

ISSN 0392-5942

Anno XXXII, n. 2, 2010

Giornale di Didattica e Cultura della Società Chimica Italiana



CnS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA

DIDATTICA
STORIA
EPISTEMOLOGIA
AGGIORNAMENTO
ETICA



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



LA CHIMICA NELLA SCUOLA

Anno XXXII
Aprile - Giugno 2010

Direttore responsabile

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

Past-Editor

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

Redattore

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

Comitato di redazione

Liberato Cardellini, Marco Ciardi,
Valentina Domenici, Pasquale Fetto, Silvano Fuso,
Paolo Mirone, Fabio Olmi, Pierluigi Riani,
Silvia Ripoli, Paolo Edgardo Todesco,
Francesca Turco, Giovanni Villani

Comitato Scientifico

Aldo Borsese, Luigi Cerruti, Rinaldo Cervellati,
Giacomo Costa, Michele Antonio Floriano
(*Presidente della Divisione di Didattica*),
Franco Frabboni, Ezio Roletto, Giuseppe Valitutti,
Richard Zare.

Editing

Periodicità: Trimestrale (4 fascicoli all'anno)

Abbonamenti annuali

Italia euro 48 - Paesi comunitari euro 58
Fascicoli separati Italia euro 12
Fascicoli separati Paesi extracomunitari euro 15

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

Ufficio Abbonamenti

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

Copyright 1995 Società Chimica Italiana

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

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

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

Editore

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

Stampa

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

SOMMARIO

EDITORIALE	65
Chimica e licei di Michele A. Floriano	
Alfred Bernhard Nobel di Pasquale Fetto	67
Comunicare la proteomica. Riflessioni dal corso "Proteomica: saper fare per saper comunicare" di Valentina Domenici	70
Possibile introduzione di modelli quantomeccanici a livello di scuola secondaria superiore. Avvicinamento al concetto di orbitale - Parte I di Francesco Soldà	80
Il metodo dei rapporti ponderali per la determinazione delle masse atomiche relative, illustrato con modelli macroscopici. di P. Giannoccaro, G. Giannoccaro, F. Giovinazzo, F. Italiano, A. Lamacchia, V. Lamacchia, G. Palmisano, A. Pedone	88
Tra particelle e continuo, ovvero come i nostri alunni immaginano la materia: un'indagine quantitativa condotta nelle Scuole Medie Inferiori e Superiori di Ruggero Noto La Diega, Claudia Benedict, Claus Bolte	93
Scienza e tecnologia in Italia fino al 1945 di Alessandro Alberigi Quaranta	107

RUBRICHE

VARIE ED EVENTUALI	122
di Ermanno Niccoli	
LIBRI - RECENSIONI	124
DALLA DIVISIONE DI DIDATTICA	
VII Conferenza Nazionale della Divisione	III Cop

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

Chimica e licei

Gli ultimi mesi sono stati caratterizzati da un serrato dibattito sugli effetti del riassetto che ha interessato i Licei sia dal punto di vista dell'organizzazione e dei contenuti culminate nella pubblicazione dell'indicazioni nazionali definitive. Concordo con la maggior parte degli interventi, pubblicati nel forum della Divisione e inviati personalmente, riguardo il "trattamento particolare" riservato alla Chimica e sulle conseguenze che avrà sul piano professionale per molti docenti della Scuola.

Condivido le preoccupazioni, la delusione e lo sconforto espresso da molti ma ritengo che, al di là delle giustificate proteste anche nei confronti della Divisione, colpevole, agli occhi di alcuni, di non essere stata in grado di contrastare una tendenza generale che perdura ormai da anni, occorra trovare soluzioni efficaci e condivise per il presente e per gli anni a venire.

Come correttivo immediato, la DD-SCI ha chiesto e ottenuto che, almeno nel primo anno di attuazione della riforma, tutti i docenti di ruolo mantengano la propria cattedra e che, comunque, l'insegnamento "scienze naturali" venga affidato sia ad abilitati dell'attuale classe A013 sia a quelli della A060.

Tuttavia, credo che occorra interrogarsi sui motivi che hanno contribuito a determinare una situazione così pesante per la nostra disciplina. Questa riflessione può essere utile per delineare le strategie future, di prospettiva, se non per affrontare la situazione immediata. In quel che segue, cercherò di dimostrare che la nostra richiesta non scaturisce semplicemente da motivazioni pratiche ma ha una ben più ampia valenza culturale.

Il mondo della formazione non è avulso da contesti più generali in cui la Chimica è costantemente emarginata. È di questi giorni, per esempio, la notizia della seria crisi che ha investito importanti settori industriali di natura chimica (Glaxo, Alcoa) e non si può trascurare, in ogni caso, la radicale e(in?)voluzione dell'industria chimica nel nostro Paese.

I problemi legati alla "percezione" della Chimica da parte della società nel suo complesso sono sotto gli occhi di tutti e non passa giorno senza che qualche aggettivo non proprio lusinghiero accompagni il termine "chimica" nei mezzi di informazione.

È vero che, quando si diluisce un problema specifico in un contesto troppo ampio e complesso, si corre il rischio di perdere di vista l'obiettivo ma, nel nostro caso, non si può prescindere dalle condizioni al contorno. Non si può pretendere, solo con frasi a effetto e affermazioni di principio, che un piccolo gruppo di appassionati (quali noi siamo) venga automaticamente preso in seria considerazione al momento di compiere scelte importanti come quella della formazione scientifica delle generazioni future.

Inoltre, tornando allo specifico del riassetto della scuola secondaria, è mia convinzione che il risultato finale sia stato influenzato, forse in maniera determinante, anche da elementi che hanno poco a che fare con la chimica in sé ma che hanno trovato facilità di movimento nel colpire un obiettivo debole.

La sperimentazione del liceo scientifico-tecnologico (attivata quasi esclusivamente negli Istituti Tecnici), infatti, era stata così apprezzata da genitori e studenti da sottrarre ingenti "risorse" ai Licei ed è evidente, a mio avviso, il tentativo (apparentemente riuscito) di rimettere le cose in ordine.

Piuttosto che approfondire questioni che potrebbero apparire sterili (ma rispetto alle quali non credo che, come chimici, possiamo considerarci del tutto incolpevoli), in questo momento mi interessa affrontare alcuni temi più specifici.

Elencherò poche brevi considerazioni, alcune delle quali volutamente provocatorie, che mi serviranno per giustificare una possibile linea strategica che offro al dibattito di tutti gli interessati.

Sebbene le generalizzazioni siano sempre molto pericolose, mi sembra di potere affermare che:

- 1) la grande maggioranza di iscritti a corsi di laurea in chimica proviene dai licei dove, notoriamente, la chimica non è insegnata da un laureato in chimica. Forse non è vero che la diminuzione di insegnanti chimici negli Istituti Tecnici provocherà un calo sensibile nelle iscrizioni e, quindi, non utilizzerei questo argomento per rivendicare maggiori spazi per la chimica. Probabilmente, dovremmo occuparci più intensamente del calo generale del numero di ore dedicate alle discipline scientifiche in tutti gli istituti superiori. È vero che, statisticamente, il numero di periti chimici è minore (e, purtroppo, in continua diminuzione) di quello di studenti provenienti da altri istituti ma è anche vero (pur non disponendo di cifre precise) che, mediamente, chi proviene dai licei si laurea più in fretta e con risultati migliori;
- 2) il grande successo del Progetto Lauree Scientifiche (che ha coinvolto soprattutto i Licei), anche se misurato solo in termini di incremento nelle iscrizioni in corsi di laurea chimici, è da attribuirsi alla concreta interazione fra docenti universitari (chimici) e docenti della scuola (prevalentemente non chimici);

3) le interessantissime esperienze ed i preziosi risultati conseguiti da docenti chimici della scuola all'interno del piano ISS (che opera in un segmento scolastico dove le discipline scientifiche non sono differenziate) dimostrano che gli aspetti veramente formativi e persistenti della Chimica emergono quando la stessa si confronta con le altre scienze;

4) oggi esiste un problema reale nel riconoscere la Chimica dove c'è. Non basta affermare che tutto ciò che ci circonda è "chimica in azione"; gli studenti (e il cittadino) hanno difficoltà a riconoscere un processo chimico e, per esempio, scambiano come fenomeni biologici la fermentazione alcolica nella produzione del vino o la fotosintesi clorofilliana. Forse i nostri metodi di insegnamento trasmettono una idea troppo astratta della disciplina. Mentre continuiamo a bilanciare reazioni red-ox, qualcuno si è impadronito della nostra scienza. Da questo punto di vista, il mondo accademico non è privo di responsabilità. Troppo spesso, infatti, forse eccessivamente concentrati nelle nostre ricerche, abbiamo trascurato il mondo della formazione, la didattica e la divulgazione. Altri sono stati molto più bravi di noi e i risultati di questa "irrelevanza sociale" sono sotto gli occhi di tutti.

Queste considerazioni (e tante altre che si potrebbero avanzare) mi portano a suggerire una linea d'azione che consenta ai laureati in chimica di dedicarsi all'insegnamento essendo dotati di strumenti concettuali e metodologici in grado di valorizzare la disciplina e facendone emergere, in maniera concreta, le sue caratteristiche di presupposto concettuale irrinunciabile per tutte le scienze. Siamo tutti consapevoli di queste caratteristiche ma ritengo che saremmo nelle migliori condizioni per dimostrarle se il laureato in chimica insegnasse, padroneggiandone i contenuti, anche altre scienze.

Non si tratta di abbandonare le specificità disciplinari; semmai, di valorizzarle in un approccio sistemico. Ma allora non c'è più posto nella scuola per insegnamenti specifici di chimica? Esistono ancora settori, purtroppo sempre più ristretti, dove la chimica assume ruoli specialistici e dove è necessario approfondire anche aspetti tecnici molto importanti ma sembra inevitabile e, forse, desiderabile che la chimica si misuri con le altre scienze.

È evidente che, in prospettiva, occorra intervenire in maniera incisiva e propositiva sulla filosofia che ispira la formazione, in ingresso ed in servizio, degli insegnanti e sulla struttura delle classi di abilitazione.

La DD-SCI ha da tempo proposto, anche sulla scorta di quanto sperimentato in altri Paesi, l'adozione di un sistema di classi di abilitazione bi-disciplinari in cui un laureato di primo livello in chimica, nell'ambito di una laurea magistrale per l'insegnamento, possa maturare esperienze e competenze di didattica disciplinare ed anche un congruo numero di crediti formativi in una seconda disciplina scientifica (fisica, biologia ecc.) a sua scelta.

È chiaro, comunque, che occorrono anche soluzioni intermedie che consentano agli attuali insegnanti di trovare una giusta e soddisfacente collocazione professionale.

Forse è giunto il momento di abbandonare vecchie e superate posizioni esclusivamente difensive che, peraltro, non hanno raggiunto risultati soddisfacenti. Forse è giunto il momento di prendere atto, con coraggio e determinazione, che la battaglia per affermare la dignità disciplinare della Chimica si gioca esclusivamente sul piano culturale e trasformare il vecchio slogan "la chimica ai chimici" (che ha prodotto solo isolamento ed emarginazione) in un atteggiamento più audace e di avanguardia. Nella mia opinione, un atteggiamento più produttivo che, volendo rimanere sul piano degli slogan, può riassumersi con "le scienze ai chimici"!

Un ulteriore elemento di riflessione conduce ad una considerazione di ordine pratico. Il crescente numero di iscritti a corsi di laurea in Chimica, con conseguente aumento del numero di laureati, è accompagnato da una costante diminuzione delle opportunità occupazionali. È prevedibile, quindi, che fra pochi anni un numero crescente di laureati in chimica prenderà in considerazione l'insegnamento come possibilità di impiego. Forse, è opportuno prendere in considerazione opzioni diverse dalla vecchia A013. I laureati in chimica possono, se lo vogliono, abilitarsi anche nelle attuali classi A060 e A059.

Nella situazione corrente, i chimici hanno la possibilità di "rientrare" approfittando delle necessarie norme transitorie. Penso che occorra farlo perché, nella bozza di decreto per le stesse norme che è in circolazione, si parla di una sorta di passaggio naturale: abilitati nella A060 = abilitati nella A046; gli abilitati nella A013 risulteranno automaticamente abilitati anche nella A012 e nella classe D.... Un "salvagente" possibile e proponibile potrebbe essere quello di consentire l'acquisizione di nuove abilitazioni, in tempi brevi (che potrebbe essere una scelta più produttiva rispetto a quella di lasciare campo libero alle decisioni del dirigente scolastico).

In conclusione, ritengo che il momento particolarmente "caldo" e l'attenzione e l'impegno dimostrato da tutti i colleghi che sono intervenuti nel dibattito possano essere l'inizio di un nuovo cammino verso una diversa e più produttiva collocazione della chimica (e dei chimici) nel sistema della formazione scientifica dei nostri giovani.

Michele A. Floriano

Presidente Divisione Didattica
Società Chimica Italiana

Alfred Bernhard Nobel

Stoccolma 1833 – San Remo 1896

Pasquale Fetto

pasquale.fetto@didichim.org



Alfred Bernhard Nobel nacque a Stoccolma nel 1833 da un'agiata famiglia di ingegneri. Era discendente di Olof Rudbeck, scienziato svedese del XVII secolo, la cui figlia Wendela aveva sposato Peter Olai Nobelius, uno degli ultimi studenti del padre. Alfred, ancora giovanissimo, ricevette un'istruzione privata in Russia dove la sua famiglia si era trasferita in seguito al fallimento dell'industria paterna; a San Pietroburgo, infatti, il padre aveva ripreso la sua attività industriale aprendo un'officina meccanica. Gli interessi di Alfred erano rivolti soprattutto alla letteratura, alla chimica e alla fisica. Il padre sperava, in realtà, che i figli seguissero la sua strada e non apprezzava la passione di Alfred per le lettere ed in particolare per la poesia. All'età di 17 anni Nobel parlava e scriveva correntemente il russo, il tedesco, l'inglese ed il francese oltre ovviamente allo svedese. Sperando di coinvolgerlo nell'attività della sua industria, il padre decise di mandarlo all'estero per farne un ingegnere chimico. A Parigi il giovane Alfred lavorò nel laboratorio del famoso professor Théophile Jules Pelouze, dove ebbe modo di incontrare il chimico italiano Ascanio Sobrero che aveva scoperto la nitroglicerina. Alfred si interessò molto a questa sostanza e al suo possibile impiego nelle costruzioni. Conclusi gli studi e tornato in Russia iniziò a lavorare col padre; ma non abbandonò l'idea di trasformare la nitroglicerina in esplosivo tecnicamente utile e commerciabile. Nel 1851 intraprese viaggi di studio in Italia, Germania e Stati Uniti. Gli eventi bellici, che dilaniarono l'Europa tra il 1853 ed il 1856 (guerra di Crimea), favorirono lo sviluppo della *Società Nobel*. La fine della guerra e la conseguente mancanza di ordini da parte del ministero della guerra russo determinarono la bancarotta della società.

Alfred cercò disperatamente nuovi prodotti e dopo un colloquio con il suo insegnante di chimica, Nikolai N. Zinin, riprese gli studi sulla nitroglicerina e nel 1863 ottenne il primo brevetto sulla nitroglicerina (blasting oil) come esplosivo industriale. Nello stesso periodo sviluppò e brevettò un detonatore (blasting cap) per innescare l'esplosione della nitroglicerina. Nobel continuò i suoi esperimenti a Heleneborg nelle vicinanze di Stoccolma; in questo periodo venne a mancare il fratello Emil morto accidentalmente durante la preparazione della nitroglicerina e nello stesso incidente il padre rimase gravemente invalido per la perdita delle gambe.

Nobel continuò i suoi esperimenti e contemporaneamente costituì a Stoccolma la società *Nitroglycerin AB*. Nel 1865 migliorò i suoi progetti e si trasferisce a Krümmel, nei pressi di Amburgo, dove iniziò la costruzione dello stabilimento "*Nobel Alfred & Co Factory*". Una violenta esplosione distrusse l'impianto di Krümmel e Nobel continuò la sperimentazione su una zattera posta sulla riva del fiume Elba. L'anno seguente diede vita negli Stati Uniti alla "*Blasting Oil Company*".

Se l'esplosivo fondamentale nella storia e nella tecnica degli esplosivi moderni fu la nitroglicerina, un ruolo non secondario fu quello della dinamite. La nitroglicerina è un esplosivo liquido. Per le spedizioni essa veniva posta in bottiglie a loro volta contenute in cassette di legno; per proteggerle dagli urti si riempivano gli spazi vuoti della cassetta con Kieselgur (farina fossile).

Nobel nel 1867 constatò, durante i suoi esperimenti, che un impasto di nitroglicerina con farina fossile era ancora un potente esplosivo, ma era anche abbastanza insensibile agli urti; ne perfezionò la preparazione e il dosaggio, dando vita alla dinamite. La farina fossile tratteneva sino al 75% di nitroglicerina formando un prodotto plastico che poteva facil-

Dalla copertina

mente essere modellato in forma di cartucce e che presentava una sensibilità agli urti inferiore a quella della nitroglicerina libera; nasceva così la dinamite a base inerte. Successivamente, aggiungendo all'assorbente inattivo sali ossidanti e sostanze combustibili, fu ottenuta la dinamite a base attiva.

Ottenuto il brevetto per la dinamite, Nobel fondò la “*British Dynamite Company*” ad Ardeer in Scozia e in questo stabilimento iniziò la produzione di nitroglicerina e dinamite. In un lasso di tempo molto breve fu in grado di aprire società e laboratori in molti paesi; fu di rilevante importanza per la produzione lo stabilimento di Avigliana, in provincia di Torino. L'invenzione successiva di altri esplosivi (la gelatina e la balistite) fece aumentare vertiginosamente le sue ricchezze. Il suo gruppo industriale, che disponeva in quel periodo di circa 350 brevetti, divenne uno fra i più potenti gruppi europei con interessi anche negli Stati Uniti.

A 40 anni Nobel decise di stabilirsi a Parigi per curare meglio i propri interessi. Nel 1875 scoprì la gelatina dinamite, nella quale la nitroglicerina non è assorbita dalla farina fossile inerte, ma è gelatinizzata da cotone collodio e mescolata con pasta di legno e nitrato di potassio. La composizione di questa miscela la rende facilmente modellabile e sicura: brucia lentamente e non può esplodere senza un detonatore. Inoltre la gelatina non presenta il problema della *sudorazione* (separazione di nitroglicerina liquida).

Durante la sua permanenza parigina inventò la gelatina di sabbiatura che brevettò nel 1876 e diede vita alla *Société Générale pour la fabrication de la Dynamite*. Nello stesso periodo formò ad Amburgo la società *Dynamitaktiengesellschaft* (DAG), già *Alfred Nobel & Co.* e nel 1880, unendo la *Nobel's Italian* e alcune compagnie Svizzere, costituì la *Dynamite Nobel*. L'anno successivo comprò una proprietà ed un laboratorio a Sevran, fuori Parigi, continuando così i suoi studi e le sue sperimentazioni.

Necessitando di mettere ordine nei documenti riguardanti le sue attività, Nobel decise di assumere una segretaria e fu così che conobbe Bertha Kinsky von Chinic und Tettau. Bertha Kinsky, dopo un anno, ritornò in Austria per andare in sposa al Barone von Suttner ma, continuò a mantenere un buon rapporto epistolare con Nobel. Negli anni di permanenza a Parigi oltre alla sua attività di ricercatore continuò l'attività di imprenditore e si dedicò al riordino delle sue società (circa un centinaio): dalla fusione della *DAG* e di un gruppo di società tedesche nacque la *Deutsche Union*; nel 1886 fu costituita la Compagnia di fiducia della *Dynamite Nobel*, con sede a Londra. Nel 1887 brevettò un nuovo esplosivo che chiamò balistite; tentò, senza esito, di vendere il brevetto al governo francese e successivamente lo vendette al governo italiano. Dopo queste invenzioni si dedicò alla ricerca effettuando esperimenti su gomma, cuoio, acciaio e armi da fuoco.

La balistite è ritenuta una invenzione geniale, il coronamento della carriera di Nobel; questo esplosivo, senza alcun dubbio, in breve tempo portò ad una rivoluzione totale nella tecnologia degli armamenti. La balistite è un esplosivo praticamente senza fumo. È costituita da una miscela in parti uguali di nitrocellulosa e nitroglicerina addizionata a sostanze stabilizzanti (vaselina, carbonato di sodio, ecc.) e a sostanze adatte ad accelerare la reazione esplosiva (diethylfenilurea). La balistite, confezionata in lamelle, in fili, in cilindretti cavi e in grani, veniva usata in campo militare come esplosivo per proiettili d'artiglieria; purtroppo, data la sua elevata temperatura di esplosione, causava notevoli effetti erosivi sulle canne, e per questo motivo fu sostituita dalla “balistite attenuata” contenente una percentuale minore di nitroglicerina. Il problema legato al trasporto fu risolto solo parzialmente; infatti, con l'invecchiamento, la balistite spesso si deteriorava facendo trasudare goccioline di nitroglicerina liquida che poteva deflagrare al minimo urto.

Nobel non si limitò allo studio degli esplosivi, ma seguì con interesse gli avvenimenti politici del suo tempo. Era anche appassionato di narrativa e di filosofia; ebbe anche velleità letterarie e scrisse un certo numero di poesie e drammi. Tra i suoi scritti è da ricordare “*L'Enigma*”, un poemetto in cui è chiara l'ispirazione e l'influenza di Percy Bysshe Shelley, suo poeta preferito sin dalla gioventù.

Nobel, perfettamente consapevole dell'uso delle sue scoperte, si rese conto che la sua immagine pubblica era alquanto compromessa; assunse per questo un orientamento pacifista. Nel 1887 ebbe occasione di reincontrare la baronessa Bertha von Suttner che, dopo la morte del marito, aveva fondato la Società per gli Amici della Pace. Questo incontro fece sì che il suo interesse per i problemi legati alla pace lo coinvolgessero a tal punto da moltiplicare il suo impegno e a far nascere in lui l'idea di istituire un premio (*Il premio Nobel*) per coloro che si fossero distinti nelle discipline che in qualche modo avessero sensibilizzato ed aiutato l'uomo a vivere in modo più piacevole la propria vita.

L'impegno sociale rivolto a cancellare i pregiudizi e l'ingiustizia e a ridurre, per quanto possibile, la povertà e a sconfiggere l'intolleranza, lo portarono ad impegnare considerevoli somme di denaro. Nonostante la sua salute lasciasse alquanto a desiderare, Nobel cominciò ad appoggiare e finanziare movimenti pacifisti e sponsorizzare conferenze ed iniziative miranti alla pace. I suoi problemi di salute richiesero il trasferimento in un luogo più consono dal punto di vista climatico, infatti soffriva di disturbi circolatori, di forti dolori di angina pectoris e di frequenti raffreddori. Senza dubbio la decisione di lasciare Parigi fu influenzata, oltre che dalle condizioni di salute, anche dal deteriorarsi dei rapporti col governo francese in merito ai diritti per la fabbricazione della balistite. Fu così che decise di trasferire gran parte della sua attività in Italia; la scelta di San Remo soddisfaceva sia per il clima sia per la posizione logistica necessaria per curare i suoi interessi ancora presenti in Francia. La scelta risentì anche del fascino che l'Italia esercitava

sulle popolazioni del Nord-Europa e della lettura di Shelley che nelle sue poesie cantava l'amore per questa nazione.

Alfred Bernhard Nobel muore nella sua casa di San Remo il 10 dicembre 1896. Gli esecutori testamentari, Ragnar Sohlman e Rudolf Liljequist, fecero trasferire il patrimonio di Nobel, sparso in diverse nazioni, in Svezia. Aperto il testamento si venne a conoscenza che Nobel aveva stabilito che la rendita della sua favolosa fortuna sarebbe stata devoluta al finanziamento di cinque premi.

Io, Alfred Bernhard Nobel, dichiaro qui, dopo attenta riflessione, che queste sono le mie Ultime Volontà riguardo al patrimonio che lascerò alla mia morte. [...]

La totalità del mio residuo patrimonio realizzabile dovrà essere utilizzata nel modo seguente: il capitale, dai miei esecutori testamentari impiegato in sicuri investimenti, dovrà costituire un fondo i cui interessi si distribuiranno annualmente in forma di premio a coloro che, durante l'anno precedente, più abbiano contribuito al benessere dell'umanità. Detto interesse verrà suddiviso in cinque parti uguali da distribuirsi nel modo seguente: una parte alla persona che abbia fatto la scoperta o l'invenzione più importante nel campo della fisica; una a chi abbia fatto la scoperta più importante o apportato il più grosso incremento nell'ambito della chimica; una parte alla persona che abbia fatto la maggior scoperta nel campo della fisiologia o della medicina; una parte ancora a chi, nell'ambito della letteratura, abbia prodotto il lavoro di tendenza idealistica più notevole; una parte infine alla persona che più si sia prodigata o abbia realizzato il miglior lavoro ai fini della fraternità tra le nazioni, per l'abolizione o la riduzione di eserciti permanenti e per la formazione e l'incremento di congressi per la pace. I premi per la fisica e per la chimica saranno assegnati dalla Accademia Svedese delle Scienze; quello per la fisiologia o medicina dal Karolinska Institutet di Stoccolma; quello per la letteratura dall'Accademia di Stoccolma, e quello per i campioni della pace da una commissione di cinque persone eletta dal Parlamento norvegese. È mio espresso desiderio che all'atto della assegnazione dei premi non si tenga nessun conto della nazionalità dei candidati, che a essere premiato sia il migliore, sia questi scandinavo o meno.

Come esecutore testamentario nomino Ragnar Sohlman, residente a Bofors, Varmland, e Rudolf Liljequist residente al 31 di Malmskillnadsgatan, Stoccolma, ed a Bengtsfors vicino ad Uddevalla. [...]

Questo Ultimo Volere e Testamento è l'unico valido, e cancella ogni altra mia precedente istruzione o Ultimo Volere, se ne venissero trovati dopo la mia morte.

Infine, è mio esplicito volere che, dopo la mia morte, mi vengano aperte le vene, e una volta che ciò sia stato fatto e che un Medico competente abbia chiaramente riscontrato la mia morte, che le mie spoglie vengano cremate in un cosiddetto crematorio.

Parigi, 27 novembre 1895

Alfred Bernhard Nobel

Il testamento di Nobel è esposto, in copia completa, a San Remo nella Villa Nobel.

Lecture utili

- Giovanni e Antonella Lotti, "Nobel a Sanremo", Torino, Allemandi, 2003.
- Francis Casiro: *Perché Nobel ha dimenticato i matematici*. **Xlatangente**; 0,10, ottobre 2006
- http://it.wikipedia.org/wiki/Premio_Nobel
- M. Abate (a cura di): *Perché Nobel?* Springer Italia, Milano, 2008.

Comunicare la proteomica.

Riflessioni dal corso “*Proteomica: saper fare per saper comunicare*”

Valentina Domenici

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale,
Università degli studi di Pisa,
via Risorgimento 35, 56126 Pisa, Italia
e-mail: valentin@dcci.unipi.it; tel: 050 2219 215; fax: 050 2219 260.

