a differenza della tecnica moderna, l'alchimia coinvolgeva chi la praticava anche in un sistema di teorie mistiche. In questo senso, l'alchimista era un “iniziato”, essendo impegnato in ricerche con cui si proponeva come apprendista o concorrente degli dèi, dai quali implorava, con un rituale spesso molto complesso, il potere di agire sulla materia per trasformarla. All'alchimista veniva così richiesto un notevole impegno spirituale come condizione per il successo della sua attività. Dietro le parole dell'alchimia, come della Kabala e della magia, Del Re individua come riscoperta dalla scienza contemporanea la grande realtà nascosta dietro l'idea di della “comunicazione” fra tutte le cose, sola garante della coerenza e dell'unità della Grande Danza dell'universo. E tuttavia, come possono comunicare oggetti che non pensano? La risposta all'enigma si può trovare solo navigando nell'oceano dei simboli, che appunto mettono in comunicazione gli oggetti inanimati con l'anima, la volontà, la mente, il libero arbitrio, lo spirito.

Dopo aver solcato quel mare incerto e controverso, il viaggio termina con una riflessione sulla scienza e sui limiti della certezza scientifica. Questo libro, rigoroso ma leggibilissimo, che racconta come si stia recuperando la smarrita unità del cosmo, si conclude con la poetica meditazione di congedo, da cui emerge il fatto che la scienza di oggi, pur offrendo un quadro armonioso dell'essere e del divenire dell'universo, è solo un punto di partenza per affrontare i problemi esistenziali connessi alla condizione umana.

***Il Nuovo Direttivo della Divisione
2007-2009***

Aldo BORSESE <i>(Genova)</i>	Presidente
Rosarina CARPIGNANO <i>(Torino)</i>	Past - President
Tiziano PERA <i>(Verbania)</i>	Vice Presidente
Pasquale FETTO <i>(Bologna)</i>	Segretario Tesoriere
Paola AMBROGI <i>(Reggio Emilia)</i>	Consigliere
Marilena CARNASCIALI <i>(Genova)</i>	Consigliere
Giacomo COSTA <i>(Trieste)</i>	Consigliere
M. Antonio FLORIANO <i>(Palermo)</i>	Consigliere
Sandro TORRONI <i>(Bologna)</i>	Consigliere
Francesca TURCO <i>(Torino)</i>	Consigliere

GIOCHI E ALIMPIADI DELLA CHIMICA**DATE GIOCHI DELLA CHIMICA
2007****FINALI REGIONALI**

SABATO 28 APRILE 2007 - ORE 10:00

PREMIAZIONI REGIONALI

SABATO 05 MAGGIO 2007

FINALE NAZIONALEVENERDI' 25 MAGGIO 2007
(24/26 MAGGIO A FRASCATI)**SELEZIONE OLIMPIONIC**

SABATO 26 MAGGIO 2007

ALLENAMENTO A PAVIA

11/16 GIUGNO 2007 e 9/13 LUGLIO 2007

PARTENZA PER LA RUSSIA

SABATO 14 LUGLIO 2007

OLIMPIADI IN RUSSIA

15/24 LUGLIO 2007 A MOSCA

XII Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica

FIRENZE 19-22 SETTEMBRE 2007

PRIMA Circolare

Il XII Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica, organizzato congiuntamente dal Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica (GNFSC) e dal Dipartimento di Chimica Organica "Ugo Schiff" dell'Università degli Studi di Firenze, con il patrocinio dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, e dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze, si terrà a Firenze nei giorni 19-22 settembre 2007, in una sede del centro storico della città.

Il Convegno comprenderà conferenze ad invito sui temi indicati qui di seguito e comunicazioni scientifiche. I temi principali del Convegno saranno:

- Chimica, ecologia e questione energetica;
- La scienza al femminile;
- Chimica e scienze della vita;
- Storia, fondamenti e didattica della scienze;
- Storia della scienza / della chimica in Italia nel secondo dopoguerra.

Nel 2007 cade il centenario della morte di Dmitri Mendeleev, e il Convegno ospiterà una conferenza celebrativa del grande chimico russo. Sono naturalmente previste anche le tradizionali sessioni dedicate a comunicazioni generali di storia della chimica.

Coloro che intendono presentare una comunicazione (20 minuti) sui temi indicati, o su di un tema pertinente ai fondamenti disciplinari, alla storia dell'alchimia, della chimica e dell'industria chimica, devono far pervenire titolo della comunicazione, riassunto (1 cartella), bibliografia (almeno 5 riferimenti), a marco.ciardi@unibo.it

entro e non oltre il 20 aprile 2007.