Proteomics is an interdisciplinary study of proteins in the context of biological systems and it is focused on the complex relationships between the structure of proteins and their functions in cells, tissues and organisms. Together with **genomics**, proteomics has developed quite recently and its dissemination through the general public is even much more recent. Monitoring the overall “image” associated to these scientific disciplines and how this image changed in the course of the years is important for the understanding of the impact of Science in the Society. Moreover, studying how a discipline is communicated through the media (television, radio, web, newspapers...) gives useful information about the expectations of the general public and the relationship among the specific scientific field (i.e. Proteomics), Economy and Policy.

The present paper is a discussion of the results of an interactive course entitled “*Comunicare le scienze chimiche ai diversi pubblici: motivazioni, metodi e strategie di comunicazione*” (*Communicating Chemistry to different publics: motivations, methods and strategies of communication*) within a three-days workshop about Proteomics (PROTEOMICA: SAPER FARE PER SAPER COMUNICARE, from the 15th to the 17th of April 2009) open to chemists, biologists, physicists and technicians. The workshop was organized by the “*Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie*”, a well-known Public Veterinary Institute which conducts prevention, control and research activities in three main areas: animal health and welfare, food safety, and environmental protection.

During the course, basic methods used in the communication of science were applied to proteomics. In particular, the “image” of proteomics emerging from (1) the major Italian newspapers (“*La Repubblica*”, “*Il Corriere della Sera*” and “*Il Sole 24 Ore*”) and from (2) the pictures (clip-arts, photographs, icons and schemes) spread through the web was analyzed and discussed. Main points of this analysis are reported in the present paper and the “Image of Proteomics” is compared with the “Image of Chemistry” and the “Image of Medicine”, which seems highly connected with that of proteomics in the Public Opinion.

The analysis of the articles published on the major Italian newspapers revealed a general low degree of dissemination of the proteomics as well as the strict connection between this topic and Medicine (i.e. pharmaceuticals and cancer diseases). Titles and texts often contain explicit judgments (negative or positive) while complex aspects concerning the research in the field of proteomics are often ignored. The communication of proteomics through the newspapers appears not neutral neither objective and this seems to be in agreement with what happens for Science, in particular, despite of significant differences, for Medicine and Chemistry, too.

The analysis of pictures (related to terms such as “proteomics”, “proteome” and “proteins”) on the web is less unambiguous and offers several shared points with the Image of Chemistry. Many of the analyzed pictures related to “proteins”/“protein” are indeed related to “Food”, “Sport” and “Fitness”, thus indicating how these terms are already in the common use, not strictly related to scientific themes. Differently, most of the pictures related to “proteomics”/“proteome” are connected to scientific laboratories, universities and research. The overall “Image of Proteomics” emerging from the analysis of icons and pictures in the web is indeed much more equilibrate and objective than that in newspaper.

Parole chiave:

comunicazione della scienza, giornali, iconografia, immagine della scienza, biologia, chimica, medicina, proteomica.

Sommario:

In questa relazione sono riportate alcune riflessioni emerse durante la lezione “*Comunicare le scienze chimiche ai diversi pubblici: motivazioni, metodi e strategie di comunicazione*” del corso intitolato “PROTEOMICA: SAPER FARE PER SAPER COMUNICARE”. Il corso era organizzato dall’Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie e si rivolgeva a specialisti del settore, quali chimici, veterinari, medici e biologi. Nell’arco di tre giornate, dal 15 al 17 aprile 2009, i partecipanti hanno seguito lezioni teoriche e pratiche sui fondamenti e sulle principali tecniche sperimentali della proteomica, nonché su concetti base e sulle strategie di comunicazione della chimica. I metodi utilizzati per l’analisi della comunicazione e dell’immagine della proteomica sono descritti in dettaglio anche a scopo didattico, essendo questi metodi adattabili ad argomenti scientifici di vario tipo.

Introduzione

Dal 15 al 17 aprile 2009, l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie[1] ha organizzato un corso, accreditato ECM, dal titolo "PROTEOMICA: SAPER FARE PER SAPER COMUNICARE". Il corso si rivolgeva a specialisti del settore, quali chimici, veterinari, medici e biologi, ma anche tecnici di laboratorio e alcuni addetti alla comunicazione cosiddetta "istituzionale", ovvero agli uffici stampa. Nell'arco delle tre giornate, i partecipanti, in tutto una quarantina, hanno seguito lezioni teoriche e pratiche sui fondamenti e sulle principali tecniche sperimentali della proteomica, come la spettrometria di massa e l'elettroforesi bidimensionale. Tra queste sezioni specialistiche gli organizzatori hanno pensato di inserire un pomeriggio diverso, dedicato alla comunicazione delle scienze chimiche, in particolare della proteomica, e per questo mi hanno contattato. È nata così la sezione: "*Comunicare le scienze chimiche ai diversi pubblici: motivazioni, metodi e strategie di comunicazione*",[2] ripartita in un'ora di lezione frontale sulle tecniche di comunicazione e su alcuni modi efficaci di comunicare la chimica, e un'ora e mezza di lezione interattiva e di esercitazione, con discussione, su come viene comunicata la proteomica, in particolare analizzando gli articoli di quotidiani e riviste di settore e le immagini (fotografie, disegni,...) che vengono associate al termine "proteomica" sul web.

Nella prima parte del corso, su cui non mi soffermerò in questa relazione, i partecipanti sono stati introdotti ai principi su cui si basa la comunicazione della scienza e della chimica, e alle varie forme di comunicazione: scritta, orale e sul web (*e-communication*), ulteriormente suddivisi in comunicazione formale, informale e pubblica.[3] Sempre più, infatti, viene avvertita l'esigenza che anche coloro che "fanno scienza", scienziati e tecnici, vengano introdotti alle tecniche della comunicazione.[4] Comunicare il proprio mestiere e le implicazioni del lavoro dello scienziato[5] ai diversi pubblici, dalle scuole alle piazze, è diventato un '*must*' anche nella comunità dei chimici, anche se il cambiamento dell'atteggiamento dei chimici dovuto a questa maggiore sensibilità e attenzione verso platee non universitarie si preannuncia come un processo lento e non privo di difficoltà.

Nella seconda parte del corso, di cui parlerò diffusamente in questo lavoro, l'interesse è stato focalizzato sulla proteomica e su come questa branca della scienza venga comunicata al grande pubblico, o pubblico generico. Dei numerosi mezzi di comunicazione pubblica, per motivi di maggiore accessibilità, ho scelto la comunicazione sui giornali[6, 7, 8] e la comunicazione della proteomica attraverso le immagini disponibili sul web.[9, 10] Su questi due aspetti specifici, e sul metodo utilizzato per analizzare le informazioni raccolte, mi soffermerò nel corpo di questo articolo. A partire da alcuni temi sviluppati nella discussione di fine giornata, mi è stato possibile trarre alcune conclusioni sull'immagine della proteomica che emerge dai giornali e dal web, e commentare quanto questa si discosti dall'immagine generale della chimica.[11,12]

Proteomica: una difficile collocazione

La Proteomica nasce piuttosto recentemente, alla fine del ventesimo secolo, sotto l'impulso della Genomica, ovvero lo studio e il sequenziamento dei geni degli organismi viventi, che ha avuto una grande risonanza intorno al 2000 con il completamento del "Progetto Genoma", riferito alla mappatura dell'intero DNA umano. Con il termine Proteomica[13] si definisce lo studio, l'identificazione e la caratterizzazione di tutte le proteine presenti in un tessuto, in una cellula o addirittura in un organismo, e che sono il prodotto dell'espressione di uno specifico Genoma.[14, 15, 16]

La maggiore complessità della proteomica rispetto alla genomica è uno degli aspetti alla base della grande interdisciplinarietà di questa branca della scienza. La determinazione della struttura delle proteine, delle loro funzioni nell'organismo e delle intrecciate relazioni con l'ambiente e con i metaboliti sono solo alcuni punti in cui viene sviluppata la ricerca in proteomica. Per questo motivo, chimica biologica, biologia molecolare, ingegneria genetica, genetica, bioinformatica e medicina molecolare hanno nella proteomica la regione più ampia di intersezione.

Proteomica vista dai quotidiani e dalle riviste scientifiche

Una analisi preliminare dell'argomento "proteomica" sui maggiori quotidiani è stata condotta cercando gli articoli pubblicati su questo tema e catalogati negli archivi *on-line* di alcuni importanti giornali italiani, quali "La Repubblica" (archivio on line dal 1984), "Il Corriere della Sera" (archivio on line dal 1992) e "il Sole 24 Ore" (archivio on line dal 2002), anche se in questo ultimo caso, non sempre è stato possibile scaricare l'intero articolo, ma soltanto il titolo. Per quel che riguarda invece le riviste di divulgazione scientifica, la scelta è caduta su "Le Scienze", che si rivolge a un pubblico selezionato tra scienziati, studenti e insegnanti, e il più diffuso e accessibile "Focus". Nel primo caso non è possibile scaricare gli articoli, ma solo le news, a partire dal 1999; nel secondo caso esiste un archivio degli articoli a partire dal 2000, ma è possibile leggere solo un breve riassunto oltre al titolo.

Questi sono i risultati trovati:

1. La Repubblica: 41 articoli per "proteomica", 12 articoli per "proteoma",
2. Il Corriere della Sera: 29 articoli per "proteomica", 6 articoli per "proteoma",
3. Il Sole 24 Ore: 3 articoli per "proteomica", 0 articoli per "proteoma",
4. Le Scienze: 15 news per "proteomica", 7 news per "proteoma",
5. Focus: 1 articolo per "proteomica", 2 articoli per "proteoma".

Comunicare la proteomica

È da notare che talvolta gli articoli trovati con le parole chiave ‘proteomica’ e ‘proteoma’ sono gli stessi, quindi il numero totale di articoli per ciascun giornale o rivista non corrisponde alla somma degli articoli di cui sopra.

I dati raccolti sono stati poi suddivisi per anno di pubblicazione e per settore del giornale/rivista in cui sono stati pubblicati gli articoli, laddove questa distinzione era possibile. L'esempio più significativo è quello di “La Repubblica” perché il numero di articoli trovati (in tutto 43) permette di trattare i dati in modo statistico. La trattazione statistica perde invece di senso negli altri casi, in quanto, evidentemente, l'argomento specifico “proteomica” compare troppo di rado. I risultati del caso di “La Repubblica” sono riportati in Figura 1.

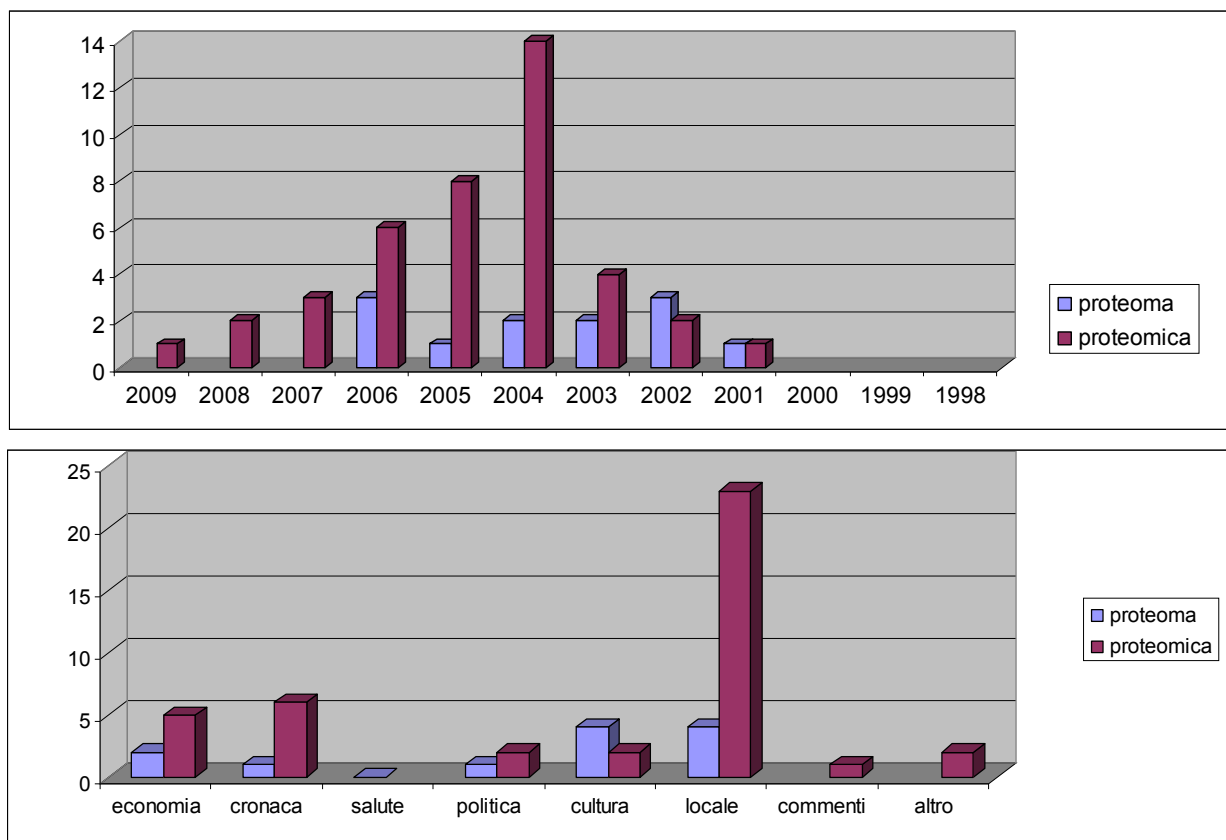


Figura 1: Risultati dell'analisi su 41 articoli contenenti la parola “proteomica” e su 12 articoli contenenti la parola “proteoma”, pubblicati da “La Repubblica” e scaricabili dall'archivio on line. Gli articoli sono suddivisi in anno di pubblicazione e sezione del giornale.

Come si può vedere i primi articoli sull'argomento sono pubblicati a partire dal 2001, quando effettivamente si cominciano a utilizzare i termini “proteomica” e “proteoma” anche in ambito scientifico. L'anno in cui se ne è parlato (e scritto) di più su “La Repubblica” è il 2004, ma questo dato è confermato anche da “Il Corriere della Sera”, mentre si registra un progressivo calo dell'interesse negli anni successivi. Questo dato può essere interpretato come conseguenza della constatazione, anche a livello scientifico, che la proteomica, essendo molto più complessa della genomica, avrà tempi lunghi di applicazione. Questo può aver comportato un calo dell'attenzione da parte dei giornali molto più interessati a problematiche scientifiche di impatto immediato sulla società. Come si vede dalla Figura 1, gli articoli sono spesso pubblicati sulla sezione locale del quotidiano (riferita soprattutto alle città del Nord d'Italia, come Milano e Torino). La ragione si evince leggendo gli articoli per intero, in quanto spesso si scrive di proteomica in corrispondenza di eventi o di personaggi che ruotano attorno a grandi centri ospedalieri o istituti di ricerca, soprattutto in ambito medico, del Settentrione. Il legame della proteomica con la medicina ritornerà anche nelle riflessioni emerse durante l'esercitazione. Prima, però, può essere interessante allargare lo sguardo ad altre tematiche affini per contestualizzare i dati raccolti e suddivisi per i termini specifici di “proteoma” e “proteomica”. In Figura 2 è riportato il numero totale di articoli trovati allargando la ricerca ai termini “proteina”, “proteine”, “proteico”, “proteica”, “molecola” e “molecole” nei tre maggiori quotidiani italiani (La Repubblica, Il Corriere della Sera e Il Sole 24 Ore). Per tutti i tre giornali presi in esame, le parole meno ricorrenti sono proprio “proteoma” e “proteomica”, mentre la parola “proteine” è quella in assoluto più ripetuta nei due quotidiani generalisti (La Repubblica – 1702 articoli, Il Corriere della Sera – 2150 articoli).

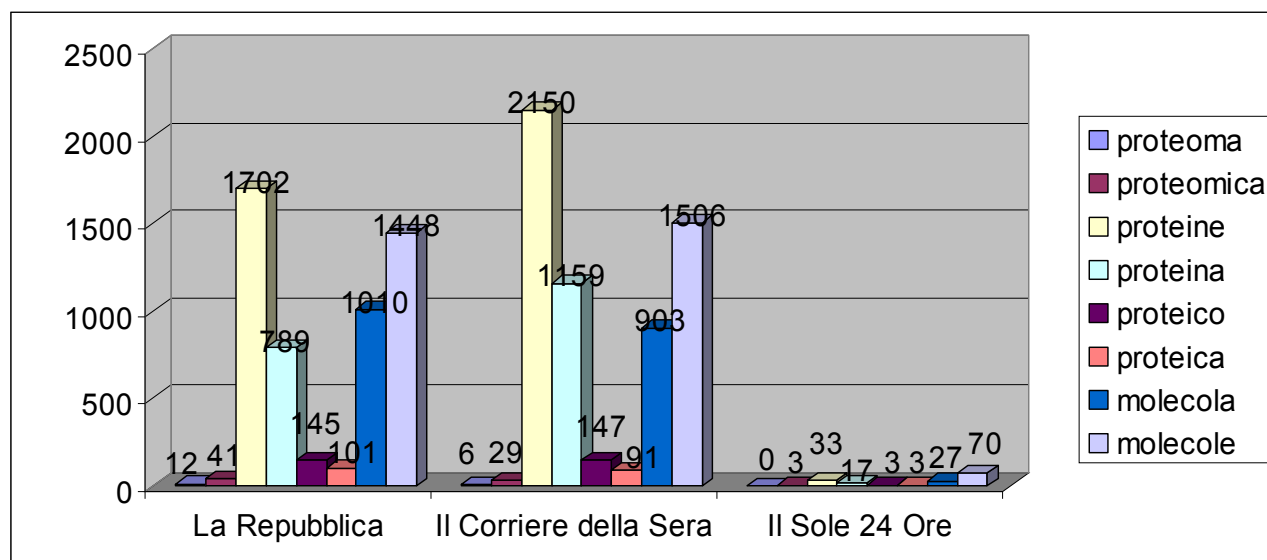


Figura 2: *Quotidiani a confronto: il numero di articoli che contengono le parole indicate in legenda sui tre maggiori quotidiani italiani a partire dal 2000.*

Questo dato indica la “popolarità” della parola “proteine” (e similmente “proteina”) nel grande pubblico, per il suo stretto legame con aspetti della vita di ogni giorno, dall’alimentazione allo sport (come si vedrà anche per l’analisi iconografica) alla salute. Da notare è anche l’elevato numero di articoli che contengono le parole “molecola” e “molecole”, fatto che testimonia come termini specifici del *linguaggio del chimico* siano in realtà entrati abbondantemente nel *linguaggio giornalistico*.

Durante il corso [2] i risultati di questa analisi sono stati presentati e commentati insieme ai partecipanti prima di procedere con una breve esercitazione in cui alcuni articoli, selezionati tra i giornali e le riviste divulgative citate in precedenza, sono stati analizzati seguendo una scheda del tipo riportato in Figura 3.

ANALISI DEL TITOLO:	
<i>Si capisce di cosa stiamo parlando?</i>	
<i>Si usa un linguaggio metaforico?</i>	
<i>Emerge un giudizio positivo o negativo sulla proteomica?</i>	
<i>Emerge una visione ottimista o pessimista sul ruolo della proteomica nella società?</i>	
<i>Vengono usate le virgolette? Perché?</i>	
<i>A quale scienza sembra appartenere la proteomica?</i>	
ANALISI DELL’ARTICOLO	
<i>Trovare la notizia.</i>	
<i>Trovare, se c’è, il messaggio prevalente</i>	
<i>A chi si rivolge l’articolo? (esperti, pazienti, medici, ...)</i>	
<i>Emerge un giudizio sulla proteomica?</i>	
<i>L’articolo riflette il titolo?</i>	
<i>Vengono citati degli esperti? Chi sono?</i>	
<i>L’articolo è equilibrato/squilibrato, oggettivo/di parte, chiaro/confuso, ...</i>	

Figura 3: *Esempio di scheda per l’analisi degli articoli dei quotidiani, e dei relativi titoli, che trattano l’argomento “proteomica”.*

La scheda aveva solo lo scopo di dare alcune linee guida per l’analisi degli articoli di argomento “proteomica” ma può essere utilizzata, ampliandola o togliendo alcuni punti, anche per esercitazioni scolastiche, essendo adattabile ad argomenti scientifici di vario tipo. Tra analisi del testo e analisi del titolo quest’ultima è risultata essere quella più interessante e su questa mi soffermerò. Un esempio di titoli di articoli pubblicati da “La Repubblica” e da “Il Corriere della Sera” sono i seguenti:

Comunicare la proteomica

- Tumori: a ciascuno la sua cura.
- Ricerca sul cancro: tanta strada ancora da fare.
- «Ora potremo ottenere farmaci personalizzati»
- «Le biotecnologie? Una risorsa, ma in Italia pochi ci credono»
- Una proteina di soia contro il colesterolo.
- Le biotecnologie daranno i loro frutti solo tra molti anni.
- Una molecola jolly per battere il tumore.
- Tutta la vita in un' elica.

Come si evince da questa piccola selezione, la proteomica viene associata principalmente alla medicina e spesso il riferimento a ipotetiche cure contro il cancro è esplicito già nel titolo ('a', 'b', 'g'), tuttavia leggendo il testo degli articoli è proprio "la possibilità di sconfiggere il cancro" l'oggetto dell'articolo nella maggior parte dei casi. I titoli, come nel caso di altri argomenti scientifici, contengono termini tecnici (biotecnologie, molecola, proteina, ...) ma il contesto nel quale sono inseriti rivela messaggi molto diretti, di natura emotiva, positivi o negativi, di speranza o di pessimismo. Talvolta viene usato anche un linguaggio metaforico. In certi casi ('c', 'b') nel titolo viene riportata, mediante l'uso delle virgolette, una frase o un'espressione detta da un esperto per dare maggiore peso e autorità al messaggio che si vuole dare.

Proteomica: una analisi iconografica

Per l'analisi iconografica è stato usato lo strumento di "Google Search", sezione "immagini", con ricerca aperta alla rete internazionale [17, 18, 19] e non solo su quella italiana. La ricerca effettuata per parole chiave ha visto anche un successivo *step* di controllo e verifica dell'attinenza della parola cercata con il contenuto del sito web. Per ogni parola chiave presa in considerazione nella ricerca su Google sono state selezionate le prime 200 immagini e su queste è stata fatta una analisi più dettagliata. Alcune delle prime immagini trovate in associazione con le parole "proteomica" / "proteoma" e "proteine" / "proteina" sono riportate rispettivamente in Figura 4 e in Figura 5.

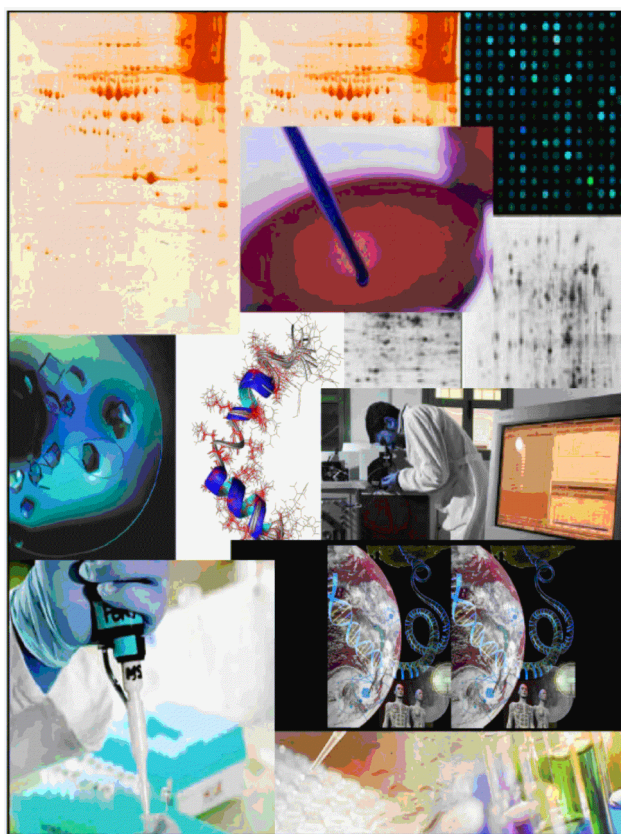


Figura 4: Insieme di immagini che vengono associate nel web ai termini "proteomica/proteoma".

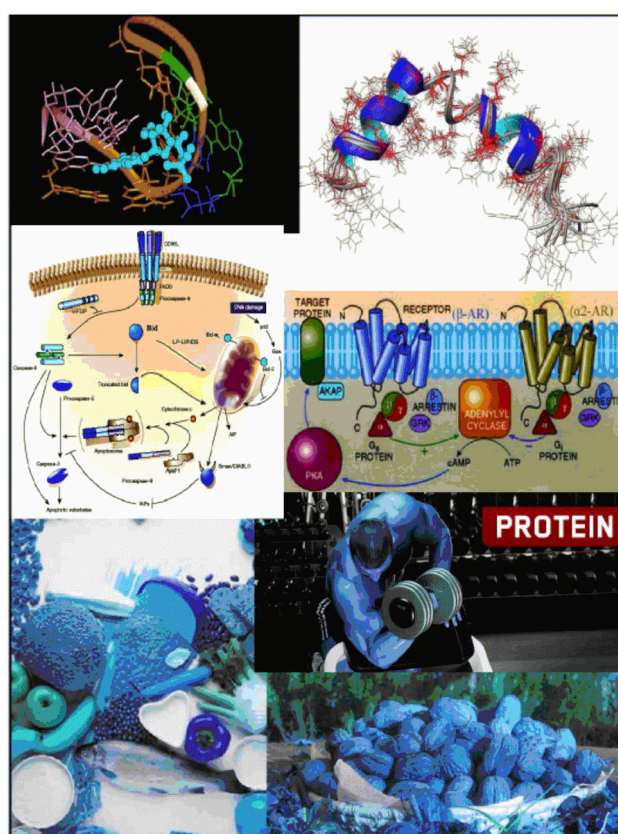


Figura 5: Insieme di immagini che vengono associate nel web ai termini "proteina/proteine".

Prima di vedere e commentare i risultati di questa analisi, i partecipanti al corso hanno fatto un'esercitazione avendo a disposizione una selezione di immagini trovate sul web del tipo riportato in Figura 4 e 5.

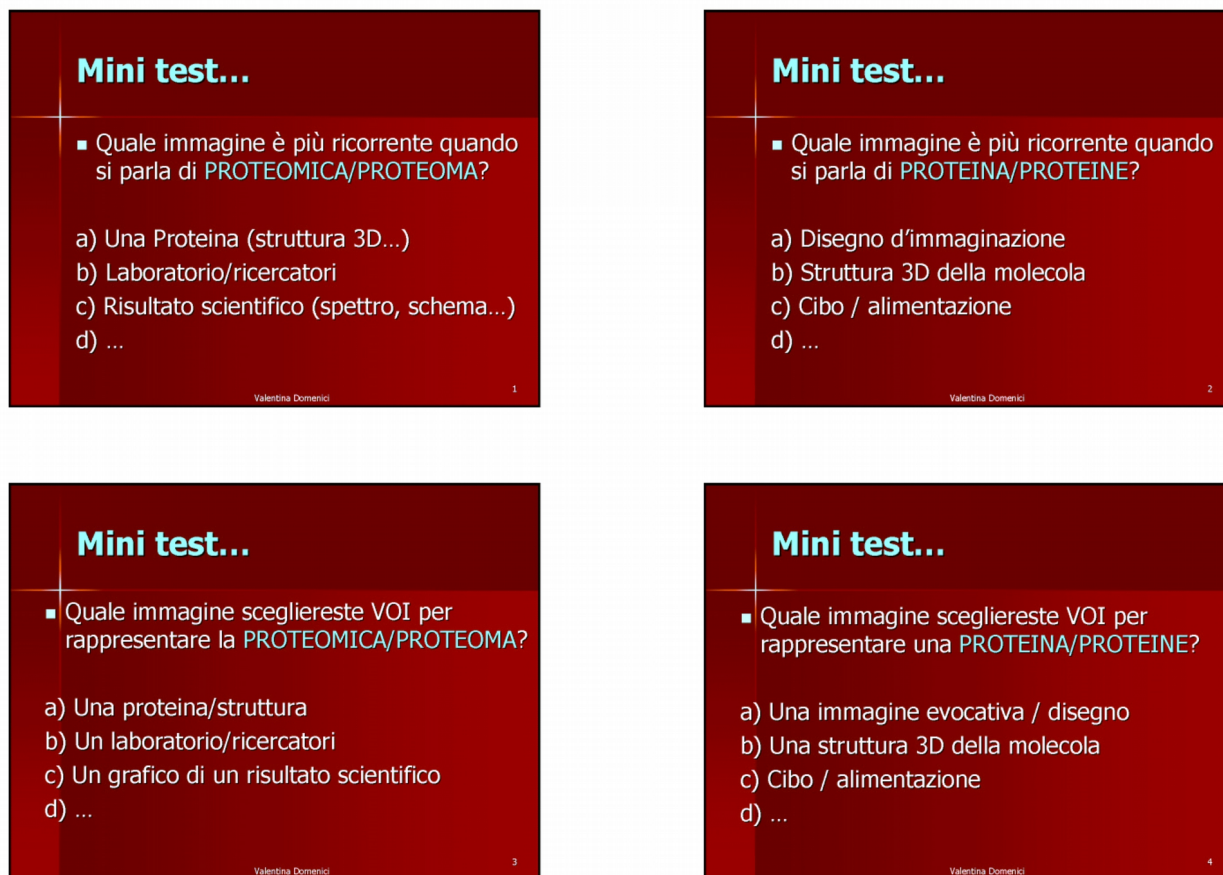


Figura 6: Schema utilizzato durante il corso per l'analisi iconografica, relativa ai termini proteomica/proteoma e proteina/proteine, come descritta nel testo.

Dalle risposte ai quattro quesiti proposti (Figura 6) è stato possibile trarre le seguenti conclusioni:

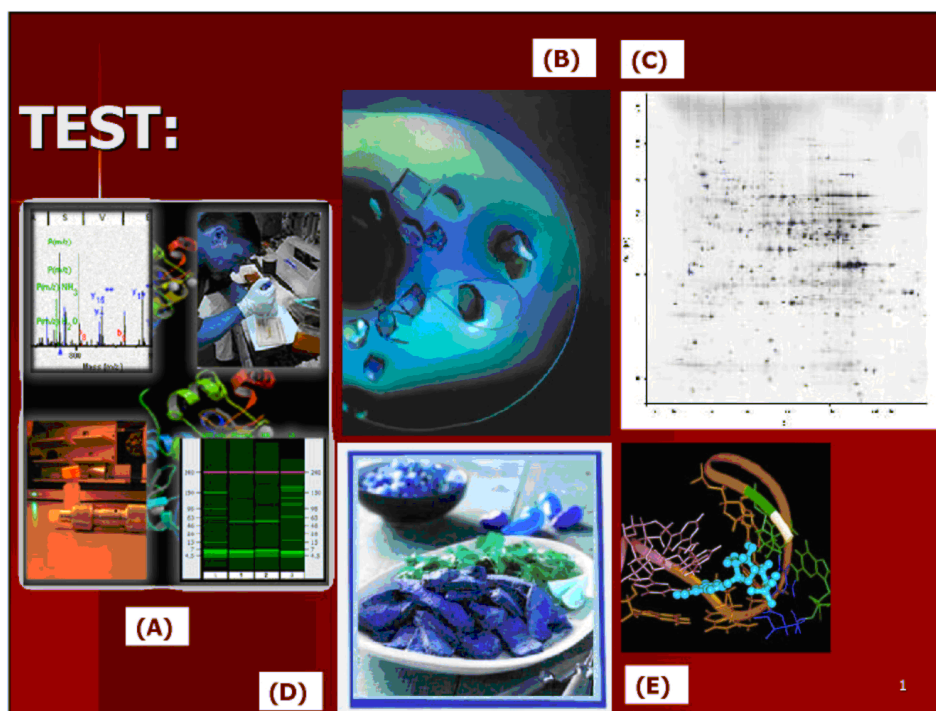
- La maggior parte dei partecipanti ha indicato nel cibo e nell'alimentazione l'ambito più ricorrente delle immagini associate a "proteina"/"proteine", mentre avrebbe preferito l'immagine di una struttura 3D di una proteina, indicandola come l'immagine più rappresentativa.
- Per la "proteomica" (o "proteoma") i pareri si dividono sia sull'immagine più ricorrente (indecisi tra la struttura 3D della proteina e l'immagine di un laboratorio di ricerca) e quella che i partecipanti avrebbero indicato come più rappresentativa (indecisi tra una fotografia di un laboratorio e un'immagine di uno spettro di massa o in generale di un risultato della ricerca).
- La discordanza riscontrata tra l'immagine più ricorrente e l'immagine considerata invece più rappresentativa riflette il fatto che i partecipanti al corso, essendo preparati scientificamente e informati sull'argomento "proteomica", hanno una visione leggermente diversa da quella di un pubblico generico, a cui invece si riferisce l'analisi complessiva delle immagini prese dalla rete.

Una conferma di questo ultimo punto viene dai risultati di un secondo test (si veda Figura 7) effettuato sui partecipanti a cui veniva chiesto di associare alcune immagini (dalla 'A' alla 'E' di Figura 7) a siti o ad argomenti specifici (risposte da 1 a 5 di Figura 7), come la presentazione di un risultato a un congresso o la divulgazione scientifica. Non tutte le associazioni proposte dai partecipanti (immagine-argomento o immagine-sito) hanno avuto una corrispondenza con l'effettivo argomento o sito a cui erano associate originariamente. Le didascalie delle immagini di Figura 7 (non note ai partecipanti durante il test!) erano le seguenti: A) Logo di un laboratorio di proteomica (negli Stati Uniti); B) Immagine di proteine cristallizzate (da www.Focus.it); C) una elettroforesi (pubblicata su www.TorinoScienza.it, sito di divulgazione); D) Proteine nell'alimentazione (da un sito italiano dedicato al benessere fisico); E) struttura 3D di una proteina (da un sito universitario).

Comunicare la proteomica

Ad esempio, l'immagine 'C' era stata associata dai partecipanti alla risposta '2' (Illustrare un risultato scientifico in una conferenza) e l'immagine 'B', pur essendo esteticamente bella, è stata giudicata poco chiara e di difficile associazione ad alcuno degli argomenti indicati. Nessun dubbio invece sull'immagine 'D', indicata dai partecipanti al corso come molto efficace per spiegare l'importanza delle proteine, e della scienza che le studia, nella vita di tutti i giorni.

L'immagine 'A' invece è stata giudicata troppo articolata e complessa per portare un messaggio chiaro sulla proteomica, anche se pubblicata su siti specifici come possono essere i siti universitari o i laboratori di ricerca.



Quale immagine sceglieresti per...

- 1) Un sito di divulgazione sulla proteomica.
- 2) Illustrare un risultato scientifico in una conferenza.
- 3) Spiegare l'importanza della proteomica oggi.
- 4) Un pannello di una mostra didattica.
- 5) Un logo per il laboratorio di proteomica.

Valentina Domenici

2

Figura 7: Esempio di test a cui sono stati sottoposti i partecipanti al corso, a cui è seguita la discussione sull'immagine della proteomica che emerge dall'analisi iconografica.

E' interessante infine commentare la classificazione delle prime 200 immagini pubblicate sul web in associazione con i termini "proteina"/"proteine" e "proteomica" / "proteoma" (Figura 8).

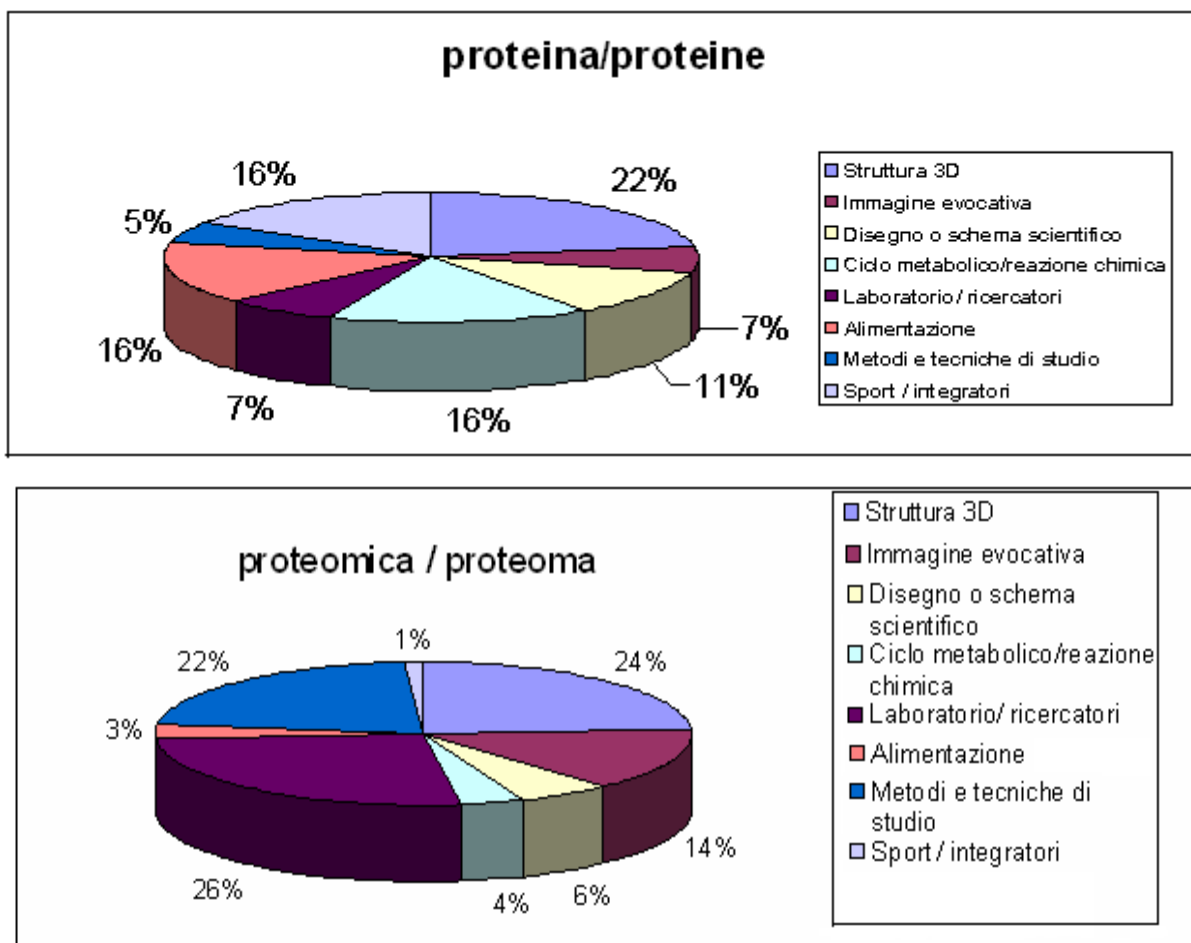


Figura 8: Risultati dell'analisi delle prime 200 immagini individuate da "Google immagini" effettuando una ricerca con i termini "proteomica/proteoma" e "proteina/proteine", avendo verificato l'attinenza del sito web con l'argomento relativo.

La classificazione è stata fatta in base alla ricorrenza di certe tematiche o alla similitudine tra immagini e fotografie dello stesso tipo (es. tutti i disegni e i grafici ottenuti con i modelli matematici sulla struttura delle proteine sono stati catalogati nel campo "struttura 3D"). Infine si possono distinguere alcune tematiche più specifiche, che evidentemente si rivolgono a un pubblico selezionato tra universitari, studenti e ricercatori (es. "disegno o schema scientifico", "ciclo metabolico/reazione chimica"), altre tematiche che si rivolgono invece a un pubblico generico (es. "alimentazione", "sport/integratori") e altre che pur essendo talvolta molto specifiche vengono utilizzate su siti web non di settore (es. "laboratorio/ricercatori").

Le seguenti osservazioni sono emerse dall'analisi di questi risultati:

1. L'unico campo che accomuna le due coppie di parole "proteina" / "proteine" e "proteomica" / "proteoma" è "struttura 3D" (22% e 24% rispettivamente).
2. Nel caso delle proteine un buon 32% delle immagini è legato ad argomenti generici come l'alimentazione (16%) e lo sport (16%). Nel caso della proteomica, invece, questi due campi insieme rappresentano appena il 4% del totale delle immagini analizzate.
3. Nel caso della proteomica quasi il 50% delle immagini appartengono ai due campi affini: "metodi e tecniche di studio" (24%) e "laboratori/ricercatori" (26%). Questi stessi campi sono rappresentati solo nel 4% e 7% delle immagini associate ai termini "proteina"/"proteine".
4. E' da notare inoltre il significativo 14% di immagini associate ai termini "proteomica" / "proteoma" del tipo "immagini evocative", ovvero rielaborazioni grafiche che rimandano a concetti fondamentali tipo l'origine della vita (es. in basso a destra di Figura 4).

Conclusioni

La breve analisi condotta sui maggiori quotidiani italiani e su alcune riviste di divulgazione scientifica ha evidenziato la bassa diffusione dell'argomento proteomica. Tuttavia l'immagine della proteomica che emerge dall'analisi degli articoli, e dei relativi titoli, è piuttosto definita e univoca. La proteomica sui giornali è associata infatti alla medicina e in particolare alla potenzialità delle applicazioni dello studio del proteoma in campo oncologico e nella farmaceutica. Gli articoli contengono spesso un messaggio forte e un giudizio sulla proteomica, o positivo o negativo, piuttosto che una rappresentazione obiettiva di questa branca della scienza e delle sue implicazioni. Il calo del numero degli articoli che trattano di proteomica negli ultimi anni rispetto al picco del 2004 sono indicativi del calo dell'interesse da parte dell'opinione pubblica nei confronti della proteomica che evidentemente non risponde ai tempi, spesso frenetici, dell'informazione.

L'analisi iconografica delle immagini presenti sul web in associazione ai termini "proteomica" / "proteoma" è stata fatta confrontando la classificazione di queste immagini con quelle trovate, con una ricerca condotta in maniera analoga, in associazione alle parole chiave "proteina" / "proteine". Pur essendo, da un punto di vista scientifico, parole legate strettamente tra loro, questo aspetto non si riflette affatto nella tipologia delle immagini presenti nel web. Molte delle immagini associate ai termini "proteina" / "proteine" appartengono a campi molto generali come l'alimentazione, lo sport (in particolare l'uso degli integratori) e il benessere fisico. Cosa che non si riscontra nel caso della proteomica. La proteomica del resto è una branca della scienza molto recente, per lo più sconosciuta al pubblico dei non addetti ai lavori. Anche sul web, dove le informazioni sono molto più abbondanti rispetto ai quotidiani o alle riviste, la proteomica è associata quasi esclusivamente a siti web universitari, laboratori di analisi e ricerca e in qualche caso a siti di divulgazione scientifica. Di conseguenza le immagini ricorrenti sono fotografie di laboratori, grafici di elettroforesi o spettri di massa, immagini di ricercatori e strutture 3D di proteine. Una parte significativa delle immagini legate alla proteomica (14%) rientra nel gruppo dei disegni e delle elaborazioni grafiche di tipo evocativo che richiamano concetti tipo 'l'origine della vita', alludendo evidentemente alla possibilità che la proteomica offre di indagare aspetti fondamentali alla base della vita degli esseri viventi.

Rispetto all'analisi degli articoli di giornale e delle due riviste di divulgazione scelte, l'analisi iconografica sul web non ha evidenziato l'associazione proteomica-medicina, né tanto meno quella ancor più elaborata "proteomica" – "cure contro il cancro", emersa invece dall'analisi dei contenuti degli articoli pubblicati su "La Repubblica" e "Il Corriere della Sera". Da questo punto di vista, la comunicazione sul web, in particolare attraverso le immagini, risulta mediamente più neutrale e obiettiva della comunicazione sui giornali.

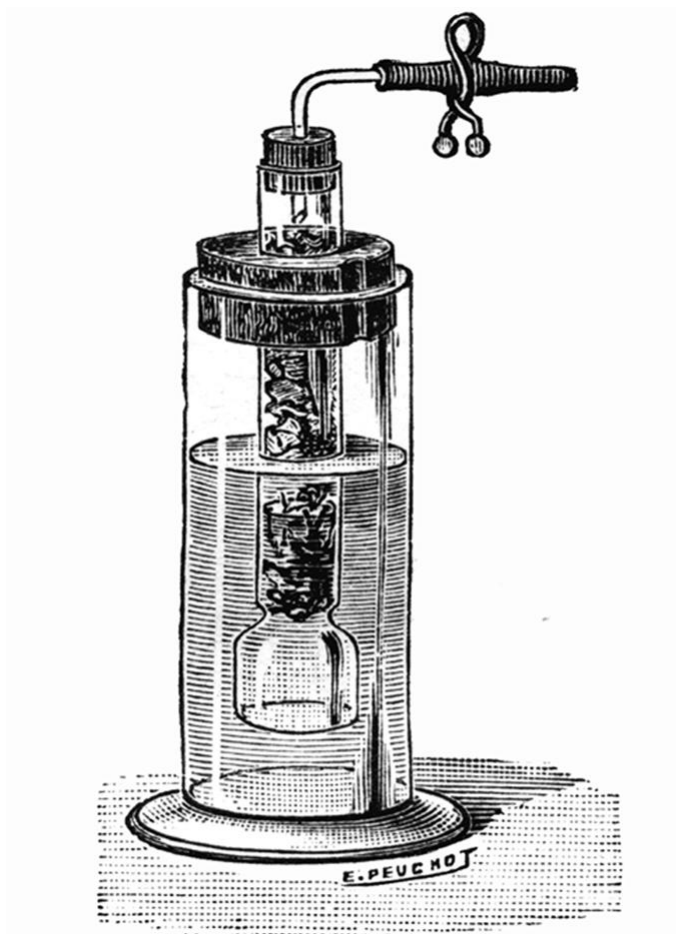
I risultati di questa breve indagine sulla comunicazione di un tema scientifico molto specifico, quale è la proteomica, sono in linea con un recente studio pubblicato su "PlosOne" sulla comunicazione in campo medico,[8] che ha messo in evidenza il carattere sensazionalista e spesso propagandista della comunicazione sui quotidiani. Le principali cause individuate sono la scarsa preparazione dei giornalisti in campo scientifico, i tempi stretti della comunicazione sui quotidiani che non permettono un adeguato riscontro delle informazioni e le pressioni sociali, politiche ed economiche che "guidano" le notizie. Sempre da questo studio emerge la maggiore adeguatezza e obiettività dell'informazione sul web in ambito medico, cosa che sarebbe confermata anche nel caso della proteomica, anche se nel nostro caso sono state analizzate solo le immagini e non i testi.

Da questo studio si può concludere anche che il caso della proteomica si distingue molto dalla chimica in fatto di tecniche di comunicazione e soprattutto di immagine complessiva, essendo la proteomica un settore interdisciplinare e per di più molto recente.

Riferimenti bibliografici

- [1] <http://test.ftpzadigroma.com/index.php>
- [2] http://test.ftpzadigroma.com/index.php?option=com_content&view=article&id=109:proteomica-saper-fare-per-saper-comunicare&catid=46:news&Itemid=180
- [3] S. Fantoni, P. Greco, B. Montoli, N. Pitrelli, Osservatorio permanente sulla comunicazione scientifica attraverso i media, Vol. 1, Italtromo Health Group, Roma: 2002, p.1-16.
- [4] G. Carrada, Comunicare la scienza. Kit di sopravvivenza per i ricercatori, Sironi Ed., Milano 2005.
- [5] C. Yuri, N. Pitrelli, Come si comunica la scienza?, Laterza Ed., Bari 2007.
- [6] T. Regge, Giornalismo e comunicazione della scienza, in "La comunicazione della scienza, Dialoghi", Zadigroma: Roma, 2004, p.47-49.
- [7] <http://blog.perilmiofuturo.it/?p=522>
- [8] <http://www.galileonet.it/news/11334/medicina-non-fidatevi-dei-giornali>
- [9] <http://web.mit.edu/felicef/>
- [10] <http://www.ts.infn.it/eventi/ComunicareFisica/presentazioni/brunetti.pdf>
- [11] N. J. Moreau, Public Images of Chemistry, Chemical International 2005, 27, 4.
- [12] V. Domenici, L'immagine della Chimica, Ulisse, Biblioteca, Saggio, 12 ottobre 2007, scaricabile on line: <http://ulisse.sissa.it/biblioteca/saggio/2007/Ubib071012s001>.

- [13] <http://it.wikipedia.org/wiki/Proteoma>
[14] <http://www.lswn.it/biologia/articoli/proteomica>
[15] <http://www.itpa.it/>
[16] M. Monti, S. Orrù, D. Pagnozzi, P. Pucci, Proteomica Funzionale, Chimica nella Scuola, Anno XXVII, n. 5, 2005, pp. 146-151.
[17] <http://www.gwu.edu/~ipta/>
[18] <http://www.brucker-biospin.com/solutions.html?&L=4>
[19] http://www.metabolomicstraining.org/NHLBI_main.htm



Appareil pour le dégagement des gaz.

Possibile introduzione di modelli quantomeccanici a livello di scuola secondaria superiore.

Avvicinamento al concetto di orbitale - Parte I

Roberto Soldà
roberto.solda@libero.it

Riassunto

Nella prima parte del presente articolo vengono discusse le difficoltà che si incontrano nell'affrontare argomenti quali "struttura atomica" e "legame chimico" in termini di meccanica quantistica a livelli di scuola secondaria superiore senza le dovute cautele e senza predisporre le necessarie premesse.

L'argomento viene analizzato mettendo a confronto punti di vista qualificati e cercando di cautelare i docenti rispetto a una tradizione didattica eccessivamente semplificatoria che ha dominato in gran parte gli interventi di questo tipo.

In chiusura di questa discussione, si consiglia di affrontare l'argomento con l'aiuto di attività di laboratorio (vedi seconda parte dell'articolo) e intanto si invitano i docenti a fare in modo che gli alunni prendano familiarità con l'argomento attraverso letture e simulazioni al computer.

1. Premessa

Anche se i concetti della meccanica quantistica e soprattutto quello di orbitale sono ad alto contenuto formale e astratto, alcuni di essi fondamentali possono essere esposti in forma elementare, pur implicando una approfondita padronanza della meccanica quantistica e un notevole grado di consapevolezza del livello di sviluppo cognitivo raggiunto dagli allievi ai quali si intende proporre una introduzione alla meccanica quantistica (MQ). Ciò premesso, vengono espone alcune osservazioni e considerazioni che si ritengono utili per gli insegnanti, al fine di presentarla in modo corretto.

Quindi per sopperire almeno parzialmente alle difficoltà di comprensione dei concetti astratti e altamente formali da parte dei ragazzi che nella maggioranza dei casi, in base alle ricerche pedagogiche di M. Shayer, hanno appena completato o stanno completando uno stadio di sviluppo cognitivo adeguato, si evidenzia come si possono sfruttare convenientemente le conoscenze pregresse acquisite.

In prima analisi è noto come nella scuola secondaria sia buona prassi presentare la struttura atomica basandosi sul modello atomico a gusci anziché su quello orbitalico; sarebbe infatti una operazione spericolata tentare di utilizzare, senza le dovute cautele, il modello ad orbitali per spiegare la struttura atomica e i legami chimici data la sua intrinseca difficoltà concettuale.

Tuttavia ho l'impressione che, adducendo come motivazione il fatto che la meccanica quantistica è poco intuitiva, venga tralasciato quanto in prospettiva potrebbe essere utile ai ragazzi delle scuole secondarie superiori.

In due articoli pubblicati abbastanza recentemente in questa rivista Villani [1,2] ha rilevato giustamente che "l'immagine del mondo che la scienza contemporanea ha elaborato nel secolo XX e le problematiche filosofiche da essa aperte sono cose "spettacolari" ed "inedite" che col tempo dovrebbero permeare anche la cultura in generale e quella scientifica non specialistica in particolare". Ancora Villani afferma "È ormai quasi un secolo che è nata la meccanica quantistica. Tuttavia, proprio a causa della sua "originale" visione del mondo a tutt'oggi essa è largamente utilizzata, ma poco padroneggiata. Se questo è un handicap a livello di ricerca specifica, diventa un grosso problema per la didattica sia universitaria sia secondaria. Si è, quindi, sviluppato un movimento tendente a risolvere il problema a monte eliminando l'utilizzo di concetti quantistici nelle scuole secondarie ed oltre. La mia posizione è, invece, che il docente deve padroneggiare tali concetti decidendo poi autonomamente scuola per scuola e classe per classe fino a che punto è possibile fare intuire, se non completamente capire, tali concetti moderni. L'approfondimento della nascita della meccanica quantistica e del suo successivo sviluppo consente, inoltre, concrete possibilità di studio interdisciplinare della Scienza con la Filosofia e la Storia"[3]

Da parte sua Del Re ha fatto vedere[4] che "...concetti come quello di orbitale sono potenti ausili nella spiegazione della struttura molecolare a livello di meccanica quantistica, e che escluderli dal discorso didattico solo perché non sono rigorosi può negare agli allievi l'occasione di conoscere uno dei modi in cui si arriva a una scoperta scientifica."

E ciò vale per tutti i concetti della meccanica quantistica oltre che per quello di orbitale.

Da un'indagine personalmente svolta emerge che in generale gli insegnanti di fisica nella scuola media superiore, tranne che in alcuni licei scientifici ed in certi istituti tecnici, non trattano l'orbitale adducendo la mancanza di tempo disponibile e la conseguenza è che, per consolidata consuetudine, la trattazione dell'orbitale viene delegata agli insegnanti di chimica.