Si comunica fin da ora che, per necessità editoriali, i testi definitivi delle comunicazioni accettate e presentate al Convegno dovranno essere consegnati dagli autori entro e non oltre il 30 novembre 2007. Ulteriori informazioni, insieme con le norme editoriali, saranno comunicate ai relatori successivamente.

La quota di partecipazione, per le iscrizioni pervenute entro il 31 luglio 2007, sarà di 80 euro, ridotta a 40 euro per i soci del GNFSC, per gli insegnanti della scuola secondaria superiore e per il personale universitario non strutturato. Dopo tale data le quote saranno rispettivamente di 100 e 50 euro.

I versamenti vanno effettuati sul conto corrente postale **74760000** intestato a:

**Gruppo Nazionale Fondamenti e Storia Chimica GNFSC C/O ACCAD. NAZ. SCIENZE, VIA SIRACUSA, 7
- 00161 ROMA RM, specificando nella causale "Iscrizione convegno GNFSC Firenze".**

Durante i lavori del Convegno si terrà l'assemblea dei soci del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica.

Ulteriori informazioni, modalità di pernottamento e l'aggiornamento del programma saranno disponibili nella seconda circolare.

Il Presidente del Comitato Organizzatore, **Prof Antonio Guarna**

Il Presidente del Comitato Scientifico **Prof. Luigi Cerruti**

Giacomo Ciamician, genio della chimica e profeta dell'energia solare
Convegno storico-scientifico in occasione del 150° dalla nascita di Giacomo Ciamician

BOLOGNA 16-18 SETTEMBRE 2007
Aula Magna del Dipartimento G. Ciamician
Università di Bologna

PRIMA CIRCOLARE

Domenica 16 settembre 2007 ore 17-20

Aperitivo di benvenuto nell'atrio del Dipartimento G. Ciamician, percorso museale e intermezzo di musica da camera.

Lunedì 17 settembre 2007

Saluti da parte delle autorità accademiche

Sessione di Storia

Marco Taddia (Università di Bologna): *La vita operosa di Giacomo Ciamician*

Luigi Cerruti (Università di Torino): *La chimica italiana fra '800 e '900*

Daniela Taccone (Università di Bologna): *Ciamician uomo pubblico*

Testimonianze: Giorgio Nebbia (*gli allievi di Ciamician*), Yeghis Keheyan (*le origini armene di Giacomo Ciamician*)

Sessione di Chimica Organica

Diego Savoia (Università di Bologna): *Ciamician e la chimica del pirrolo*

Gianluca Nasini (CNR-Politecnico di Milano): *Ciamician e le sostanze naturali*

Angelo Albini (Università di Pavia): *Esibire modi forti? Nasce l'idea di una chimica verde*

Contributi scientifici

Martedì 18 settembre 2007

Sessione di Fotochimica

Vincenzo Balzani (Università di Bologna): *La Fotochimica da Ciamician ad oggi*

Devens Gust (Arizona State University): *A biomimetic approach to solar energy conversion*

Nicola Armaroli (ISOF-CNR di Bologna): *Materiali luminescenti e futuro dell'illuminazione*

Contributi scientifici

Sessione multitematica

Giorgio Orlandi (Università di Bologna): *Gli interessi chimico-fisici di Ciamician proiettati nell'attualità*

Goffredo Rosini (Università di Bologna): *Ciamician e la chimica delle piante*

Ferruccio Trifirò (Università di Bologna): *Dall'intuizione di Ciamician allo sfruttamento delle biomasse*

Contributi scientifici

Per Informazioni

Margherita Venturi

Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"

Università di Bologna

Via Selmi, 2 - 40126 Bologna, Italy

Phone: +39 051 2099543

Fax: +39 051 2099456

<http://www.ciam.unibo.it/photochem>

Leggere attentamente!

Informazioni generali

La rivista CnS – La Chimica nella Scuola si propone anzitutto di costituire un ausilio di ordine scientifico, 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. La redazione darà conferma dell'avvenuto ricevimento.

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. Deve essere riportata 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. E' 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@unibo.it - Indirizzo postale: Pasquale Fetto - Facoltà di Medicina Veterinaria - Via Tolara di Sopra, 50 - 40064 Ozzano Emilia (BO).