Comunque il "modello ad orbitali", oltre ad essere più complesso di quello a gusci, non è indispensabile per spiegare la struttura atomica, i legami chimici e la geometria delle molecole in un corso di chimica di base. Di conseguenza in alcuni testi di chimica generale per la scuola media superiore vengono tralasciate le esperienze, i concetti fondamentali e le teorie che hanno consentito di elaborare la teoria quanto-meccanica dell'atomo.

In definitiva, si può dire che attualmente l'insegnamento, non tanto del concetto di orbitale ma soprattutto dei concetti di base della meccanica quantistica che sarebbero accessibili ai ragazzi, rischia di venire disatteso negli insegnamenti d'ambito scientifico.

Tale inconveniente, a mio avviso, può essere evitato se si introducessero in modo efficace alcuni concetti fondamentali della meccanica quantistica, mediante una trattazione alla portata degli studenti secondari, compatibilmente con le loro conoscenze di matematica e di fisica.

In tale modo tutti gli allievi avrebbero la possibilità di apprendere a scuola tali concetti, tenendo anche presente che, come è stato sottolineato giustamente, l'informazione oltre a servire, come base sulla quale sviluppare l'apprendimento consapevole, serve come incentivo alla motivazione e quindi alla indispensabile "voglia di apprendere"[5].

D'altro canto lo stesso professore Mirone, che pure propende per il modello a gusci, in un articolo pubblicato parecchi anni fa[6] riconosce che anche a livello di scuola secondaria è possibile un'introduzione degli elementi di meccanica quantistica nell'insegnamento scientifico sempre preservando un certo rigore scientifico.

Questo è tanto più vero ora che, grazie all'ausilio del computer, gli esperimenti di una certa complessità, non realizzabili in un laboratorio scolastico, possono essere non solo visti ma addirittura simulati con la partecipazione attiva dei ragazzi.

Nella seconda parte di questo articolo verrà proposto appunto un percorso didattico che potrebbe servire come base sperimentale per affrontare la trattazione di alcuni concetti della meccanica quantistica, compreso un certo avvicinamento al concetto di orbitale.

In questa prima parte ci soffermeremo su alcune osservazioni relative agli esperimenti di interferenza con doppia fenditura ed alcune considerazioni circa la relazione fra funzione d'onda, probabilità e il principio d'indeterminazione.

2. Osservazioni relative agli esperimenti d'interferenza con doppia fenditura

Per quanto riguarda il comportamento ondulatorio degli elettroni, solitamente nei testi scolastici di chimica per la Scuola Secondaria Superiore, viene ricordato solamente l'esperimento di diffrazione degli elettroni con il quale i ricercatori americani J. Davisson e L. H. Germer e i ricercatori inglesi G. P. Thomson e A. Reid confermarono l'ipotesi di De Broglie (1927) circa la doppia natura, particellare e ondulatoria degli elettroni. Ma nel 1959 venne eseguito per la prima volta da G. Möllenstedt e C. Jönsson un esperimento di interferenza con un fascio di elettroni attraverso una doppia fenditura, analogo all'esperimento condotto da T. Young sui fotoni.

L'esperimento di Möllenstedt e Jönsson fu importante, soprattutto dal punto di vista didattico, perché un'analisi dell'esperimento di interferenza da doppia fenditura è il modo più diretto per introdurre il concetto di ampiezza di probabilità ed il principio di sovrapposizione che sono l'essenza del comportamento quantistico. Questo esperimento, presentato per molti anni come esperimento "pensato", diventò quindi più convincente di quello della diffrazione per dimostrare la natura ondulatoria degli elettroni.

Tuttavia, per rendere tale esperimento ancora più interessante, occorre mostrare che il fenomeno d'interferenza veniva prodotto anche dal passaggio di un solo elettrone per volta e che quindi il comportamento ondulatorio **non era da associarsi al fascio di elettroni ma al singolo elettrone**.

Nel 1974 tre ricercatori italiani: P. G. Merli, G. F. Missiroli e G. Pozzi, dell'Università di Bologna, riuscirono a portare a termine l'esperimento, usando un potente microscopio elettronico che per la prima volta poteva rilevare anche il passaggio di un singolo elettrone. Consapevoli dell'importanza concettuale che rivestiva la realizzazione dell'interferenza di singolo elettrone, realizzarono in laboratorio il famoso esperimento ideale della fisica quantistica e filmarono la formazione delle frange di interferenza.

Tale esperimento venne realizzato alcuni anni dopo nel 1989 anche dal giapponese Akira Tonomura e dal suo gruppo.

Le immagini del film mostrano che le frange si formano allo stesso modo se si aumenta costantemente il numero di elettroni che passano o se viene registrato in tempi successivi l'effetto di un singolo elettrone e confermano che **un elettrone, in tali condizioni sperimentali, si comporta come un'onda**.

L'esperimento di interferenza degli elettroni con la doppia fenditura ci insegna che gli elettroni, che attraversano la fenditura nello schermo, contribuiscono uno ad uno a produrre sulla lastra una figura di interferenza simile a quella ottenuta con la luce; tuttavia non è corretto pensare ad un elettrone (o ad un qualunque altro sistema quantistico) come ad un'onda di materia, perché il singolo elettrone, incidendo sul rivelatore, non produce una figura di interferenza, ma solo un puntino annerito ben definito; non è nemmeno corretto pensare alla funzione d'onda del sistema quantistico come ad una grandezza che esprime le proprietà ondulatorie collettive ad esempio di tutti gli elettroni che, col tempo, incidono sul rivelatore, perché sappiamo che l'esperimento produce gli stessi risultati anche quando gli elettroni sono inviati attraverso la doppia fenditura e contro il rivelatore uno per volta, senza che abbiano la possibilità di interagire (e

Avvicinamento al concetto di orbitale – Parte I

quindi di interferire) l'uno con l'altro; le proprietà ondulatorie della materia che emergono dall'esperimento sono pertanto da attribuire alla singola particella quantistica (un elettrone, in questo caso), e non a fenomeni di tipo statistico derivanti dall'averne un gran numero di particelle interagenti tra di loro. La funzione d'onda non è quindi un'onda di materia, ma deve essere un'onda di probabilità affinché sia salvaguardata la natura intrinsecamente probabilistica del fenomeno a causa del quale l'elettrone che attraversa la doppia fenditura dà interferenza.

A proposito di questo esperimento, credo interessante comunque riprendere, a uso e consumo degli insegnanti, alcuni commenti direttamente dalla letteratura.

“...Merli, Missiroli e Pozzi (indicati con MMP) furono i primi a realizzare un esperimento reale più ricco e suggestivo di quello ideale, direi più “pulito”. Inoltre, il loro esperimento dimostra - su base empirica, appunto - che una serie di tentativi di spiegazione precedentemente avanzati non sono praticabili. Il problema è: come si formano le frange? Qual è il meccanismo sottostante? Le risposte si radicano nel significato stesso della Meccanica Quantistica (MQ), ovvero come vadano interpretate le formule che vi compaiono, e quali siano le implicazioni filosofiche che ne conseguono. Esiste una vastissima letteratura sull'argomento. Ora però rimandiamo sull'esperimento, riprendendo, come esempi, alcune spiegazioni che sono state avanzate. Sarò necessariamente schematico. Prima spiegazione. La distribuzione che vediamo è quella che descrive l'intensità luminosa nei fenomeni di interferenza della luce in quanto riflette la natura stessa degli enti che generano la distribuzione. Oppure, all'opposto, l'esperimento ci mette in guardia dal non confondere le proprietà di una distribuzione statistica con le proprietà degli enti esaminati per costruire la distribuzione. Nella prima ipotesi, se si ammette l'esistenza di un'onda reale (o un pacchetto d'onde) di natura fisica nota, ossia elettromagnetica, associata in qualche modo all'elettrone, allora il meccanismo di formazione delle frange è spiegabile (come per altro è stato proposto) se si ritiene che l'elettrone riveli: a) nell'emissione la sua natura di corpuscolo, b) nel dispositivo interferenziale la sua natura di onda, c) nello schermo di ricezione nuovamente la natura di corpuscolo. Ma questa ipotesi è tagliata fuori dall'esperimento, in quanto (cito MMP) “in questo caso avremmo dovuto avere delle frange d'intensità decrescente al decrescere dell'intensità della corrente”. Ma ciò non avviene. Nella seconda ipotesi, le frange sono un epifenomeno. Gli elettroni sono corpuscoli e basta.

Alcuni anni prima dell'esperimento di MMP, l'esperimento ideale fu rivisitato da Karl Popper, uno dei massimi filosofi del 1900, sulla scorta di una sua invenzione filosofica, ossia una nuova interpretazione della probabilità su basi non epistemiche. In questa interpretazione, la probabilità è una proprietà oggettiva della situazione fisica. Qualcosa come una forza newtoniana, ma di carattere non deterministico, che agisce sulla singola particella. Senza entrare nell'argomento, basti dire che le idee di Popper furono riprese nel 1970 dal fisico Leslie Ballantine e ancora si ritrovano in un suo recente (ed eccellente) testo di MQ, la cui ultima ristampa è del 2003. Per Popper (e Ballantine) gli elettroni sono corpuscoli, non vi sono onde associate, né pacchetti d'onda.

La MQ sarebbe una teoria statistica, nel senso della meccanica statistica, una teoria che parla di insiemi di entità, non di elementi singoli. Sullo sfondo, detto per inciso, c'è uno dei più grandi dibattiti della storia della scienza, quello tra Einstein e Bohr sulla completezza o meno della MQ. Se gli elettroni sono soltanto corpuscoli, la formazione delle frange è spiegata su un'idea risalente al 1923, ossia come il risultato di trasferimento di impulso, impulso meccanico e quantizzato, tra il singolo elettrone e la struttura periodica (anche di periodo 2, come nell'esperimento ideale) dell'apparato interferometrico.

Ma anche questa spiegazione si rivela insostenibile, in quanto nell'esperimento reale le due fenditure sono puramente virtuali e non vi è alcun trasferimento di impulso meccanico, come per altro sottolineano MMP: “non vi è alcuna interazione dell'elettrone con il materiale”. Gli elettroni, infatti, sono deviati da un filo carico elettricamente. L'esperimento reale però non compare negli scritti successivi di Popper, anche se il filosofo ancora si dilunga sull'esperimento delle due fenditure, quello ideale. Va detto che su tutta la letteratura filosofica, l'esperimento di MMP non ebbe praticamente alcuna influenza.

Infine, è stata più volte avanzata l'idea, prima e anche una decina d'anni dopo l'esperimento di MMP, che le frange si potrebbero generare grazie al fatto che gli elettroni interagiscono in qualche modo tra loro. Ma nell'esperimento (cito MMP) “gli elettroni sono separati in media fra loro da una distanza dell'ordine della decina di metri per cui passano nel dispositivo interferometrico uno alla volta”. Nella loro vita, dunque, gli elettroni non si incontrano mai.

Quando uno nasce (è emesso), il precedente è già morto (assorbito). Questo è il punto essenziale ed il grande pregio dell'esperimento. Certo, gli elettroni non hanno tra loro alcuna forma di interazione nota, pure sembrerebbe che ciascuno di essi sappia che deve cooperare con chi l'ha preceduto e con quello che seguirà, al fine di riprodurre tutti insieme (quando sono alcune decine di migliaia) le figure dell'ottica ondulatoria.

Ciò che l'esperimento porta alla luce, quindi, è la tensione tra il singolo e l'insieme, tra l'uno e i molti. Nel singolo elettrone misuriamo proprietà quali la carica, la massa, lo spin. Ma man mano che l'individualità si perde, una nuova natura dell'elettrone si disvela nell'insieme. Solo nell'insieme emerge un comportamento dinamico che chiamiamo ondulatorio.

L'esperimento, nella sua limpidezza, ci porta - possiamo dire: naturalmente - a riflettere su concetti molto profondi. Forse, e questo è un altro pregio, ci insegna anche nuove strade da esplorare sia sul piano fisico che su quello filosofico.”

“...Resta comunque da stabilire il limite di demarcazione che separa il mondo classico da quello quantistico, la dimensione minima al di sopra della quale è possibile guardare tranquillamente con le nostre consuete convenzioni un qualsiasi oggetto. Una ricerca che vede Markus Arndt ed i suoi colleghi dell'Università di Vienna raggiungere risultati spesso sorprendenti. Ad esempio, nel 1999 sono riusciti a dimostrare che anche il fullerene, una molecola composta da 60 atomi di carbonio disposti secondo una geometria che la rende simile ad un pallone da calcio in miniatura, si muove nello spazio in accordo con quanto previsto dalla meccanica quantistica. Ora lo stesso gruppo si è spinto nell'esame di molecole ancora più complesse come quella di tetraphenilporfirina (TPP), una struttura a forma di disco che ha un diametro doppio rispetto a quella del fullerene. Per dimostrare che questi oggetti si muovono secondo le previsioni quantistiche, si ricorre ad una tecnica capace di rivelare se nel loro movimento manifestano caratteristiche di tipo ondulatorio. In pratica, l'esperimento si basa su una proprietà tipica delle onde, quello di produrre degli effetti d'interferenza, un fenomeno ben noto nel nostro mondo macroscopico. Consideriamo ad esempio un recipiente pieno d'acqua suddiviso da una barriera con una piccola apertura. Se produciamo delle onde da un lato possiamo osservare che al di là del foro si produce un fronte d'onda circolare. Se a questo punto nello schermo viene introdotta una seconda apertura avremo che i due fronti circolari che vengono così a formarsi, si sovrappongono producendo un'onda risultante con un profilo regolare di massimi e minimi che rappresenta il risultato del processo d'interferenza. Si ottiene lo stesso fenomeno anche nel caso di un fascio luminoso e secondo quanto previsto da Louis de Broglie, anche se si prendono in esame delle particelle microscopiche. Gli esperimenti sulla tetraphenilporfirina rivestono un grande interesse, oltre che per le grandi dimensioni della molecola, anche perché all'interno di questa molecola è presente un composto del gruppo chimico della porfirine. Queste sono molecole di grande importanza dal punto di vista biologico, perché permettono alle piante di assorbire la luce ed alla emoglobina del nostro sangue di fissare l'ossigeno. Alle porfirine spetterà adesso anche il merito di avere dimostrato che anche per le macromolecole organiche è valida la meccanica quantistica [7].”

3. Considerazioni didattiche sull'introduzione di alcuni concetti di meccanica quantistica.

L'obiettivo è di “guidare” i ragazzi verso una definizione sufficientemente corretta del concetto di funzione d'onda per un avvicinamento in prospettiva al concetto di orbitale.

Come è noto, la funzione d'onda è una grandezza che gode di due proprietà importanti:

- 1) pur non essendo un'onda fisica, comporta un'ampiezza nel senso che due funzioni d'onda interferiscono costruttivamente o distruttivamente analogamente a due onde fisiche;
- 2) il quadrato della funzione d'onda, calcolato in una data posizione (individuata dalle tre coordinate x, y e z dello spazio), permette di calcolare la probabilità di trovare la particella in quella posizione.

Ebbene il fatto che la funzione d'onda di una particella si comporti, pur non essendo un'onda fisica, come un'ampiezza il cui quadrato serve per calcolare la probabilità di posizione della particella, permette l'utilizzazione degli “elementi di probabilità” a conoscenza degli allievi e soprattutto un approccio sperimentale al concetto di funzione d'onda.

In questo approccio gioca un ruolo fondamentale il concetto di probabilità che è indispensabile anzitutto per comprendere la relazione di proporzionalità quadratica fra probabilità ed ampiezza, secondo la seguente relazione:

$$\text{Probabilità} = K \cdot A^2$$

dove con A si indica l'ampiezza.

Pertanto, prima di “iniziare” i ragazzi alla meccanica quantistica, è consigliabile approfondire gli elementi di statistica e il concetto di probabilità che vengono accennati nella scuola primaria e poi ripresi in quella secondaria di primo grado (come è noto argomenti di probabilità e statistica sono presenti nei programmi della scuola primaria fin dal 1985 e nella scuola secondaria di primo grado a partire dal 1979).

Inoltre è opportuno sottolineare che sperimentare con un fascio di elettroni è come eseguire un grande numero di misure e che, in tali condizioni, come con i sistemi costituiti da un numero molto elevato di elementi, assume importanza la statistica e, appunto, il concetto di probabilità.

Poi, per quanto riguarda le varie relazioni (la relazione di Einstein per l'effetto fotoelettrico, la relazione di De Broglie, ecc.), è necessario introdurle, partendo sempre da osservazioni o, comunque, da dati sperimentali senza farle imparare a memoria e con domande adeguate al fine di ottenere non un apprendimento mnemonico, bensì la comprensione di tali relazioni.

E ciò, a maggiore ragione, vale naturalmente anche per la relazione fra la funzione d'onda e la probabilità e la relazione d'indeterminazione di Heisenberg.

Entrambe le relazioni devono scaturire in base alle osservazioni che, come viene esposto più avanti, gli allievi con la guida dell'insegnante possono trarre dall'esperimento relativo all'effetto fotoelettrico, dalla simulazione al PC dell'esperimento alla Young e dall'analisi delle varie figure relative all'esperimento alla Young, che verranno loro fornite insieme alla scheda con le domande.

Tuttavia prima di iniziare l'attività didattica vera e propria, vista l'oggettiva difficoltà dei concetti che si vogliono intro-

Avvicinamento al concetto di orbitale – Parte I

durre, sarebbe opportuno utilizzare alcuni strumenti atti a familiarizzare lo studente con i concetti suddetti. In questo modo è possibile, da un punto di vista psicologico, predisporre un atteggiamento positivo da parte dello studente.

Possono essere usati strumenti diversi a seconda dell'esperienza del docente. In questa sede se ne suggeriscono due:

1) si anticipa la visione delle simulazioni al computer delle esperienze di interferenza, seguite da discussione con il docente; queste simulazioni verranno rivisitate dopo che i concetti saranno stati sperimentalmente introdotti. In Internet si trovano programmi di questo tipo[8].

2) si ricorre alla lettura di "favole metaforiche" quali "Alice nel paese dei quanti"[9], di cui si riporta un estratto in appendice.

Testi consultati

U. Amaldi, *Il mondo della fisica*, Zanichelli Editore, Bologna, 1991.

P. W. Atkins, *Chimica fisica*, Zanichelli Editore, Bologna, 1994.

F. Bueche, *La scienza della fisica*, Zanichelli Editore, Bologna, 1977.

C.A. Coulson, *La valenza*, Zanichelli, Bologna, 1961.

R. E. Dickerson, I. Geis, *Chimica, materia e universo*, Zanichelli Editore, Bologna, 1980.

M. Fazio, M. C. Montano, *Fisica*, vol. 3°, Arnoldo Mondadori Editore, Milano, 1991.

R. J. Gillespie, D. A. Humphreys, N. Colin Baird, E. A. Robinson, *Chimica*, Società Editrice Scientifica, Napoli, 1990.

M. Guardo, *Lezioni di chimica fisica*, vol. 1°, Zanichelli Editore, Bologna, 1989.

G. Herzberg, *Spettri atomici e struttura atomica*, Edizioni Universitarie Boringhieri, Torino, 1961.

G. Manuzio, G. Passatore, *Verso la fisica*, Casa Editrice Principato, Milano, 1990.

MPI, *Conferenze di fisica dai corsi di aggiornamento per gli insegnanti delle scuole secondarie*, vol. 2°, Feltrinelli Editore, Milano, 1967.

L. Pauling, *La natura del legame chimico*, Edizioni italiane, Roma, 1960.

L. Pauling, E. B. Wilson, *Introduzione alla Meccanica Quantistica*, Piccin Editore, Padova, 1968.

G. C. Pimentel, R. D. Spratley, *Chimica generale*, Zanichelli Editore, Bologna, 1975.

Bibliografia

[1] G. Villani, *CnS-La Chimica nella Scuola*, 2003, **25**, 123

[2] G. Villani, *CnS-La Chimica nella Scuola*, 2005, **27**, 138

[3] G. Villani, *SPAIS 2006 Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze*, Castello di Caccamo, Palermo.

[4] G. Del Re, *CnS-La Chimica nella Scuola*, 2007, **29**, 145

[5] P. Riani, M. V. Massidda, *CnS-La Chimica nella Scuola*, 2004, **26**, 4

[6] P. Mirone, *CnS-La Chimica nella Scuola*, 1980, **2**, 1S

[7] http://guide.supereva.it/fisica_applicata/interventi/2003/09/142826.shtml

[8] <http://video.google.com/vodeoplay?docid=2103619420771405578#>

<http://lxml.infin.mi.infin.it/~phys2000/>

[9] R. Gilmore, *Alice nel paese dei quanti*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 1996

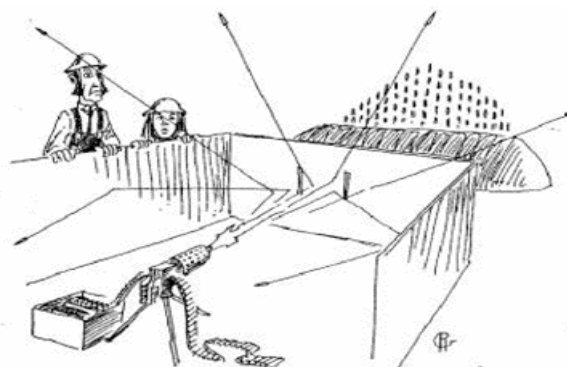
Appendice

"Alice nel paese dei quanti" (9). pag. 52-56.

...Guarda come sono fatte le onde sotto la freccia verde!", strillò il Meccanico, che era eccitatissimo - senza alcuna necessità, a parere di Alice. Lei fece però come le diceva e vide che nel punto indicato l'acqua era rialzata in entrambe le situazioni. "Ciascun foro del muretto ha prodotto un'onda che in un punto particolare si innalza: quando entrambi i fori sono aperti qui l'onda è due volte più alta, e complessivamente la salita e la discesa dell'acqua è molto maggiore che quando c'è un buco solo. Questa è ciò che si chiama interferenza costruttiva". "Ora guarda che succede alle onde sotto la freccia rossa". Alice si rese conto che mentre uno dei due fori in quel punto produceva un innalzamento, l'altro produceva un avvallamento della superficie. "Tu capisci che in questa posizione l'onda che viene da un buco va su, mentre l'altra si abbassa: quando sono presenti tutte e due insieme, si cancellano l'un l'altra, e l'effetto globale è nullo. Questa è ciò che si chiama interferenza distruttiva". "Questo è tutto ciò che c'è veramente da dire sull'interferenza delle onde. Quando due onde si sovrappongono e si combinano una con l'altra, le loro ampiezze (cioè, come ti ho già detto, quanto vanno in su o in giù) fanno altrettanto. In alcuni punti le onde che danno un contributo al fenomeno vanno tutte nella stessa direzione, così i disturbi si sommano e si ottiene un effetto maggiore. In altri vanno invece in direzioni diverse e si cancellano una con l'altra". "Sì, credo di star cominciando a seguirLa", disse Alice. "Sta dicendo che le porte della Banca Heisenberg funzionavano come le fessure del muretto e facevano una specie di effetto più grosso nel posto dove avevo bisogno di andare, mentre in altri luoghi si cancellavano a vicenda. Però non riesco a capire come l'interferenza possa funzionare nel mio caso. Con le onde dell'acqua Lei ha detto che c'è un'onda più grossa in un posto e più piccola in un altro perché c'è questa interferenza. Ma io non sono un'onda. Le onde si diffondevano su tutta la superficie, mentre io sono sempre in un solo posto alla volta". "Giustissimo!" tuonò trionfalmente il Meccanico Classico. "Questo è il problema. Hai detto bene: tu sei in uno e in un sol posto alla volta. Sei un qualcosa che assomiglia di più a una particella che a un'onda. E le particelle si comportano in modo molto diverso nel Mondo Classico (che è un posto sensato!) Un'onda viene diffusa in un'area vasta e in qualunque luogo di quest'area se ne può

osservare solo una piccola porzione. L'interferenza può far sì che in diversi luoghi se ne possa ottenere di più o di meno, ma è sempre solo una piccola parte dell'onda quello che vedi. Una particella, invece, è collocata in un qualche punto. Se guardi in posti diversi, o ci trovi la particella tutt'intera o, semplicemente, lì la particella non c'è per niente. Nella meccanica classica non è questione di particelle che mostrino effetti di interferenza. Adesso ti faccio vedere". Si rivolse al pavimento della Sala Gedanken, fissandolo attentamente. La superficie si trasformò da acqua che era in un'area liscia fatta di piastre d'acciaio, con barriere corazzate tutt'intorno, alte abbastanza da potercisi nascondere dietro. Verso il mezzo del pavimento, dove era emerso dall'acqua quel basso muricciolo, ora c'era un'alta barriera corazzata, con una stretta feritoia leggermente a sinistra del centro. "Ecco ; adesso abbiamo là stessa messinscena di prima, ma l'ho un po' cambiata in modo da poter osservare particelle veloci. Che poi sono qualcosa che va come un proiettile, perciò useremo proprio dei proiettili".

Fece un gesto verso un'estremità della sala e apparve spiacevole a vedersi - una mitragliatrice con molte scatole di munizioni accanto. "Questa mitragliatrice non è montata in modo fisso, e non spara sempre nella stessa direzione. Alcune pallottole colpiranno la feritoia nella barriera e ci passeranno attraverso, come faceva una parte dell'onda nel nostro recentissimo esperimento mentale. La maggior parte di esse, ovviamente, colpiranno l'acciaio e rimbalzeranno via. Accidenti! ora che mi viene in mente", aggiunse improvvisamente, "faremmo meglio a indossare questi, nel caso ci colpisse qualche pallottola vagante". Tirò fuori due elmetti di acciaio e ne passò uno ad Alice. "Ma ci servono davvero?", si informò Alice. "Pensavo che visto che è solo un esperimento mentale anche quelli fossero proiettili mentali e non ci potessero far del male." "Beh, sarà anche così. Ma ti potrebbe venire in mente che sei stata colpita da un proiettile, e non credo che sarebbe molto divertente, no?"



Alice si infilò l'elmetto. Le dava una gran noia tenerlo in testa e non poteva far a meno di pensare che non servisse proprio a un bel niente, ma continuare a discutere non pareva molto opportuno. Il Meccanico, dritto in piedi, fece un gesto imperioso con la mano e la mitragliatrice cominciò a sparare facendo un baccano infernale. Sputava proiettili a fiumi, in modo irregolare; per la maggior parte colpivano lo schermo corazzato e fischiavano via in tutte le direzioni; ma alcuni passavano attraverso la feritoia della barriera e colpivano il muro opposto. Alice era stupefatta: quando una pallottola toccava il muro, si arrestava immediatamente per poi mettersi lentamente in posizione verticale, rimanendo sospesa in aria proprio davanti al punto di impatto con il muro. "Come puoi notare, l'onda dell'acqua si diffondeva lungo tutto il muro opposto, ma un proiettile colpisce solo in un punto. Tuttavia, in questo esperimento la probabilità che un proiettile colpisca il muro di fondo opposto alla feritoia è maggiore di quella che rimbalzi sul bordo della feritoia e finisca di lato, parecchio lontano. Se aspettiamo un po', potremo vedere come varia la probabilità per i vari punti del muro." Via via che il tempo passava e l'aria si riempiva di pallottole vaganti, il numero di quelle che se ne stavano sospese in aria davanti al muro aumentava stabilmente. Alice poteva ormai distinguere che si stava sviluppando una tendenza ben definita. "Ecco, ora puoi vedere come i proiettili che sono passati per la feritoia si sono distribuiti lungo il muro", osservò il Meccanico, e la mitragliatrice si acquietò. "La maggior parte è finita direttamente davanti alla feritoia, e il numero decresce costantemente se ci si posta, su entrambi i lati. Ora vediamo un po' che succede se apriamo una feritoia a destra invece che a sinistra." Un altro gesto con la mano e la feritoia si spostò un po' a destra del centro, i proiettili sospesi in aria caddero a terra e la mitragliatrice ricominciò a sparare. Nonostante che la dimostrazione fosse piuttosto fracassona e la mettesse tutta sottosopra, per quanto Alice poteva vedere il risultato finale fu esattamente lo stesso della volta prima. Francamente, era alquanto deludente. "Come certamente noti" - disse il Meccanico con malriposta fiducia - "la distribuzione è simile a quella precedente, ma è leggermente spostata a destra, perché il centro è opposto al nuovo punto in cui si trova ora la feritoia." Alice non vedeva nessuna differenza, ma era già preparata ad accettare la sua parola. "Ora", fece il Meccanico con aria drammatica, "guarda che succede se apriamo entrambe le feritoie." Proprio come prima, ad Alice non riuscì di notare la minima differenza, se non nel fatto che essendoci due feritoie aperte, c'erano più proiettili che colpivano il muro di fondo. Questa volta però decise di dire la sua: "Io non lo so, ma mi sembra proprio la stessa cosa tutte le volte", fece con l'aria di scusarsi. "Esattamente!", ribatté il Meccanico tutto soddisfatto. "Eccetto che - come certamente avrai notato - il centro della distribuzione si trova ora opposto al punto di mezzo fra le due feritoie. Abbiamo una distribuzione di probabilità per i proiettili che passano attraverso la feritoia di destra, una per quelli che passano a sinistra. Quando sono entrambe aperte, i proiettili passano attraverso tutte e due le feritoie, cosicché la distribuzione globale è data dalla somma delle probabilità che abbiamo per ciascuna delle due feritoie prese singolarmente, perché i proiettili devono passare attraverso una o l'altra delle due, ma non possono passare attraverso entrambe. Non è vero?" Queste ultime parole erano rivolte al Meccanico Quantistico che stava entrando nella Sala proprio in quel momento. "Questo lo dici tu", rispose il suo collega, "ma come fai a esserne sicuro? Guardate un po' che succede se ripetiamo il tuo esperimento Gedanken con degli elettroni. A sua volta il Meccanico quantistico cominciò a fare gesti in direzione del pavimento. Non erano così decisi come quelli del collega, ma sembrava che funzionassero altrettanto bene..."



...Scomparve la mitragliatrice insieme con le piastre corazzate. Il pavimento ritornò a essere di quello strano materiale luccicante che Alice aveva visto all'inizio, ma l'ormai familiare barriera con due fenditure vicino al centro se ne rimase lì a dividere a metà la stanza. Sul muro di fondo era ora apparso un grande schermo che mandava una luminescenza verdastra. "Quello è uno schermo fluorescente", mormorò il Meccanico all'orecchio di Alice. "Fa un lampo. di luce quando un elettrone lo colpisce, così lo si può utilizzare per individuare dove si trovano." Dalla parte opposta della stanza, sul pavimento, dove prima c'era stata la mitragliatrice, c'era ora un altro ordigno. Era un affarino piccolo, simile a una versione in miniatura dei cannoni per sparare gli acrobati che a volte si vedono nei circhi. "Che roba è?", chiese Alice. "Cosa vuoi che sia? Un cannone elettronico, ovviamente." Alice guardò più attentamente e poté vedere che c'era una corta scaletta che conduceva fino alla bocca del cannone e una fila di elettroni che aspettavano di essere sparati. Sembravano parecchio più piccoli dell'ultima volta che li aveva visti. "È chiaro!", disse fra sé e sé.

"Questi sono soltanto elettroni mentali." Mentre li stava osservando, rimase stupita di vederli girarsi e farle cenno con la manina. "Ma come fanno a conoscermi?", si chiese. "Devono essere per forza tutti lo stesso elettrone che ho conosciuto prima!" "Fuoco!", ordinò il Meccanico Quantistico e gli elettroni cominciarono a correre su per la scaletta e a tuffarsi nel cannone che li sparava via con un flusso ininterrotto. Alice non riusciva a distinguerli mentre erano in volo, ma vedeva un lampo di luce brillante sullo schermo, ogni volta che uno di essi lo colpiva. Quando la luce si smorzava, lasciava una stellina luccicante sullo schermo che restava lì a marcare la posizione in cui l'elettrone era arrivato. Come era successo prima con la mitragliatrice, il cannone elettronico continuò a sparare il suo flusso di elettroni, e l'ammasso di stelline luccicanti cominciò ad assumere una distribuzione riconoscibile. In un primo momento Alice non era ben sicura di ciò che vedeva, ma via via che il numero di stelline sullo schermo andava crescendo diventava chiaro che la loro distribuzione era assai diversa da quella rappresentata dal precedente ammasso di proiettili.

I proiettili si erano distribuiti con una lenta e continua diminuzione verso i lati a partire dal numero massimo nel centro. Le stelline invece si erano sistemate in strisce verticali lasciando dei vuoti scuri fra l'una e l'altra. Alice si rese conto che in qualche modo la situazione assomigliava a quella che aveva visto nel caso delle onde, in cui c'erano regioni di forte attività separate da aree più calme. Ora c'erano delle regioni in cui erano stati individuati molti elettroni, e fra l'una e l'altra di queste ce n'erano andati a finire molto pochi. Non fu dunque una gran sorpresa per lei che il Meccanico Quantistico dicesse: "Ecco, vedete: un chiaro effetto di interferenza. Nel caso delle onde nell'acqua avevate ottenuto regioni in cui c'era più o meno moto in superficie. Ora ogni elettrone è andato a colpire una sola posizione, ma la probabilità di scoprire il luogo in cui un elettrone ha colpito varia da una posizione all'altra. La distribuzione delle differenti intensità d'onda che avete osservato prima è ora rimpiazzata da una distribuzione di probabilità. Con uno o due elettroni una tale distribuzione non è ovvia, ma usando un sacco di elettroni se ne trovano di più nelle regioni di probabilità maggiore. Se avessimo tenuto aperta una, sola fenditura avreste potuto vedere che la distribuzione sarebbe andata calando in modo continuo e tranquillo da entrambe i lati, proprio come nel caso dei proiettili o delle onde nell'acqua quando c'era una sola fenditura aperta. In questo caso vediamo invece che, quando sono aperte tutte e due le fenditure, le ampiezze che provengono da esse interferiscono e producono dei picchi e degli avvallamenti nella distribuzione di probabilità. Il comportamento degli elettroni è del tutto diverso da quello delle tue pallottole, vecchio mio", concluse rivolgendosi al Meccanico Classico. Ma Alice era interdetta. "Non capisco", disse. Le sembrava che da un po' di tempo non le riuscisse di profferire altro. "Vuol dire che ci sono così tanti elettroni che riescono a passare che in qualche modo gli elettroni che passano da uno dei buchi interferiscono con quelli che passano dall'altro?" No, non intendo questo, assolutamente no. Guarda che succede se spariamo un solo elettrone alla volta." Batté le mani e gridò: "OK! Facciamolo ancora, ma piano, questa volta". Gli elettroni si misero di nuovo in azione, o, per essere più precisi, uno di loro si arrampicò fino al cannone e si fece sparare contro la barriera. Gli altri se ne rimasero lì dov'erano. Dopo un po' un altro elettrone andò ad arrampicarsi e fu sparato. La cosa andò avanti per un po' di tempo e Alice poté vedere che andava formandosi la stessa figura fatta di gruppi fitti intervallati da vuoti. Questa volta non era così evidente come prima perché, visò il ritmo lento con cui gli elettroni arrivavano allo schermo, non ce n'erano molti nei gruppi più fitti, ma lo schema generale era abbastanza evidente. "Ecco, puoi vedere che l'effetto di interferenza si verifica anche quando c'è un solo elettrone presente in ogni istante. Un elettrone da solo può esibire l'interferenza. Può passare attraverso tutte e due le fessure e interferire con sé stesso, se così si può dire." "Ma questa è una sciocchezza!", esclamò Alice. "Un elettrone non può passare attraverso entrambe le fessure. Non è una cosa sensata, come ha detto lui", disse accennando al Meccanico Classico che la ricambiò con un'occhiata piena di comprensione. Alice si diresse alla barriera per riuscire a sbirciare da vicino cosa succedesse. Voleva provare a vedere dove andavano gli elettroni mentre passavano attraverso le fessure. Sfortunatamente l'illuminazione si era nel frattempo fatta piuttosto scarsa e gli elettroni si muovevano così velocemente che non riusciva a

distinguere attraverso quale fessura passassero. "È tutto ridicolo qui!", pensò Alice. "Mi serve più luce." Aveva dimenticato di trovarsi nella Sala Gedanken e rimase un po' spaventata quando le apparve accanto un riflettore montato sul suo cavalletto. Subito diresse la luce verso le fessure e con suo gran compiacimento scoprì che si vedeva ora un lampo vicino alla fenditura attraverso cui passava l'elettrone. "Ce l'ho fatta!", gridò entusiasta. "Riesco a vedere gli elettroni che passano attraverso le fessure, ed è proprio come dicevo io: ciascuno di essi passa da una parte o dall'altra." "Ah, ma davvero?", ribatté il Meccanico Quantistico con un tono molto particolare. "Ma hai provato a guardare se sullo schermo c'è sempre la figura di interferenza?" Alice si girò a guardare e con sua meraviglia e confusione vide che ora la distribuzione cadeva dal massimo centrale con continuità verso i lati, proprio come era successo con le pallottole del Meccanico Classico. Sembrava che qualcosa non andasse per il verso giusto. "Succede sempre così: non ci puoi fare nulla", la consolò il Meccanico Quantistico. "Se non hai nessuna osservazione che ti mostri da quale foro passano gli elettroni, allora ottieni gli effetti di interferenza fra le due fenditure. Se ti metti a osservare gli elettroni, scopri che effettivamente si trovano o, in un posto o nell'altro. Ma in questo caso si comportano anche come ti aspetteresti chi facessero se devono passare attraverso uno solo dei due fori e allora non hai più l'interferenza. Il problema è che non c'è modo di osservare gli elettroni senza disturbarli, come quando gli hai puntato addosso il riflettore, e il solo fatto di compiere l'osservazione costringe gli elettroni a scegliere un tipo di azione. Non importa se prendi o non prendi nota di quale fenditura l'elettrone attraversi. E non importa nemmeno se tu ti rendi conto di quale sia la fenditura attraverso cui passa. Qualunque osservazione che possa dirtelo disturberà l'elettrone e fermerà l'interferenza. Gli effetti di interferenza si verificano soltanto quando non c'è modo di poter sapere in quale fessura passi l'elettrone. Che tu poi lo sappia o no, non ha alcuna importanza. "Così, come vedi, quando c'è interferenza sembrerebbe che ciascun elettrone passi per entrambe le fessure. Se fai la prova e controlli, scoprirai che gli elettroni passano attraverso una fessura sola, ma allora ciao interferenza! Non puoi vincere a questo gioco." Alice rimase pensierosa per qualche istante, poi sbottò: "Ma è completamente ridicolo!". "Certo che lo è", fece il Meccanico Classico, uscendo dalla Sala Gedanken con aria alquanto scocciata. Il Quantistico invece sorrideva compiaciuto: "Sono d'accordo anch'io, è piuttosto ridicolo, ma, guarda caso, sembra proprio il modo con cui funziona la Natura, e ci tocca a adattarci. Complementarità, dico io!". "Mi spiegherebbe per piacere che cosa vuol dire con complementarità?", chiese Alice. "E perché no? Complementarità per me vuol dire che ci sono certe cose che non si possono conoscere, non tutte in una volta almeno." "Ma la parola complementarità non vuol dir questo!", protestò Alice. "Sì, quando la uso io", ribatté il Meccanico. "Le parole significano quello che scelgo io. E' solo questione di chi è il padrone, tutto qui. Complementarità, dico io!" "L'ha già detto prima", puntualizzò Alice, che non era poi tanto convinta di questa sua ultima asserzione. "No che non l'ho detto. Questa volta significa che ci sono domande che non si possono porre a proposito di una particella quali, per esempio, dove si trovi e, al tempo stesso, che velocità abbia. In effetti, non ha nemmeno un vero senso parlare di un elettrone come se avesse una posizione precisa." "Per essere una parola sola deve significare un bel po' di roba!", fece Alice, piuttosto acidamente. "Questo di sicuro", ribatté il Meccanico. "Ma quando faccio fare gli straordinari a una parola la pago sempre di più. Temo di non poterti spiegare veramente che cosa succeda agli elettroni. Normalmente si chiede che una spiegazione abbia senso in termini di cose che già si conoscono, e questo la fisica quantistica non lo fa. Sembra un nonsense, però funziona. Probabilmente non si sbaglia a dire che nessuno capisce veramente la meccanica quantistica: come faccio io a spiegarla? Però posso dirti come descriviamo quello che succede. Vieni con me nella stanza qui dietro e cercherò di fare del mio meglio. Lasciarono la Sala Gedanken, il cui pavimento aveva ripreso il suo luccicante aspetto originale, seguendo poi il corridoio fino a un'altra stanza arredata con poltroncine disposte qua e là. Si misero comodi e il Meccanico Quantistico continuò. "Quando parliamo di una situazione, tipo quella degli elettroni che passano attraverso le fessure, la descriviamo con un'ampiezza. Si tratta di qualcosa di simile alle onde che hai visto, e in effetti viene spesso chiamata anche funzione d'onda. L'ampiezza può passare attraverso tutte e due fenditure, e non è sempre positiva, come una probabilità. La probabilità minima che puoi avere è zero, ma l'ampiezza può essere negativa o positiva, dimodoché parti di traiettorie diverse si possono cancellare o sommarsi e produrre interferenza, di nuovo proprio come con le onde nell'acqua." "Ma allora dove sono le particelle?", chiese Alice. "Attraverso quale fessura passano veramente?" "L'ampiezza non ti dice nulla su questo, in effetti. Però, se fai il quadrato dell'ampiezza, se cioè la moltiplichi per sé stessa in modo da ottenere un qualcosa di sicuramente positivo, allora essa ti dà una distribuzione di probabilità. Se scegli una posizione qualunque questa distribuzione ti dirà la probabilità di trovarvi una particella quando vai a osservare." "E questo è tutto ciò che potete dire?", esclamò Alice. Devo dire che mi suona molto insoddisfacente. Non si sa mai dove trovare qualcosa. "Sì, c'è del vero. Per una particella non si può dire dove la troverai, se non che non sarà in una posizione in cui la probabilità è nulla, ma questo è banale. Se però hai un gran numero di particelle, allora puoi essere ben sicura che ne troverai di più dove la probabilità è alta e molte, molte meno dove è più bassa. Se ne hai poi un numero veramente grande, allora si può dire in modo piuttosto accurato quante finiranno qui e quante là."

Il metodo dei rapporti ponderali per la determinazione delle masse atomiche relative, illustrato con modelli macroscopici.

Potenzo Giannoccaro^(a), Gianpiero Giannoccaro^(a), Felice Giovinazzo^(b),
Francesca Italiano^(b), Anna Lamacchia^(b), Vincenza Lamacchia^(b),
Giuseppe Palmisano^(b), Adriana Pedone^(b)

(a) Dipartimento di Chimica, Università degli studi di Bari;

(b) Allievi del IX Ciclo, SSIS Puglia, Classe 13A.

Riassunto

Il modello macroscopico denominato “Molecole, moli, pastine”, in cui alcuni formati di pasta mimano le specie atomiche, viene qui riproposto per illustrare il metodo dei rapporti ponderali (legge di Proust), utilizzato per determinare le prime masse atomiche. L’efficacia, la validità nonché i limiti di questo metodo vengono evidenziati applicandolo alla determinazione delle masse di alcuni formati di pasta (atomi macroscopici) rispetto ad un campione di anellini scelto come formato di riferimento. La bontà dei valori ottenuti è stata confermata alla luce della fondamentale proprietà della mole. E’ stato verificato, infatti, che quantità in grammi pari ai valori delle masse relative dei formati di pasta utilizzati, contengono tutte un ugual numero di pezzi: nel caso degli atomi tale numero rappresenta la costante di Avogadro.

Introduzione

La determinazione delle masse di oggetti macroscopici è un’operazione molto semplice in quanto richiede solo l’uso di una bilancia. Questo metodo, comunque, presenta delle limitazioni potendosi applicare solo ad oggetti la cui massa rientra nel “range” di sensibilità delle bilance. Nel caso di oggetti microscopici o submicroscopici, quali sono gli atomi, i cui valori delle masse assolute ($\sim 10^{-23}$ g) sono di molti ordini di grandezza inferiori alla sensibilità delle bilance attualmente in uso (10^{-6} g), la procedura è inapplicabile. Quando non è possibile determinare i valori assoluti di una grandezza si fa ricorso all’uso di valori relativi. E’ questo il motivo per cui le masse atomiche sono espresse come masse relative. Tra grandezze assolute e grandezze relative vi è una sostanziale differenza. Mentre le prime sono dimensionali e quindi il numero che esprime la grandezza è seguito dalla relativa unità di misura, quelle relative sono adimensionali, per cui sono espresse con numeri puri che indicano di quante volte la grandezza in esame è maggiore di quella di un campione di riferimento, a cui si assegna valore unitario. È utile osservare che se si riuscisse a trovare una procedura in grado di ricavare il valore assoluto della grandezza di riferimento, sarebbe possibile convertire i valori relativi in valori assoluti.

Di seguito sono riportati i simboli e i valori delle masse relative di alcuni atomi,

H	C	N	O
1.008 u.m	12.001 u.m	14.007 u.m	15.999 u.m

Per quanto detto, riferendoci, ad esempio, all’azoto, il valore di 14.007 u.m. sta ad indicare che la massa di questo elemento risulta 14.007 volte più grande dell’unità di massa di riferimento (u.m.). Come è noto, nelle attuali tabelle delle masse atomiche come unità di massa di riferimento si è scelta la dodicesima parte della massa dell’isotopo 12 del carbonio (1 u.m. = $1/12$ ^{12}C). Poiché attraverso gli spettrometri di massa è stato possibile ricavare con estrema precisione il valore assoluto dell’u.m. a cui è stato dato il nome di Dalton (1 u.m. = 1 Dalton = 1.66×10^{-24} g), ne consegue che i valori delle masse atomiche possono essere letti sia come valori relativi che come valori assoluti. Ritornando, quindi, all’esempio dell’azoto, il valore riportato, oltre ad indicare quante volte la massa di questo elemento è più grande di quella di riferimento, indica anche che la sua massa assoluta è uguale a 14.007 dalton, cioè $2,34 \times 10^{-23}$ g ($14.007 \times 1.66 \times 10^{-24}$ g). Per completezza della trattazione ricordiamo, infine, che i valori delle masse atomiche relative riportate nelle prime tabelle, non furono riferite al carbonio, ma all’idrogeno prima e all’ossigeno poi. L’uso di questi elementi come atomi di riferimento era molto più utile in quanto le masse atomiche venivano ricavate attraverso la costanza dei rapporti ponderali (Legge di Proust), considerando la quantità in grammi di una data specie atomica che reagisce completamente con una certa quantità di idrogeno o di ossigeno. Con l’aumentare del numero di elementi che venivano scoperti, il riferimento all’ossigeno si rivelò più opportuno, essendo esso capace di formare composti binari con quasi tutti gli altri elementi, e consentendo pertanto un confronto diretto, che è poi alla base del metodo.

L'obiettivo di questa nota [1] è quello di illustrare la validità e i limiti del metodo dei rapporti ponderali e di evidenziare la sua efficacia applicandolo alla determinazione delle masse relative di prodotti ubiquitari formati da pezzi macroscopici tutti uguali, quali sono i diversi formati di pasta, che ben si prestano a mimare le caratteristiche degli atomi.

Legge delle proporzioni definite e costanti : validità e limiti della procedura per ricavare le masse atomiche relative.

Proust fu il primo a verificare che quando due elementi si combinano per formare un determinato composto, si combinano sempre secondo un rapporto ponderale fisso e costante. Tale constatazione, come è noto, è enunciata come Legge delle proporzioni fisse o Legge di Proust e fu utilizzata per la prima volta da Dalton per ricavare le masse atomiche relative.

In Tabella 1, colonna 3, sono riportati i rapporti ponderali di alcuni elementi nella loro combinazione con l'idrogeno. I valori stanno ad indicare la quantità in grammi dell'elemento indicato che reagisce completamente con un grammo di idrogeno. Dalton, nello sviluppo della sua teoria atomica, trovandosi nella impossibilità di ottenere le masse assolute degli atomi, propose una procedura che permetteva di ricavare le loro masse relative all'idrogeno dai valori dei rispettivi rapporti ponderali.

Illustriamo di seguito tale procedura che porta, comunque, a risultati corretti solo se si conosce la formula molecolare del composto che si origina dalla combinazione.

Tabella 1. Quantità in g di alcuni elementi che reagiscono con 1.00 g di idrogeno.

Specie atomica	Simbolo	g che reagiscono	Formula	Massa relativa
Ossigeno	O	7.98	H ₂ O	15.98 u.m.
Carbonio	C	3.00	CH ₄	12.00 u.m.
Azoto	N	4.67	NH ₃	13.98 u.m.
Cloro	Cl	35.45	HCl	35.45 u.m.
Zolfo	S	16.00	H ₂ S	32.00 u.m.
Iodio	I	126.90	HI	126.90 u.m.

Riferendoci, ad esempio, allo zolfo, il valore della sua massa relativa all'idrogeno (32.00 u.m., colonna 5), può essere facilmente ricavato tenendo conto che i due elementi reagiscono con un rapporto ponderale di 16.00 (colonna 3) e che danno un composto di formula H₂S (colonna 4). Poiché la formula proposta indica che ogni unità (molecola) del composto deve contenere 2 atomi di H per ogni atomo di S, ne deriva che il numero di atomi di H (N_H) presenti in 1.00 g di tale elemento, deve essere uguale al doppio del numero di atomi di S (N_S) presenti in 16.00 g di quest'ultimo (N_H = 2N_S), dal momento che queste quantità reagiscono completamente tra di loro.

Indicando con M_S ed M_H le masse assolute dei due elementi, è possibile esprimere le loro quantità come prodotto delle rispettive masse atomiche per il numero di atomi presenti. Pertanto si ha:

$$\frac{g(\text{zolfo})}{g(\text{idrogeno})} = \frac{16,00 \text{ g}}{1,00 \text{ g}} = \frac{N_S \times M_S}{N_H \times M_H}$$

Tenendo conto della relazione tra il numero di atomi (N_H = 2N_S), si ha,

$$\frac{N_S \times M_S}{2 N_S \times M_H}, \text{ che semplificata diventa: } \frac{M_S}{2 M_H} = 16,00,$$

$$\mathbf{M_S = 2 M_H \times 16,00}$$

La relazione indica che la massa assoluta degli atomi di zolfo (M_S) risulta uguale al doppio di quella degli atomi di idrogeno (M_H), moltiplicata per 16. Poiché la massa assoluta degli atomi di H non è nota, non è possibile ricavare quella degli atomi di S. Dalla relazione è possibile, comunque, ottenere il valore della massa dell'uno rispetto a quella dell'altro. Scegliendo come riferimento l'idrogeno, che è l'elemento più leggero e ponendo uguale a 1.00 la sua massa (M_H = 1,00 u.m.), la relazione precedente diventa:

Legge di Proust, masse atomiche e modelli macroscopici

$$M_S = 2 \times 1.00 \text{ (u.m.)} \times 16.00 \longrightarrow 32.00 \text{ u.m.}$$

Come si vede, il valore della massa relativa dipende dal rapporto di combinazione in peso dei due elementi e dal numero di atomi di idrogeno che si combinano con un atomo di S, che nel caso illustrato risultano rispettivamente 16.00 e 2.

In generale, quindi, la massa relativa di un generico elemento A che si combina con l'idrogeno secondo un rapporto ponderale R e formando un composto di formula H_xA , si ricava dalla relazione (1):

$$M_A = x \times R \quad (1)$$

Tale relazione permette di ottenere risultati corretti se entrambi i termini dell'espressione sono esatti. Poiché il valore di R viene ricavato sperimentalmente, le masse atomiche saranno esatte solo se la formula molecolare, che viene assegnata arbitrariamente al composto, è corretta. E' bene ricordare, comunque, che Dalton ignorava l'esistenza delle molecole. Egli considerava l'esistenza di "atomi composti" che si originano dalla combinazione di atomi semplici e riteneva che, in assenza di evidenze contrarie, la formula degli atomi composti dovesse essere la più semplice possibile. L'arbitrarietà di tale principio fu la causa prima della limitatezza della procedura di Dalton e giustifica gli errori che furono commessi nella determinazione delle masse di alcuni elementi. L'esempio più eclatante è quello dell'ossigeno che, come riportato in tabella 1, reagisce con H con un rapporto ponderale di 7.98. Poiché la prima formula attribuita al composto fu HO e non H₂O, come in seguito accertato, (x = 2 e non x = 1), la relazione portava ad assegnare all'ossigeno una massa atomica relativa di 7.98 (M_O = 1 x 7.98) anziché di 15.99 (M_O = 2 x 7.98).

Il problema della determinazione delle masse atomiche relative corrette trovò la sua risoluzione grazie al contributo di Stanislao Cannizzaro (1826-1910), che sulla base del principio di Avogadro e delle leggi di Gay-Lussac sulle combinazioni gassose, propose una nuova procedura sperimentale in grado di ricavare contemporaneamente la formula del composto e le masse atomiche relative degli atomi che lo costituiscono [2].

Applicazione del metodo dei rapporti ponderali alla determinazione delle masse relative di alcuni formati di pasta

Il ricorso a prodotti ubiquitari costituiti da pezzi tutti uguali, che possono essere usati come atomi macroscopici, risulta di particolare efficacia per descrivere alcune proprietà del mondo infinitamente piccolo, qual'è quello atomico [3-6]. Un modello macroscopico in cui le varie specie atomiche sono rappresentate dai diversi formati di pasta è stato utilizzato da noi [5-6] e da altri [4] per evidenziare le leggi fondamentali della chimica e alcune proprietà della materia. Il modello viene qui riproposto per illustrare l'efficacia della procedura di Dalton, applicandolo alla determinazione delle masse di alcuni formati di pasta rispetto ad un campione di anellini, scelto come formato di riferimento. In Tabella 2, colonna 2, sono riportati per esteso i nomi di alcuni dei formati utilizzati, visualizzati con un simbolo (colonna 3) assegnato sulla base delle prime due lettere del loro nome commerciale, in analogia con la procedura introdotta da J.J. Berzelius per gli atomi veri. Opzionalmente, è possibile associare ad ogni formato una specie atomica (colonna 4).

Le loro masse sono state ricavate rispetto ad un campione di anellini (simbolo convenzionale An), a cui si assegna massa unitaria (M_{An} = 1.00 u.m.). I valori dei rapporti ponderali e delle masse relative (colonne 8 e 9) sono stati ricavati mimando, come di seguito riportato, la procedura sperimentale della costanza dei rapporti ponderali.

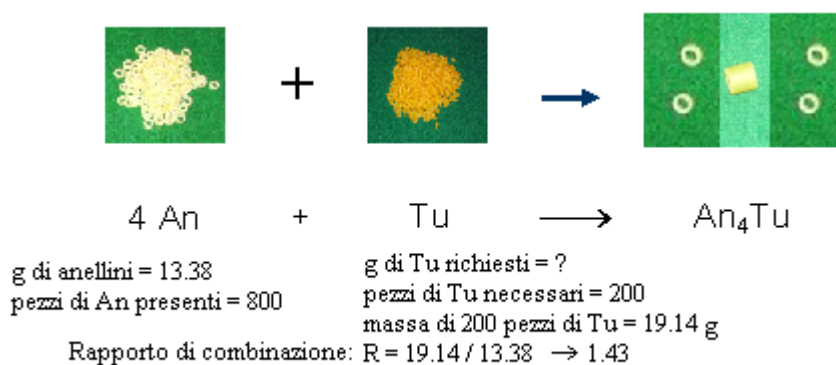
Tabella 2. Masse relative di alcuni campioni di pasta che reagiscono con un campione di anellini a dare un composto di composizione nota

N°	Formato del campione	Simbolo	Elemento associato	Massa (g) di anellini ¹	Formula del composto	Massa (g) del campione ²	Rapporto ponderale	Massa relativa
1	Tubettini	Tu	C	13.38 (800)	An ₄ Tu	19.14 (200)	1.43	5.72
2	Gramigna	Gr	N	8.53 (510)	An ₃ Gr	38.26 (170)	4.48	13.44
3	Scorze di nocelle	Sc	O	7.96 (476)	An ₂ Sc	75.22 (238)	9.45	18.90
4	Orecchiette	Or	S	10.87 (650)	An ₂ Or	154.11 (325)	14.18	28.36
5	Gnocchi	Gn	P	15.56 (930)	An ₃ Gn	279.06 (310)	17.93	53.79
6	Sedanini	Se	Cl	3.86 (231)	AnSe	292.04 (231)	75.66	75.66
7	Fusilli	Fu	I	2.84 (170)	AnFu	263.37 (175)	92.73	92.73

1) In parentesi il numero di An presenti nella quantità pesata; 2) In parentesi il numero di pezzi del formato necessari per far reagire gli anellini.

I valori delle masse riportate sono stati ottenuti pesando una quantità a caso di anellini (colonna 5), che rappresentano gli atomi di idrogeno, e ricavando poi la quantità in grammi del formato del campione (colonna 7) che si suppone possa reagire completamente con essa. Il punto chiave è come ricavare in modo concettualmente corretto queste quantità, dal momento che i nostri atomi macroscopici, a differenza di quelli veri, sono privi di reattività. Il problema è stato risolto "imponendo" che i campioni abbiano una certa reattività. Pertanto, si è ipotizzato che i diversi formati di pasta reagiscano con il campione di **An** per dare dei composti binari a composizione ben definita. Dalla formula arbitrariamente assegnata ai composti (colonna 6) è possibile ricavare, per pesata diretta, la quantità in grammi dei diversi formati che reagiscono con la quantità di anellini pesati in precedenza. A differenza, quindi, della procedura seguita per gli atomi veri, nella quale prima si ricava il rapporto ponderale attraverso la loro effettiva combinazione e poi si assegna la formula al relativo composto, nel caso degli atomi macroscopici, si assegna prima la formula al composto e poi da questa si risale al rapporto ponderale da cui ricavare le loro masse relative.

Vediamo ora come dalla formula assegnata ai composti sia possibile ricavare le quantità dei vari formati (colonna 7) che reagiscono con la quantità pesata a caso di anellini (colonna 5). Consideriamo, ad esempio, la interazione tra **An** e **Tu**, per i quali si è supposto un composto di composizione **An₄Tu** (Schema 1)



Schema 1

Ne deriva che le quantità in grammi coinvolte nella reazione devono essere tali da contenere un numero di pezzi di **Tu** uguale a 1/4 di quello degli **An**. Pertanto, dopo aver pesato una quantità a caso di **An**, si è proceduto a contare il numero di pezzi in essa contenuti. Nel caso in esame, sono stati pesati 13.38 g di **An**, che contengono 800 pezzi (colonna 7). Quindi, per far reagire gli 800 **An** occorrono 200 pezzi **Tu**. Si è contato questo numero di pezzi, lo si è pesato ed il valore ottenuto, 19.14 g, è stato riportato nella colonna (7). Nota la quantità in grammi dei due formati (**An** e **Tu**) che reagiscono completamente è possibile ricavare il loro rapporto ponderale (colonna 8) e da questo risalire alla massa relativa dell'uno rispetto all'altro. Nel caso in esame, il rapporto di combinazione indica che per 1.00 g di **An** reagiscono 1.43 g di **Tu**.

Poiché la relazione (1) è valida per qualunque tipo di particelle, è possibile ricavare la massa dei **Tu** rispetto a quella degli **An** (riga 1 colonna 9). Nel caso in esame, $x = 4$ e $R = 1.43$, per cui si ha:

$$M_{\text{Tu}} = 4 \cdot 1.43 \longrightarrow 5.72 \text{ u.m.}$$

Il valore ottenuto, per quanto detto in precedenza, indica che la massa di **Tu** è 5.72 volte più grande di quella di **An**. In modo analogo sono state ricavate le quantità in grammi degli altri formati che reagiscono con la quantità indicata di **An**. I relativi dati sono riportati in Tabella 2.

La bontà di questi valori è stata confermata sfruttando la proprietà della mole che, come è noto, richiede che quantità in g di sostanze, pari ai valori delle loro masse relative debbano contenere tutte un ugual numero di particelle, numero che nel caso degli atomi costituisce la costante di Avogadro. E' stato accertato che 5.72 g di **Tu**, 28.36 g di **Or**, 92.73 g di **Fu**, ecc., contengono sempre 60 pezzi [note 1-2]. Come si può osservare, a causa del fatto che stiamo operando con oggetti macroscopici, il valore della costante di mole è molto piccolo se confrontato con la costante di Avogadro ($N = 6.023 \times 10^{23}$). E' facilmente comprensibile che col diminuire delle dimensioni degli oggetti utilizzati come atomi simbolici, il valore della costante di mole debba aumentare. Ad esempio, se le dimensioni degli oggetti considerati diminuissero di 10, 100, 1000 volte, il valore della costante diventerebbe rispettivamente di 60×10 , 60×10^2 , 60×10^3 .

In conclusione, passando da oggetti macroscopici a oggetti microscopici o sub-microscopici il valore della costante di mole aumenta e si avvicina sempre più al valore della costante di Avogadro. E' bene, comunque, precisare che il valore di 6.023×10^{23} lo si ottiene solo se come unità di massa di riferimento si utilizza il Dalton [nota 3].

Legge di Proust, masse atomiche e modelli macroscopici

L'esperimento è stato condotto nelle 2^e e 4^e classi di alcuni Licei Classici e Scientifici di Bari e Provincia ed è stato reso più interessante facendo in modo che durante lo svolgimento gli alunni venissero a conoscenza di uno solo dei due dati necessari per il calcolo della massa relativa. Preliminarmente, pertanto, in seduta congiunta, gli studenti scelgono i diversi formati di pasta e per ogni formato, assegnano, di comune accordo, la formula al composto che si dovrebbe formare per "reazione" con gli anellini (reattività imposta). Per l'assegnazione della formula si può tenere conto delle proprietà dell'atomo associato al formato. Ad esempio, avendo associato ai tubettini (Tu) il carbonio, alla gramigna (Gr) l'azoto, alle orecchiette (Or) lo zolfo, ecc., ai composti che essi formano con gli anellini (ai quali, come già detto, è stato associato l'idrogeno), è stata rispettivamente assegnata la formula **An₄Tu** (CH₄), **An₃Gr** (NH₃), **An₂Or** (H₂S), ecc. In ogni caso, per la procedura sperimentale adottata, il valore delle masse relative è indipendente dalla formula che si assegna al composto [nota 4].

Successivamente, gli studenti vengono divisi in gruppi di due. E' consigliabile formare un numero di gruppi pari al doppio del numero dei formati di pasta scelti. Associando i gruppi a due a due, uno di essi pesa una quantità a caso di anellini, conta il numero di pezzi in essa contenuti e comunica solo questo dato all'altro gruppo. Quest'ultimo, sulla base della formula assegnata al formato prescelto, ricava il numero di pezzi necessario per combinarsi con quel numero di anellini, conta questo numero e ricava la loro massa per pesata diretta. Ad operazioni ultimate, tutti i gruppi si riuniscono, comunicano il dato relativo alla propria pesata e procedono alla compilazione di una tabella simile alla tabella 2. Dai valori delle masse si ricava il rapporto ponderale di combinazione e da questo si risale alla massa relativa, nel modo già descritto.

Note

1) Prima di iniziare l'esperimento è consigliabile omogeneizzare i campioni di pasta da utilizzare eliminando quei pezzi che risultino visibilmente dissimili. In mancanza di tale accorgimento, comunque, il valore della costante di mole, per alcuni campioni, può risultare al massimo di una unità in meno (59 pz/mol) o una unità in più (61 pz/mol).

2) Quando si vogliono pesare delle quantità pari alle masse relative, è difficile che si riesca a pesare esattamente la quantità desiderata in quanto, in corrispondenza di tale valore, l'aggiunta o la sottrazione di un pezzo del campione da pesare determina una variazione di massa pari alla sua massa assoluta. Pertanto, si prende in considerazione la pesata che più si avvicina al valore desiderato ed eventualmente si tiene conto del fatto che essa è in difetto o in eccesso rispetto a tale valore.

3) I valori delle masse relative ottenuti per i diversi campioni sono strettamente correlati ai valori della massa assoluta del campione di riferimento. All'aumentare della massa di quest'ultimo diminuiscono i valori delle masse relative, e viceversa. Ad esempio, se le masse fossero state ricavate rispetto al campione di tubettini, che ha una massa assoluta maggiore di quella degli anellini, i valori delle masse relative dei vari campioni sarebbero risultati 2.35 per **Gr**, 3.30 per **Sc**, 4.96 per **Or**, ecc.

Questi valori possono essere facilmente ottenuti dividendo la massa relativa del generico campione con la massa relativa del formato di riferimento. Il valore di 2.35 u.m. per il formato **Gr**, per quanto detto, si ottiene dividendo 13.44, che è la sua massa relativa, per 5.72 che è la massa relativa del formato **Tu**. Matematicamente, il rapporto tra queste due quantità rappresenta il rapporto tra le masse di **Gr** e **Tu**, essendo, infatti, $[\text{Gr}/\text{An}] / [\text{Tu}/\text{An}]$ uguale a Gr/Tu .

4) Si può facilmente dimostrare che al variare della formula che si assegna al composto, variano i due termini della espressione (1), ma il loro prodotto, che fornisce la massa relativa, resta costante. Ad esempio, se al composto tra **An** e **Tu**, fosse stata assegnata la formula **An₂Tu**, anziché **An₄Tu**, fermo restando la quantità pesata di anellini (13.38 g, 800 pz), per la nuova formula occorrerebbe pesare una quantità di tubettini che ne contenga 400 pz, e che avrà ovviamente una massa pari al doppio di quella corrispondente ai 200 pezzi necessari per prima formula. Come si vede, riferendoci alla espressione (1), il valore di **x** si dimezza, mentre il valore di **R** raddoppia

$$(\mathbf{R} = (2 \times 19.14 / 13.38) \rightarrow 2.86), \text{ lasciando inalterato il loro prodotto.}$$

Bibliografia

1) Una parte di questa nota è stata presentata alla VI Conferenza Nazionale, "L'Insegnamento della Chimica nell'ambito delle scienze sperimentali per coniugare creatività e razionalità" promossa dalla Divisione di Didattica Chimica e Sezione Puglia della SCI. Bari 30-31 Ottobre- 1- Novembre 2008, pg 92- 95.

2) La procedura di Cannizzaro è stata di recente illustrata con modelli macroscopici (riferimento 6)

3) E. Roletto, A. Regis, P. G. Albertazzi. "Costruire il Concetto di Mole". CnS, *la Chimica nella Scuola*. n° 5, 2003 148-156.

4) C. Cottadori, A. Serafini. "Molecole...Moli...pastine". CnS, *la Chimica nella Scuola*. n° 5, 2000, 169.

5) P. Giannoccaro, G. De Siena, G. Iannuzzi, G. Martire, S. Pacifico, M. Pilolli, E. Ressa, I. Sallustio." Leggi Fondamentali della Chimica e loro Verifica con Modelli Macroscopici". CnS, *la Chimica nella Scuola*, n° 3, 2005, 65-68.

6) P. Giannoccaro, A. Leone, M. Muraglia, A. Napola, L. A. Valenzano. "Metodo di Cannizzaro per la Determinazione delle Masse Atomiche e sua Verifica Sperimentale con Modelli Macroscopici". CnS, *la Chimica nella Scuola*, n° 2, 2007, 70-7

Tra particelle e continuo, ovvero come i nostri alunni immaginano la materia: un'indagine quantitativa condotta nelle Scuole Medie Inferiori e Superiori

Ruggero Noto La Diega, Claudia Benedict, Claus Bolte

Chemistry Education, Institute of Chemistry and Biochemistry, Freie Universität Berlin, Takustraße 3, 14195 Berlin.
Email: didaktik@chemie.fu-berlin.de

Riassunto

Obiettivo del presente lavoro è rilevare, analizzare e descrivere le idee pregresse di studenti delle scuole medie inferiori e superiori sulla natura e la costituzione della materia sulla base delle loro interpretazioni e spiegazioni di fenomeni sia a livello macroscopico (continuum) sia a livello submicroscopico (discreto). Come emerge dai risultati della nostra indagine preliminare (N = 189), magari non rappresentativa ma sicuramente in grado di fornire evidenze istruttive, anche in seguito all'introduzione a lezione della teoria particellare della materia, molti studenti, nell'interpretazione di fenomeni, continuano a ricorrere alle loro idee pregresse per lo più scientificamente erronee. E ciò accade anche per quei fenomeni, che secondo la didattica della chimica, dovrebbero indurre a spiegazioni a livello particellare, ovvero al livello submicroscopico del discreto. Dai nostri risultati emerge che una percentuale non indifferente degli studenti si immagina la materia, nonostante l'insegnamento della teoria atomistica, come corpo continuo. Inoltre, anche tra coloro che si avvalgono di modelli submicroscopici e discreti, dominano diversi fraintendimenti, oggetto del presente lavoro. Premesso che desideriamo mettere in guardia da generalizzazioni dei nostri risultati, siamo dell'opinione che la presente indagine preliminare possa offrire agli insegnanti indicazioni utili per lo sviluppo di approcci didattici che conducano gli studenti a una comprensione (più) differenziata e durevole della natura particellare della materia. Attraverso ciò è possibile aiutare i discenti in un apprendimento più profondo e più flessibile di questo "concetto di base" fondamentale nelle scienze.

Summary

The aim of this work is to collect, analyse and describe the notions which Italian middle and upper school pupils have of the "nature and make-up of matter"; in particular their interpretation and explanation of phenomena on a macroscopic (continuous) and sub-microscopic (discontinuous) level. The results of our non-representative, yet still enlightening, (pre-)investigation show that many of the pupils questioned call on their rather more non-scientific notions when interpreting phenomena, even after the "particle concept" has been dealt with in lessons. The pupils do this even though the phenomena in question should – from a science educational point of view – provoke explanations using the particle model (in other words a sub-microscopic or discontinuous level of interpretation). According to our results, a substantial number of subjects picture matter – despite lessons – as being continuous; and of the subjects who do call on sub-microscopic and discontinuous models to begin with, many misconceptions still come to light. The following work will report on these.

On the basis of constructivist learning-teaching theories intelligent and sustainable learning is only achieved if the learner can establish a connection to already existing conceptions. From these considerations the significance and urgency of the research on conceptions of students result as a didactic object of research. The data acquisition was conducted in November 2008 at four schools in Tuscany. In the course of the survey a total of 189 students between the ages of 11 years and 16 years were questioned. The data acquisition was carried out by means of a questionnaire which consists of two parts. Both parts are filled out by the students one after the other. In the first part the probands are shown three phenomena by means of simple experiments. After each experiment the participants are asked to record their conceptions regarding the observable phenomenon graphically. In the second part of the instrument the students are asked to choose from a larger number of pictures the picture that in their opinion represents the observed phenomenon best. Afterwards the probands are asked to judge closed tasks (so called items) on the basis of technical correctness.

Although a majority of the students spontaneously compose a graphical representation that could be interpreted as conceptions of particles, approximately a quarter of our sample uses graphical representations which show the conceptions of continuum in different contexts (e.g. compression of air in a syringe, dissolving of same starting volumes of water and alcohol, dissolving of a potassic permanganate crystal in water) that form the basis of the students' explanations.

According to the results of our survey it can interestingly be seen that in the first years of the middle and upper school respectively where the particle theory is introduced explicitly the comprehension of particle is represented more

Come i nostri alunni immaginano la materia

strongly than in the following years. Therefore, students draw on pre-school concepts of a continuously composed material if the discussion of this topic dates back further. The education these probands experienced did thus not lead to a sustainable and objectively and technically appropriate conceptual change.

Even regarding the students who do possess a discontinuous comprehension, the answer to the question about what is between the particles turns out to be problematic: Only a minority of the questioned students refers to the existence of free space between the particles. The conception of the *horror vacui* seems to be deeply rooted in the minds of the probands because the results regarding the assumption of empty space between turn out similar to each other over six school years. Thus, this aspect seems to be addressed in the classes only insufficiently.

Another question resulting from our survey regards the original area of the not scientifically oriented conceptions. Some of the conceptions that we can reconstruct seem to be based on a transfer of properties from our familiar macroscopic world to the invisible level of particles. Among them are properties like continuity (with our senses we see water as continuum), the color of, for example, water particles (blue molecules because of the color of the ocean), or vitalistic conceptions and anthropomorphic conceptions respectively (particles as living things or particles with human shape).

The findings of our survey which focus on the kinetic properties of particle bonds seem far less critical. This aspect of the theory of the particle nature of material is answered in a scientifically appropriate way by 80% of the Italian students.

Though we would like to explicitly warn against making exaggerated generalisations based on these findings, we nevertheless believe that the results of our pilot study can give teachers useful suggestions when planning their lessons. Suggestions which help the teacher convey a (more) differentiated and (more) lasting understanding of the particulate nature and make-up of matter. As a result, pupils can establish a more flexible learning approach as regards this fundamental scientific “basic concept”.

1. Introduzione

Il modello particellare della materia rappresenta uno dei concetti base della chimica e con essa del suo insegnamento. L'atomismo ha le sue origini nella Grecia ionica della fine del VII secolo a.c. e venne sviluppato nel secolo successivo da Leucippo e dal suo allievo Democrito. Per Leucippo “*Il mondo [...] si costituì assumendo una figura ricurva; e la sua formazione seguì questo processo: poiché gli atomi sono soggetti a un movimento casuale e non preordinato e si muovono incessantemente e con velocità grandissima*” [1]. Nella teoria atomistica di Democrito, gli atomi possiedono come attributo principale l'indivisibilità costituendosi, così, come particelle ultime non ulteriormente decomponibili tra le quali - corollario del loro moto intrinseco - non può che esservi il vuoto. I fenomeni macroscopici sono, per il filosofo, semplice espressione della grandezza e dei rapporti quantitativi tra gli atomi, i quali sono tutti uguali fra loro e con ciò privi di attributi propri del mondo fenomenologico, quali colore o temperatura [2].

I nostri sensi ci trasmettono nella vita quotidiana un'immagine continua del mondo che ci circonda (si pensi all'acqua che scorre in un torrente) e - sebbene l'atomismo abbia radici così antiche e fornisca la chiave per l'interpretazione scientifica di innumerevoli fenomeni fisico-chimici - questa immagine sensoriale fallace di un mondo senza discontinuità induce tanti di noi (sia alunni che insegnanti!) a ricorrere a rappresentazioni grafiche e a spiegazioni verbali tanto intuitive quanto scientificamente scorrette.

La teoria atomistica alla quale ci riferiamo nella nostra indagine prevede una materia costituita da particelle fra loro identiche per una stessa sostanza e differenti per sostanze differenti, separate da spazi vuoti, in continuo movimento e prive degli attributi fisici del mondo macroscopico. In seguito alle acquisizioni della fisica quantistica si potrebbe discutere sulla validità dell'affermazione dell'esistenza di particelle discrete separate da spazi vuoti, tuttavia riteniamo che per l'insegnamento scolastico della fisica e della chimica tale modello mantenga la sua validità.

Ma perché riteniamo importante che i nostri alunni approdino a una comprensione profonda della teoria atomistica? Due ordini di ragioni si possono addurre a tal proposito: da una parte il modello particellare è un concetto base della chimica e della fisica senza il quale non si possono interpretare adeguatamente una molteplicità di fenomeni (per esempio la diffusione o i passaggi di stato), dall'altra la teoria atomistica fa parte della cultura generale scientifica, *scientific literacy*, che fa dello studente un cittadino consapevole in grado di partecipare al dibattito sociale e politico avvalendosi di cognizioni e argomenti scientificamente fondati (per esempio in riferimento al dibattito sul nucleare).

2. Quadro teorico e status quo

Il presente studio mira a indagare le idee pregresse di studenti di scuole di vario ordine e grado relativamente, sia all'impiego spontaneo di modelli particellari nella spiegazione di fenomeni fisico-chimici, sia alle idee su alcuni aspetti cardine del modello particellare della materia. Sull'importanza di rilevare le idee pregresse dei discenti su un determinato argomento, ha posto l'accento la teoria del costruttivismo contrapponendosi così all'approccio tradizionale di stampo behaviourista di molti insegnanti i quali considerano, implicitamente, le teste degli studenti come *tabulae rasae* sulle quali potere liberamente incidere, come se l'apprendimento altro non fosse che un'assimilazione passiva da parte del discente di un sistema preformato di conoscenze trasmessogli dall'insegnante. Secondo il costruttivismo, inve-

ce, l'apprendimento è un lavoro mentale attivo di costruzione da parte del soggetto il quale impara interpretando le proprie esperienze [3]. L'apprendimento si delinea così come processo attivo fortemente legato a un contesto specifico, la cui stessa regolazione metacognitiva è nelle mani del discente il quale va costruendo da sé un nuovo sapere sulle imprescindibili fondamenta delle sue conoscenze e competenze pregresse [4]. Da qui si evince l'importanza di indagare quali e quanto diffuse siano tali idee pregresse, per fornire agli insegnanti un punto di partenza nella concezione di un percorso didattico che contempra esperienze e contesti in grado di mostrare agli studenti l'eventuale inadeguatezza dei propri preconcetti, motivandoli così a rimpiazzarli con idee scientificamente corrette (*conceptual change* [5]). Solo così è infatti possibile per il discente costruire un sapere tanto duraturo quanto flessibile, anziché posticcio e labile, a cui egli possa ricorrere attivamente e spontaneamente nei contesti applicativi più disparati.

Nell'ottica costruttivista il ruolo dell'insegnante subisce una decentralizzazione: il docente si ridefinisce come tutor che allestisce esperienze e contesti in grado di rendere lo studente insoddisfatto delle proprie teorie (conflitto cognitivo), motivandolo a sviluppare nuovi concetti scientifici che spieghino in modo soddisfacente i fenomeni osservati [6].

Con i termini *idea pregressa*, *conoscenza implicita* o anche *preconcetto* si intendono le costruzioni cognitive da parte dei soggetti sviluppate per interpretare le proprie esperienze quotidiane. Il termine inglese *misconception* e l'equivalente tedesco *Fehlvorstellung* sottolineano la discrepanza tra l'idea pregressa del soggetto e la spiegazione scientifica dello stesso.

La difficoltà principale del modello particellare della materia risiede nel fatto che le idee di atomo e di molecola sono idee astratte e inaccessibili ai nostri sensi. Per la realtà scolastica italiana, Riani ha per primo messo in evidenza le difficoltà incontrate da una parte consistente degli alunni nel ricorrere al modello particellare per spiegare la struttura della materia e i suoi passaggi di stato. L'autore attribuisce la responsabilità da una parte, ai molti insegnanti che affrontano il modello particellare come argomento fine a se stesso piuttosto che come strumento interpretativo di fenomeni concreti, dall'altra, ai libri di testo che ricorrono a rappresentazioni insidiose [7]. Andreoli e Cotaldi, in uno studio successivo, hanno esaminato la competenza nell'uso del modello da parte di insegnanti e futuri insegnanti, giungendo al preoccupante risultato che anche questi gruppi mostrano le stesse difficoltà riscontrate da Riani per gli allievi delle scuole medie [8].

Di seguito presentiamo quattro tipiche idee pregresse in contraddizione con la visione scientifica, diffuse tra studenti di età e istruzione differente, evinte da diverse ricerche di didattica disciplinare. Sugli stessi aspetti abbiamo indirizzato la nostra attenzione nella presente indagine condotta sulle classi italiane.

1) *Gli allievi si immaginano la struttura della materia come un continuum.*

Stavy, attraverso interviste a alunni di classi comprese tra la quarta e la nona, ha mostrato come tra gli studenti dell'ottava classe solo il 25% fosse in grado di descrivere un gas a livello microscopico ricorrendo al modello particellare, percentuale che sale all'80% con la classe successiva, mentre, stranamente, proprio nella settima classe in cui la teoria atomistica viene introdotta, nessuno studente ne ha fatto uso per descrivere la costituzione del gas [9]. In uno studio successivo, l'autore ha intervistato 120 allievi tra la quarta e la nona classe sull'evaporazione dell'acetone e sulla sublimazione dello iodio: nessuno degli studenti delle settime classi e appena il 15% di quelli del nono anno scolastico ricorre al concetto di particella [10]. Ulteriori evidenze forniscono Benson *et alii* [11]: nel rappresentare graficamente la struttura microscopica dell'aria, l'8% degli allievi tra la seconda e la quarta classe e solo l'85% degli studenti universitari di chimica (sic!) fa uso del modello particellare. Anche laddove con l'età una percentuale sempre maggiore di studenti fa proprio il modello particellare, singoli aspetti della teoria atomistica rimangono spesso incompresi o fraintesi. Gli studenti sviluppano così modelli ibridi in cui, ad esempio, sono sì previste particelle, ma immerse in un medium continuo o dotate di attributi tipici del macroscopico [12].

2) *Tra le particelle non esistono spazi vuoti.*

Per Aristotele la natura aborre il vuoto, questa idea di un *horror vacui* sembra valere ancora oggi per la maggior parte delle persone, sia come preconcetto antecedente l'apprendimento della chimica, sia dopo essere stati introdotti allo studio di questa materia. Novik e Nussmann [12], su un campione di 576 di allievi e di studenti universitari, hanno registrato un rifiuto dell'esistenza di spazi vuoti tra le particelle condiviso da più dell'80% degli intervistati tra la quinta e la nona classe e da ben il 60% degli allievi tra la decima e la dodicesima classe e degli studenti universitari. I ragazzi ipotizzano per lo più l'esistenza, tra le particelle, della stessa materia in forma continua o di un altro medium continuo [13].

3) *Le particelle microscopiche, siano esse atomi o molecole, possiedono le stesse caratteristiche macroscopiche del materiale che costituiscono.*

Brook *et alii* hanno domandato a 294 quindicenni di spiegare a livello particellare cosa implica il riscaldamento di un blocco di ghiaccio da -10°C a -1°C . Il 28% degli intervistati ha sostenuto che le particelle evaporano, si sciolgono o si riscaldano, ovvero hanno trasferito alle particelle il comportamento macroscopico dell'aggregato [14].

Come i nostri alunni immaginano la materia

Nelle idee pregresse di molti alunni si riscontra anche il preconceito secondo il quale atomi e molecole abbiano un colore: il rame rosso-marrone, il cloro verde etc. [15]. Ulteriori idee pregresse, che nascono da una proiezione dal livello macroscopico a quello microscopico, includono visioni animistiche, secondo le quali le particelle sarebbero essere viventi, così come visioni antropomorfe secondo le quali atomi e molecole sarebbero dotati di sentimenti e intenzionalità [16]

4) *Le particelle non sono in continuo movimento.*

L'idea di un moto intrinseco e perpetuo è contraria alle esperienze con il mondo macroscopico nel quale ogni movimento, attraverso la perdita d'energia per attrito, finisce con l'esaurirsi. Dallo studio di Novick e Nussbaum risulta, ad esempio, che in tutte le coorti di intervistati, studenti universitari compresi, meno del 50% pensa le particelle in movimento continuo [17].

3. Obiettivi della ricerca

Domande alle quali la nostra indagine tenterà di fornire una risposta sono:

- 1) Se gli allievi italiani, confrontati con esperienze concrete, ricorrano spontaneamente all'uso di un modello particellare.
- 2) Quali e quanto frequenti siano le idee pregresse relative agli aspetti precedentemente illustrati.
- 3) Quali variabili (classe, scuola o sesso etc.) sembrano influenzare la distribuzione delle risposte.
- 4) Se il campione degli studenti italiani risulti omogeneo nel confronto con gruppi di allievi di altre nazioni o se si differenzi significativamente nella qualità e nella frequenza delle idee pregresse.

4. Campione

I questionari sono stati somministrati nell'ultima settimana di novembre 2008 a 189 allievi di 10 classi di quattro scuole medie inferiori e superiori toscane (tabella 1). Come si evince dalla tabella, fatta eccezione per una terza liceale, sono state sottoposte al test sempre almeno due classi parallele in modo tale da limitare l'influsso specifico della singola classe con il proprio curriculum e con le sue dinamiche interne. Le prime e le seconde medie rappresentano inoltre un campione per età omogeneo a quello sottoposto allo stesso questionario in Germania, fornendo così l'interessante opportunità di un futuro confronto tra le idee pregresse degli studenti italiani e di quelli tedeschi. Non avendo questo studio come obiettivo una valutazione delle singole scuole o un loro confronto, per ragioni di privacy preferiamo limitarci a indicare semplicemente il tipo di scuola senza dichiararne il nome o l'ubicazione esatta. Le due scuole medie si trovano in piccoli centri di meno di 4000 abitanti, il liceo scientifico in un capoluogo di provincia, l'istituto tecnico in un centro di circa 25.000 abitanti.

Tab. 1: campione al quale è stato somministrato il questionario.

Scuola	Classe	N° studenti
Scuola Media I	1 ^a	13
	2 ^a	18
Scuola Media II	1 ^a	16
	2 ^a	21
Liceo Scientifico	1 ^a	23
	2 ^a a	25
	2 ^a b	25
	3 ^a	22
Istituto Tecnico	1 ^a	24
	2 ^a	26

5. Strumento di indagine

Per il rilevamento delle idee pregresse ci siamo avvalsi di un questionario sviluppato da Benedict e Bolte nell'ambito delle attività di ricerca del nostro dipartimento per il progetto "KieWi & Co." [18, 19] nella traduzione italiana di Noto La Diega [20]. Il nostro strumento di indagine consta di due parti somministrate successivamente. La prima è stata concepita ispirandosi a quello di Novick e Nussbaum [17], la seconda al lavoro di Holstein [21]. Benedict, a differenza dei precedenti questionari, ha concepito i quesiti in modo tale da non suggerire a priori una costituzione particellare della materia, per poter così rilevare quanti studenti adottino autonomamente un tale modello e quanti invece facciano ricorso a rappresentazioni grafiche continue (Fig. 1-3, Tab. 2, 3). Un vantaggio di questo strumento è che gli items sono stati sviluppati dopo una fase di due anni di interviste contemplando così, fra tutte le possibili idee pregresse, quelle che effettivamente sono state formulate dagli alunni [22]. Alcune idee pregresse, come quelle relative a visioni animistiche, vengono prese in considerazione per la prima volta attraverso questo questionario. Nella prima parte del questionario vengono mostrati ai ragazzi tre semplici esperienze al termine delle quali gli studenti hanno il compito di fornire una descrizione grafica di ciò che hanno appena osservato. In particolare:

- 1) compressione dell'aria all'interno di una siringa (senza ago) ottenuta tenendo chiusa l'apertura apponendovi un polpastrello e spingendo il pistone con l'altra mano.
- 2) osservazione di una soluzione di 50 cl di alcool etilico e 50 cl d'acqua.
- 3) osservazione del processo di soluzione di cristalli di permanganato di potassio in acqua.

Come esempio delle rispettive consegne si riporta qui quella relativa alla prima esperienza: *Cosa accade all'aria spingendo il pistone verso il basso? Prova a rappresentare graficamente la tua idea disegnando l'aria prima della compressione nello schema n°1. Disegna adesso nello schema n°2 come ti immagini l'aria dopo la compressione.* Nel prossimo capitolo riportiamo a titolo d'esempio alcuni dei disegni realizzati dai ragazzi. Dopo aver raccolto questa prima parte del questionario, i ragazzi hanno ricevuto la seconda da compilare, costituita da una scelta di rappresentazioni grafiche per ciascuna delle tre esperienze, tra le quali gli studenti hanno selezionato quella a parere loro più idonea a descrivere il fenomeno, nonché da 37 items a formato chiuso (vero, falso, non so) relativi ai tre fenomeni.

Per l'analisi dei dati sono stati analizzati tanto i disegni degli studenti quanto la frequenza delle risposte agli items. Per potere interpretare i disegni in un modo anche quantitativo abbiamo proceduto alla loro scomposizione in aspetti caratteristici, istituendo per ciascuno di essi una categoria con un rispettivo codice numerico. In tal modo, abbiamo potuto inserire anche i disegni nella stessa matrice del programma di statistica (SPSS versione 17.0) del quale ci siamo avvalsi per analizzare le risposte agli items della seconda parte del questionario.

6. Risultati qualitativi

Prima di illustrare i risultati in termini quantitativi di frequenza delle varie risposte, sia per la totalità del campione che per alcuni suoi sottogruppi, vogliamo presentare qui di seguito, per ciascuna delle tre esperienze, una piccola selezione dei disegni realizzati dagli studenti. Questa rassegna non ha pretese di esaustività, funge piuttosto da introduzione alla sorprendente molteplicità delle idee pregresse sulla natura della materia attraverso la loro espressione grafica. I disegni qui di seguito sono esemplari, seppure con frequenze diverse, sia per il campione delle medie che per quello delle superiori. Cominciamo con la compressione dell'aria (fig. 1).

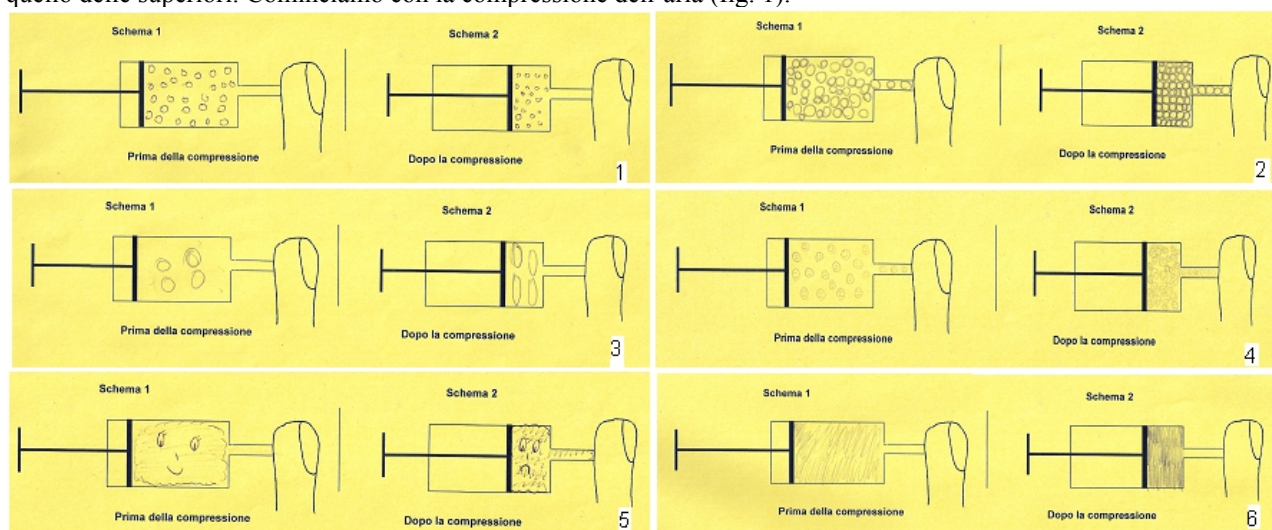


Fig. 1: qualche disegno dell'esperienza della compressione dell'aria. In ogni riquadro rappresenta lo schema 1 a sinistra l'aria nella siringa prima della compressione e lo schema 2 a destra l'aria dopo la compressione.

Come i nostri alunni immaginano la materia

Mentre gli studenti 5 e 6 hanno adottato un modello continuo per rappresentare l'aria, i primi quattro disegnatori danno espressione a una visione discreta della materia. Pur essendo tali rappresentazioni più vicine al modello scientifico di quanto non lo siano 5 e 6 con i loro disegni, anche i "particellari", attraverso le loro scelte grafiche, danno voce ad alcuni ricorrenti *misconcepts* che effettivamente ritroviamo poi anche nelle risposte agli items della seconda parte del questionario. 1 ad esempio pensa correttamente a particelle separate da spazi vuoti, omogeneamente e casualmente distribuite nello spazio e tra loro tutte uguali, ma nello schema 2 le disegna rimpicciolite, probabilmente come effetto della compressione. 2 rappresenta invece, dopo la compressione, le particelle ordinate secondo uno schema geometrico compatto come si trattasse di un corpo cristallino. 3 trasferisce alle particelle gli effetti deformanti della pressione noti dalle esperienze con il mondo macroscopico; esse infatti assumono una forma appiattita come fossero palloncini compressi da due parti. 4 e 5 disegnano faccine prima sorridenti e poi, dopo la compressione, tristi: 4 fa uso di particelle per illustrare la sua idea, 5 con la nuvoletta immagina, probabilmente, l'aria come corpo continuo. Il dubbio che tali scelte grafiche siano eventualmente da interpretarsi come burla, viene fugato da un controllo incrociato con i rispettivi items (ad esempio: Le molecole dell'aria sono esseri viventi). Proseguiamo con qualche disegno del secondo esperimento (fig. 2).

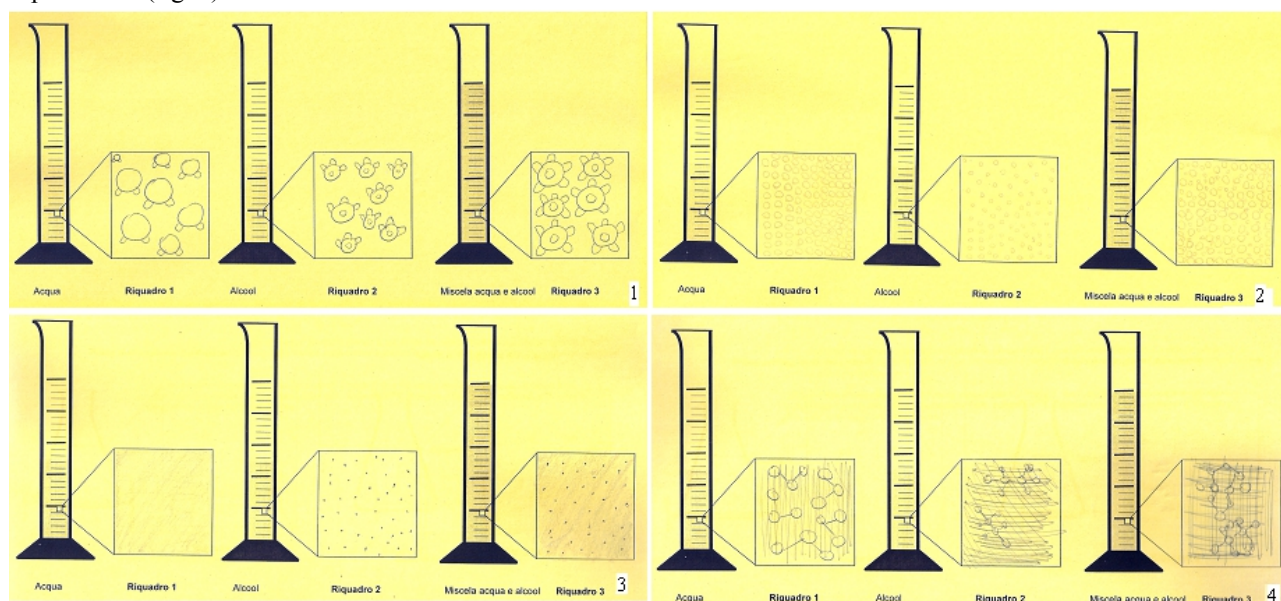


Figura 2: qualche disegno dell'esperienza della soluzione di acqua e alcool etilico. Accanto ai tre cilindri graduati, rispettivamente per l'acqua, per l'alcool e per la miscela acqua – alcool, si vedono i disegni dei ragazzi per ciascuno dei tre liquidi.

Lo studente 7 rappresenta correttamente le molecole d'acqua e di alcool utilizzando simboli differenti. Per la soluzione (riquadro 3) sceglie però una nuova forma grafica che, a ben guardare, risulta dalla sovrapposizione delle molecole delle due sostanze, così che, attraverso l'unione dell'acqua e dell'alcool, si vengono a formare nuove particelle. Il disegno dello studente 8 è invece coerente con la visione scientifica: nel terzo riquadro abbiamo infatti molecole di entrambe le sostanze che si alternano occupando omogeneamente lo spazio e lasciando spazi vuoti tra esse. 9 rappresenta, e quindi presumibilmente immagina, l'acqua come continuo e l'alcool come particellare: unendo i due liquidi, si osservano le molecole d'alcool immerse a loro volta in un'acqua con le caratteristiche del continuo. 10 dà espressione ad un'idea pregressa piuttosto diffusa basata su una commistione di elementi discreti e continui, infatti, per entrambe le sostanze, disegna molecole immerse in una matrice continua; nel terzo riquadro si istaurano dei legami disegnati come legami covalenti così che, come nel primo disegno, dall'unione di alcool e acqua risulta, attraverso una reazione, una nuova sostanza. Concludiamo questa breve rassegna dei disegni degli studenti con quelli relativi alla terza esperienza (fig. 3).

11, 13 e 16 fanno uso esclusivo di particelle, tuttavia i disegni si differenziano in alcuni tratti essenziali. Studente 11 fa reagire, analogamente allo studente 7 di figura 2, le particelle per sovrapposizione delle stesse; 13 rappresenta delle particelle del cristallo che fagocitano le molecole d'acqua che quindi si trovano a essere inclusioni nelle particelle del cristallo. Solo 16 fornisce un disegno da noi valutato coerente con la spiegazione scientifica del fenomeno. 12, 14 e 15 ricorrono a rappresentazioni ibride del tipo già visto in figura 2. Nel secondo disegno osserviamo particelle d'acqua di grandezza varia immerse in acqua e poi del permanganato di potassio rappresentato come macchia di colore piuttosto che ricorrendo a particelle. 14 rappresenta l'acqua azzurra (!) e in essa le molecole d'acqua e nel secondo riquadro solo le molecole del cristallo immerse in una soluzione rossastra. Anche 15 mescola continuo e discreto, interessante come in questo caso le molecole d'acqua si uniscano a formare una figura chiusa che nel secondo riquadro circonda le particelle del cristallo.

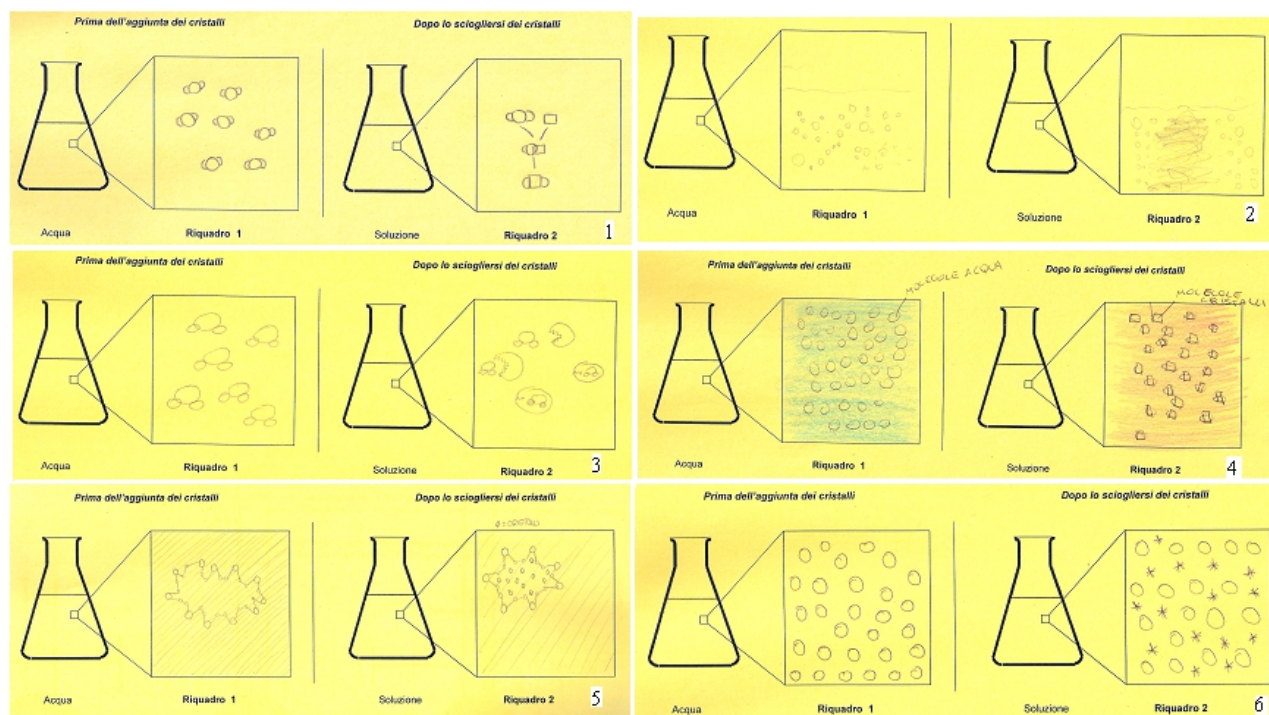


Figura 3: qualche disegno dell'esperienza della soluzione di cristalli di permanganato di potassio in acqua. La prima beuta contiene l'acqua, la seconda la soluzione. Accanto a ciascuna beuta si possono vedere i disegni realizzati dagli studenti per rappresentare l'acqua e la soluzione acquosa di permanganato di potassio.

7 Risultati quantitativi

Quanti e quali studenti fanno uso spontaneo di particelle nei loro disegni? Nel caso dell'aria nella siringa circa il 63% del campione totale disegna particelle, circa un quarto rappresenta invece l'aria come continuum e ben pochi (6 studenti tra 189) mescolano le due idee (fig. 4). Le percentuali sono estremamente simili per i disegni dell'aria dopo la compressione della stessa.

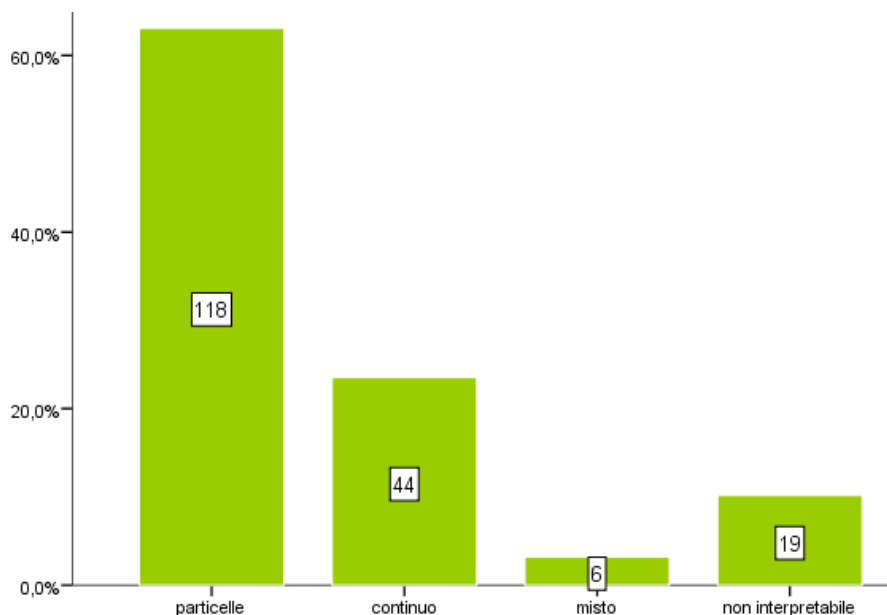


Fig. 4: frequenza delle scelte grafiche per rappresentare l'aria nella siringa prima della compressione relativamente al campione totale.

Come i nostri alunni immaginano la materia

Quali fattori spiegano al meglio la variabilità dei dati? Sia per questa categoria che per altri items, abbiamo analizzato il pattern delle risposte separando per variabili, in particolare: „sesso“, „età“, „singola classe“, „scuola“ e infine „classe“ intesa come livello all'interno del sistema scolastico. Ad esempio con „prima superiore“ accorpriamo la prima del liceo con quella dell'istituto tecnico, mentre con „seconda media“ intendiamo il sottocampione risultante dall'unione di entrambe le seconde medie. Quest'ultima partizione per classi sembra illustrare al meglio la distribuzione delle risposte mettendo in evidenza interessanti tendenze ricorrenti per numerose categorie dei disegni (prima parte del questionario) così come per molti degli items (seconda parte).

Il 63% del campione totale che rappresenta l'aria avvalendosi di particelle, è in realtà solo un valore medio: come si evince dalla fig. 5, la percentuale dei „particellari“ spazia tra una frazione minoritaria dei ragazzi di seconda media (29%) e la quasi totalità (94%) degli studenti della terza superiore. È interessante notare come l'adozione di un modello atomistico della materia correli solo in modo debole e con vistose anomalie con il livello dell'istruzione scolastica: una percentuale quasi uguale di ragazzi della seconda media e della seconda superiore (più di un terzo!) rappresenta infatti l'aria come corpo continuo. Altra vistosa anomalia è la maggiore frequenza di risposte consone con la visione scientifica in prima media e in prima superiore che nelle classi a esse immediatamente successive (Fig. 5).

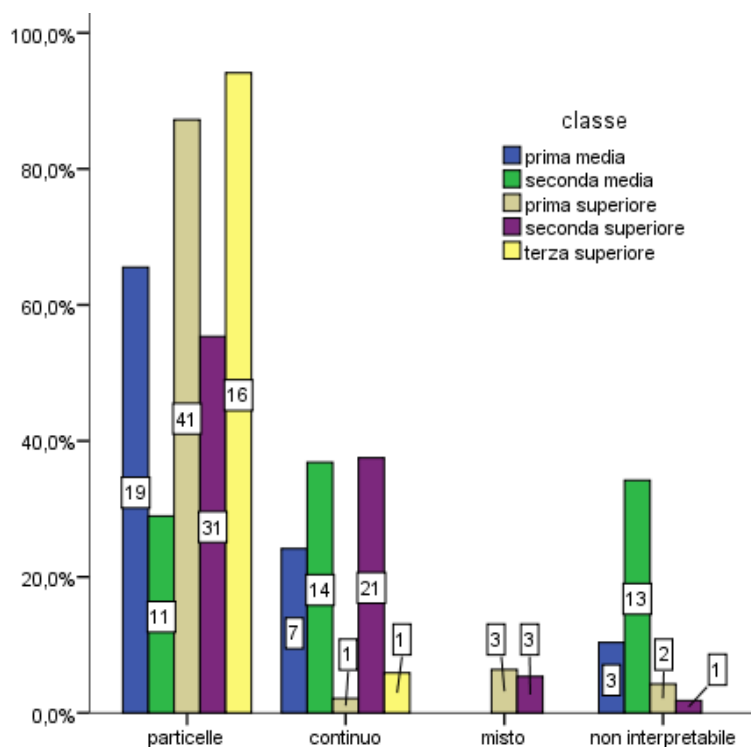


Fig. 5: frequenza delle scelte grafiche per classi per rappresentare l'aria nella siringa prima della compressione

Per quanto riguarda l'acqua nel cilindro della seconda esperienza la percentuale di coloro che disegnano particelle sale al 73%, i fautori del continuo sono decisamente meno che per l'aria, mentre ben un quinto degli studenti adotta una soluzione grafica mista in cui le molecole d'acqua sono immerse in un'acqua disegnata come matrice continua (fig. 6). Un pattern molto simile delle risposte si riscontra pure per l'etanolo e per la soluzione risultante dall'unione di entrambi i liquidi.

Più eterogenee le evidenze sulle idee pregresse risultanti dai disegni del terzo esperimento (fig. 7). Meno del 60% degli studenti si avvale di particelle tanto per rappresentare l'acqua quanto per il permanganato di potassio in soluzione, il 20% ricorre esclusivamente a rappresentazioni continue e il restante 20% da voce a interpretazioni miste fra le quali la più ricorrente quella di molecole d'acqua immerse in una soluzione continua risultante dalla soluzione dei cristalli.

Come nel caso dell'aria, anche nel caso dell'acqua e della soluzione di permanganato di potassio, le prime classi delle scuole medie inferiori e superiori forniscono più risposte coincidenti con la visione scientifica delle seconde.

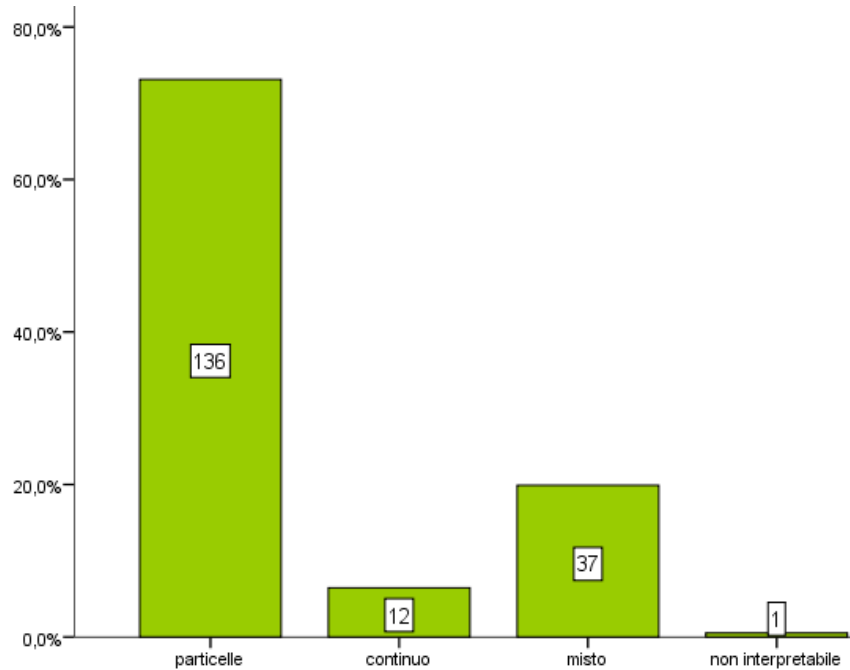


Fig. 6: frequenza delle scelte grafiche per rappresentare l'acqua nel cilindro relativamente al campione totale.

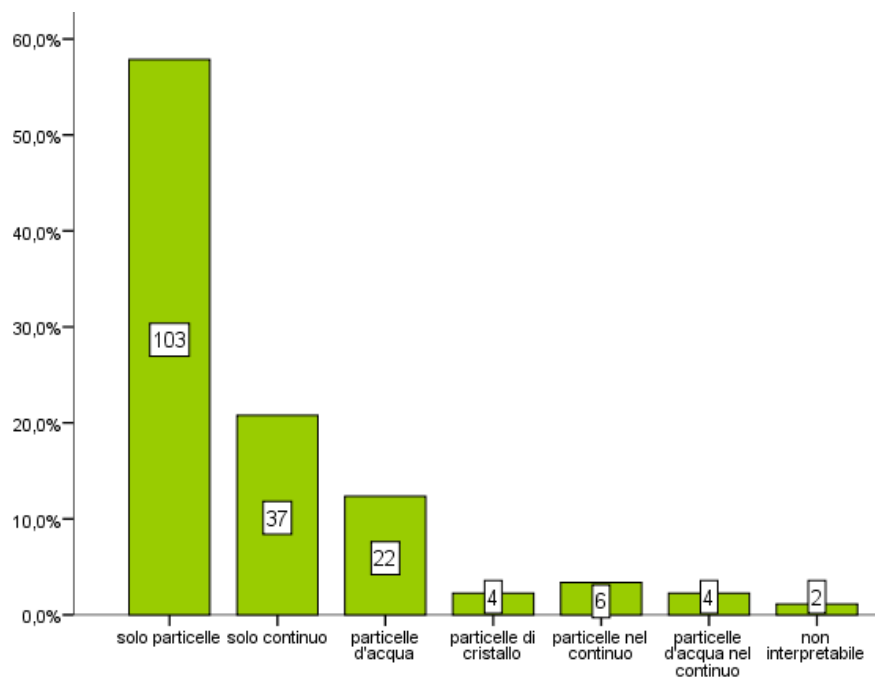


Fig. 7: frequenza delle scelte grafiche per rappresentare la soluzione di permanganato di potassio in acqua relativamente al campione totale.

Passiamo ora ai risultati della seconda parte del questionario con items a formato chiuso. L'aspetto che per primo intendiamo prendere in esame è quello delle idee pregresse relative al problema di cosa, secondo i ragazzi, si trovi negli spazi tra le particelle (tab. 2).

Come i nostri alunni immaginano la materia

Tab. 2: frequenza delle risposte a dieci items sul problema degli spazi tra le particelle (campione totale).

Item	risposte giuste	risposte sbagliate	non so
1. Tra le molecole ² dell'aria ci sono spazi vuoti	44,2%	50,5%	3,7%
2. Tra le molecole dell'aria non ci sono spazi vuoti	48,4%	46,8%	4,2%
3. Tra le molecole dell'aria c'è dell'aria	54,7%	30,5%	13,2%
4. Tra le molecole dell'aria si trovano altre molecole o atomi	35,8%	52,1%	11,6%
5. Tra le molecole d'acqua c'è dell'aria	38,9%	53,7%	6,8%
6. Le molecole d'acqua sono immerse in acqua	42,6%	47,4%	8,4%
7. Tra le molecole d'acqua ci sono altre molecole	41,6%	45,3%	11,6%
8. Tra le molecole d'acqua c'è dell'acqua	46,3%	42,1%	8,4%
9. Dopo che i cristalli si sono sciolti in acqua le molecole dei cristalli si trovano negli spazi tra le molecole d'acqua	55,3%	34,7%	7,9%
10. Dopo che i cristalli si sono sciolti in acqua le molecole d'acqua si trovano negli spazi tra le molecole dei cristalli	35,3%	51,1%	12,6%

2. Nella traduzione italiana del questionario abbiamo optato per "molecola" anziché per il termine più vago di "particella" per timore che quest'ultimo potesse essere poco familiare agli studenti o indurli a associazioni fuorvianti, ad esempio con le particelle subatomiche. Dal momento che naturalmente non esiste "la molecola d'aria", utilizziamo l'espressione più vaga "le molecole dell'aria", sottintendendo con essa "le molecole dei vari gas che costituiscono l'aria". Con "Le molecole del cristallo" intendiamo gli anioni e i cationi del sale in questione. In questo caso abbiamo rinunciato al rigore al fine di rendere i quesiti comprensibili anche agli studenti delle scuole medie.

Le percentuali che appaiono nelle prossime tabelle sono quelle del dataset ricodificato, ovvero laddove la risposta giusta a un item era "falso" essa compare nel nuovo dataset come risposta giusta. Come si vede nella tabella 2 su dieci items, che in diversi contesti e in modo differente mirano a rilevare le idee pregresse su cosa si trovi tra le particelle, in appena due casi poco più della metà del campione è stato in grado di scegliere la risposta giusta. Su quasi ogni punto gli studenti si dividono in due gruppi di grandezza paragonabile e in ben otto casi su dieci è meno della metà del campione a selezionare la risposta giusta. Per esempio il 50,5% del campione nega l'esistenza di spazi vuoti tra le particelle dell'aria, percentuale che cala un poco con la formulazione complementare in forma negativa dello stesso item. Per il 53,7% negli spazi tra le molecole d'acqua si trova dell'aria e per il 47,4% esse sono invece immerse in acqua: così vediamo riaffiorare gli stessi misconcepts dei disegni della prima parte del questionario. Nel caso dell'acqua, le risposte sbagliate sono ancora più frequenti che per l'aria. Per la soluzione dei cristalli in acqua, è una debole maggioranza a pensare le particelle del cristallo tra quelle dell'acqua, mentre appena un terzo è in grado di assumere la prospettiva complementare e riconoscere che quindi anche le molecole d'acqua si trovano negli spazi tra le particelle del cristallo.

Da un'analisi più dettagliata dei cinque sottocampioni per classi risulta che essi si differenziano tra loro in modo notevole scostandosi spesso in modo significativo dai valori medi della tabella 2. Per esempio per il primo item osserviamo un aumentare graduale delle risposte esatte con l'avanzare delle classi, fatta eccezione per la seconda media (solo un terzo circa di risposte giuste) che raggiunge così nuovamente risultati meno positivi della prima media. Nonostante questa crescita, perfino in terza liceo è solo poco più della metà degli studenti ad ammettere spazi vuoti tra le molecole dell'aria. Anomalo anche il fatto che per il settimo e il nono item siano le prime medie a fornire le più alte percentuali di risposte giuste, così come che ben una netta maggioranza degli studenti di terza creda alla presenza d'aria tra le molecole d'acqua. Anche se per la maggiorparte dei quesiti sono i ragazzi di terza a individuare più numerosi l'affermazione corretta per il resto si osserva come i record di risposte sbagliate siano distribuiti tra diverse classi così che non risulta possibile constatare una chiara tendenza dello sviluppo o dell'assimilazione di una visione atomistica della materia (questa anomalia viene discussa nel prossimo capitolo).

Per quanto riguarda il movimento, è ben diffusa l'idea congruente con la teoria atomistica che le particelle si muovano, sebbene la percentuale delle risposte esatte sia più alta per l'aria che per l'acqua (Tab. 3, item 11-13). Sorprende invece la diffusione di visioni animistiche: per un quinto circa del campione totale le molecole, siano esse d'aria o d'acqua, sono esseri viventi! (Items 14-16).

Riguardo alla visibilità delle molecole, le opinioni sono varie: per la metà del campione è possibile vedere le molecole al microscopio e per quasi un quinto degli studenti a volte si vedono le molecole quando splende il sole (items 17-19). Ancora più che per la problematica degli spazi tra le particelle, sorprende la distribuzione delle risposte per classi: tanto i record delle risposte corrette quanto quelli delle risposte sbagliate si distribuiscono attraverso tutte le classi non lasciando intravedere nessuna chiara correlazione con l'età degli studenti; la terza addirittura ha fornito in un solo caso, item 19, la percentuale più alta di risposte scientificamente corrette. La prima media risulta essere la classe con la più alta percentuale di risposte corrette relativamente al comportamento cinetico delle particelle, ma anche quella con la

maggior ricorrenza dell'idea pregressa delle particelle come esseri viventi. Sorprendentemente nella terza superiore è ancora circa un quinto degli studenti a esprimere idee animistiche sulle molecole. Uno dei pochi items per i quali osserviamo un aumento progressivo delle risposte giuste col crescere dell'età dei ragazzi, è quella dell'item 19: mentre in prima media circa un terzo dei ragazzi pensa che a volte quando splende il sole si possano vedere le molecole dell'aria, nemmeno uno studente di terza superiore dà questa risposta. Tuttavia alla domanda se si possano osservare le molecole al microscopio, in tutte le classi, con la sola eccezione della seconda liceale, è più della metà del campione a sostenere che ciò è possibile e in terza sono ben tre quarti a essere di questo avviso.

Tab. 3: frequenza delle risposte a nove items riguardante il movimento delle particelle, il loro essere entità animate e la loro visibilità (campione totale).

Item	risposte giuste	risposte sbagliate	non so
11. Le molecole dell'aria si muovono	83,7%	6,8%	7,9%
12. Le molecole dell'aria non si muovono	88,9%	6,3%	3,7%
13. Le molecole d'acqua sono in continuo movimento	78,4%	16,8%	2,6%
14. Le molecole dell'aria non sono esseri viventi	67,9%	23,2%	7,9%
15. Le molecole dell'aria sono esseri viventi	69,5%	18,4%	10,5%
16. Le molecole d'acqua non sono esseri viventi	72,1%	18,4%	8,4%
17. Al microscopio è possibile vedere le molecole dell'aria	41,1%	50,5%	6,3%
18. Le molecole dell'aria sono invisibili	58,4%	33,2%	5,8%
19. Quando il sole splende è a volte possibile vedere le molecole dell'aria	72,1%	17,4%	10,0%

8. Discussione

Come illustrano i risultati della nostra indagine, gli studenti, tanto delle scuole medie inferiori quanto delle superiori, anche in seguito all'introduzione della teoria atomistica a scuola, posti davanti a situazioni concrete, ricadono sovente in idee pregresse non conciliabili con la visione scientifica della natura particellare della materia. È come se *l'horror vacui*, che gli antichi attribuivano alla natura, continuasse a sopravvivere radicato nelle menti dei nostri studenti, inducendoli a spiegazioni scientificamente errate.

Sebbene una maggioranza degli intervistati adotti spontaneamente nei disegni forme grafiche che esprimono una visione discreta della materia, circa un quarto del campione totale in diversi contesti (aria, acqua, alcool, soluzione di permanganato di potassio in acqua), ricorre a rappresentazioni che tradiscono un'comprensione della materia come corpo continuo. Se si considera che a questi studenti, o nell'anno scolastico in corso o in una classe precedente, è stato insegnato che la materia è particellare, ci troviamo di fronte a evidenze che dovrebbero indurci a riflettere sul perché l'insegnamento così sovente non riesca a scalfire le idee pregresse.

Interessante a tal proposito il fatto che, in modo ricorrente, le seconde medie e le seconde liceali, con i loro disegni e con le loro risposte, mostrino una comprensione della costituzione particellare della materia notevolmente meno diffusa di quanto non sia il caso per le classi a loro immediatamente precedenti. Nelle prime medie inferiori e superiori del nostro campione, è stata introdotta nello stesso anno scolastico la teoria atomistica e i ragazzi, avendola fresca in mente, sono in grado di avvalersene spontaneamente per risolvere i problemi del questionario. Nelle classi successive, invece, una percentuale significativamente più alta, posta davanti a esperienze concrete, ignora quanto le è stato insegnato un anno prima ricadendo nei *misconcepts* che l'insegnamento della teoria atomistica non è stato in grado di sradicare, sostituendoli con la visione scientifica del fenomeno. In altre parole, l'insegnamento sembra non essere stato capace di condurre a un *conceptual change* e quindi ad un apprendimento duraturo e flessibile.

Secondo noi, tali difficoltà sono da ricondursi a uno stile didattico tradizionale in cui l'insegnante, in tanti casi, tenta di trasmettere frontalmente il sapere non considerando le importanti acquisizioni della teoria costruttivista dell'apprendimento. In particolare, per un apprendimento duraturo e flessibile, quindi usufruibile da parte del discente anche in contesti applicativi, ci appare di imprescindibile importanza sondare a priori quali siano le idee pregresse diffuse nelle teste dei ragazzi, per poterne fare punto di partenza per proposte didattiche che abbiano il potenziale di condurre gli studenti in una situazione di conflitto cognitivo. Lo studente deve rendersi conto da se, attraverso esperienze pratiche o esperimenti ideali, che le sue categorie interpretative non sono più sufficienti per interpretare le nuove osservazioni, solo così si può sperare che, attivamente, egli costruisca per sé un sapere nuovo che modifichi, amplii o sostituisca le sue idee pregresse.

Come i nostri alunni immaginano la materia

Inoltre è importante che idee basilari di una disciplina, come la teoria atomistica per la chimica o la teoria evuzionistica per la biologia, non vengano considerati dall'insegnante argomenti da trattare a lezione una sola volta in modo isolato, bensì che si spinga i ragazzi, anche a distanza di tempo e in altri contesti, a applicare quanto appreso. L'importanza di mostrare la validità del costruito in diversi contesti viene rinforzata dal carattere situativo delle idee pregresse: mentre per l'aria, per via del suo stato gassoso, risulta più facile ai ragazzi immaginarla in termini di particelle separate da spazi vuoti, l'acqua, recepita più fortemente come corpo continuo, induce una percentuale più alta del campione a ricadere in idee pregresse di tipo continuo o ibrido. Risultati simili emergono anche dagli studi di Stavy: molti più studenti sono in grado di spiegare la natura particellare di un gas di quanti non sappiano applicare lo stesso modello particellare per spiegare l'evaporazione dell'acetone o la sublimazione dello iodio [9, 10].

Il fenomeno da noi osservato delle seconde che fanno un passo indietro rispetto alle prime, è documentato anche in letteratura: ad esempio nello studio di Barke & Harsch, studenti dell'undicesimo anno scolastico mostrano una minore comprensione della natura particellare della materia rispetto alle classi del nono anno scolastico [23].

Qualche considerazione ora sul problema di cosa si trovi negli spazi tra le particelle. Come mostrano i nostri risultati questo aspetto appare essere particolarmente insidioso, mentre una maggioranza degli studenti pensa in termini di particelle solo una minoranza è disposta ad ammettere che fra le molecole possano esistere spazi vuoti. Le idee a tal riguardo appaiono molto confuse. Parecchi studenti ad esempio non ammettono l'esistenza di spazi vuoti tra le particelle ma contemporaneamente neppure la presenza in essi d'aria, d'acqua o d'altre particelle. Cosa c'è allora negli spazi tra le particelle? Quest'*horror vacui* è ben radicato, come emerge per esempio nel caso dell'aria: dalla prima media alla terza (liceo scientifico), una percentuale variabile tra il 43% e il 53% dei ragazzi nega l'esistenza di spazi vuoti tra le molecole dell'aria: in sei anni di percorso scolastico la crescita scientifica nei termini di una sostituzione di idee pregresse con le nuove idee scientifiche è stata pertanto alquanto limitata. Ciononostante i risultati del nostro campione italiano sono migliori di quelli dell'indagine di Novick e Nussbaum, dalla quale è risultato che l'80% degli studenti più giovani e il 60% di quelli delle classi più avanzate non ammettono l'esistenza di spazi vuoti tra le particelle d'aria [12, p. 193].

Un problema interessante riguarda l'origine delle idee pregresse: perché certe idee pregresse sono più diffuse e radicate di altre? Da dove traggono la loro origine? Un processo ricorrente nella formazione delle idee pregresse sulla natura della materia appare essere quello di una estensione (illecita) di caratteristiche a noi familiari per il mondo macroscopico al mondo microscopico [24, pp. 210-211]. Questo è il caso ad esempio del terzo disegno nella fig. 2 in cui l'effetto deformante della pressione noto per i corpi macroscopici viene qui esteso anche alle particelle. Un'altra fonte di *misconcepts* potrebbero essere le scelte grafiche fuorvianti di molti libri di testo o di certa divulgazione scientifica [7]. Circa il 20% del campione totale disegna ad esempio molecole d'acqua immerse in acqua come se esistessero due qualità d'acqua, l'una particellare e l'altra continua. È lecito sospettare che l'illustrazione ricorrente in tanti libri di testo del becher o del cilindro riempito d'acqua azzurrina (perché poi l'acqua dovrebbe essere azzurra? Si veda fig. 3 disegno 4), al cui interno "sguazzano" le molecole d'acqua, possano rinforzare idee pregresse ibride del tipo di quelle da noi rilevate o addirittura indurre la formazione [12]. Similmente le scelte grafiche di atomi e molecole dotati di faccine, braccia e gambe, sebbene carine, sono problematiche e potrebbero indurre alcuni studenti a credere realmente che le particelle siano esseri viventi: questa idea pregressa, per quanto astrusa, come si è visto, viene sorprendentemente condivisa da circa un quinto del campione totale. Da ciò, risulta ancora una volta l'importanza di integrare il rilevamento delle idee pregresse su un certo argomento nel percorso didattico e di discutere criticamente con gli studenti dei limiti e degli errori delle rappresentazioni grafiche e dei modelli.

Ulteriore dominio di origine di idee pregresse animistiche, potrebbe essere rintracciabile nelle esperienze fatte dagli studenti in biologia: così come le cellule sono i mattoncini di cui è fatta la materia vivente, le molecole lo sono per la materia "fisico-chimica" e come le cellule anche le particelle sono dotate di vita. Questa nostra spiegazione ha naturalmente solo valore ipotetico e andrebbe confermata o smentita attraverso interviste con i ragazzi. Un ulteriore indizio indiretto di eventuali analogie fuorvianti tra le esperienze fatte in biologia e le esperienze di chimica, proviene dalle risposte sulla visibilità delle particelle: se le microscopiche cellule in biologia sono visibili con l'ausilio di un microscopio perché ciò non dovrebbe essere possibile con le particelle?

Confrontati con altri studi, positivi appaiono invece i risultati italiani sul comportamento cinetico delle particelle (tab. 4 e 5). Circa l'80% del nostro campione riconosce che le particelle sono in continuo movimento, di contro appena il 10-20% del campione di Stavy è dello stesso avviso [9, p. 557].

Per concludere qualche considerazione critica sul nostro studio. Una fonte di errore sistematico è quello dell'interpretazione dei disegni e delle risposte degli studenti: la ricostruzione delle idee pregresse a partire dagli elaborati è infatti un processo interpretativo con un suo margine di errore intrinseco, dato che le idee pregresse non sono direttamente osservabili. Infine, in seguito a domande di chiarimento da parte degli studenti durante il questionario o a discussioni condotte con le classi dopo la sua somministrazione, siamo consapevoli del fatto che qualche item andrebbe formulato diversamente. Per esempio all'affermazione "Le molecole dell'aria sono invisibili" ripetutamente gli studenti hanno chiesto se si intendesse ad occhio nudo o al microscopio. Il questionario verrà qui e lì ottimizzato in vista di

eventuali rilevamenti a più ampia scala, tuttavia, grazie a una certa ridondanza degli items e alla possibilità di confronti incrociati tra le due parti del questionario, riteniamo che i limiti appena discussi non inficino la validità generale dei risultati.

9. Considerazioni conclusive

Da questo studio risulta, per diversi livelli dell'istruzione scolastica italiana, una grande varietà di idee pregresse non conciliabili con la visione scientifica della natura discreta della materia. Si tratta di preconcetti che sopravvivono anche dopo che a lezione è stata introdotta la teoria atomistica. La comprensione dei fenomeni a livello microscopico spazia da visioni continue, attraverso costrutti ibridi, fino a concezioni particellari più o meno corrette. In particolare anche gli studenti italiani, sia delle medie che delle superiori, hanno difficoltà a pensare l'esistenza di spazi vuoti tra le particelle: l'*horror vacui* aristotelico non ha perso di attualità e induce a idee tanto fuorvianti quanto persistenti. Quali indicazioni per gli insegnanti possiamo trarre da questi risultati?

Non assumere che le menti dei ragazzi siano *tabulae rasae* sulle quali poter incidere partendo da zero. Ognuno crescendo sviluppa propri schemi interpretativi e idee pregresse che vanno rilevate per poter concepire un percorso didattico che abbia la potenzialità di indurre il discente a sostituire le idee pregresse inadeguate con le nuove idee scientifiche. A tal, fine prima dell'introduzione di un nuovo argomento, il docente può sondare lo *status quo* attraverso un colloquio con gli studenti o attraverso un questionario come il nostro, il quale può fungere come punto di partenza per una riflessione comune e per l'elaborazione di domande e problemi a cui cercare soluzione a lezione. Partendo dalle idee pregresse, l'insegnante dovrebbe poi allestire esperienze e fornire contesti attraverso i quali i ragazzi possano sperimentare i limiti delle proprie idee e da soli approdare a nuove concezioni. Come si è visto, spesso gli studenti un solo anno dopo che la teoria atomistica è stata trattata a lezione ricascano nei vecchi preconcetti: non solo è importante procedere come esposto sopra secondo le acquisizioni della didattica costruttivista, ma anche, a distanza di tempo e in svariati contesti, spingere i ragazzi a descrivere e interpretare i fenomeni avvalendosi di quanto appreso precedentemente.

Un'ulteriore indicazione riguarda il valore di riflessioni metacognitive con i ragazzi che li sensibilizzino a riflettere sull'apprendimento così come l'esercizio in classe di critica costruttiva alle illustrazioni dei libri di testo, ai modelli o a metafore verbali mettendone sempre in evidenza le semplificazioni e i limiti rispetto alla realtà.

Con questo stesso questionario stiamo conducendo uno studio analogo in Germania. Un confronto tra i risultati italiani e quelli tedeschi sarà oggetto di un futuro lavoro con l'obiettivo di capire in che misura il genere e la frequenza delle idee pregresse sulla natura della materia siano universali e tipiche dello sviluppo cognitivo del bambino e del giovane o in che misura invece dipendano da influssi culturali specifici e dai singoli sistemi scolastici.

Ringraziamenti

Senza la disponibilità dei presidi e dei professori e degli studenti delle quattro scuole che hanno collaborato con noi, questo studio non sarebbe stato possibile: a loro i nostri più sentiti ringraziamenti per la calorosa accoglienza. Grazie anche agli amici Ida, Tancredi e Viviana per il grande aiuto durante la campagna di campionamento e a Cinzia Urso Noto La Diega per l'accurato lavoro di revisione linguistica del manoscritto.

Bibliografia

- [1] G. Giannantoni (a cura di), *I presocratici*, 2° vol., Laterza 1981, 656
- [2] N. Abbagnano e G. Fornero, *Filosofi e filosofie nella storia*, Vol. 1, Paravia, Torino, 1999, 65-66
- [3] M.D. Merrill, Constructivism and instructional design. *Educational Technology*, 1991, 31, 45-53
- [4] T. Riemer, *Moderater Konstruktivismus*. A cura di D. Krüger e H. Vogt: *Handbuch der Theorien in der biologiepädagogischen Forschung*. Berlin: Springer, 2007, 69-78
- [5] G. J. Posner e K. A. Strike, *A Revisionist Theory of Conceptual Change*. A cura di R. A. Duschl e R. J. Hamilton: *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice*. State University of New York Press, 1992, 147-176
- [6] G. Reinmann e H. Mandl, *Unterrichten und Lernumgebungen gestalten*. A cura di A. Krapp e B. Weidenmann: *Pädagogische Psychologie*. Beltz, 2006, 615-658
- [7] P. Riani, La struttura particellare della materia nella scuola media inferiore: risultati di un'indagine e riflessioni didattiche. *La Chimica nella Scuola*, 1995, 3, 79-85
- [8] R. Andreoli e L. Contaldi, La struttura particellare della materia. Risultati di una indagine condotta su alcuni gruppi d'insegnanti e futuri insegnanti. *La Chimica nella Scuola*, 2000, 3, 97-100 [9] R. Stavy, Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 1988, 5, 553-560
- [10] R. Stavy, Children's conceptions of changes in the state of matter: From liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 1990, 27, 247-266
- [11] D.L. Benson, M.C. Wittrock e M.E. Baur, Student's Preconceptions of the Nature of Gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 1993, 6, 587-597

Come i nostri alunni immaginano la materia

- [12] S. Novick e I. Nussbaum, Junior high school pupils understanding of the particulate nature of matter: An interview study. *Science Education*, 1978, 3, 273-281
- [13] O. Lee, D.C. Eichinger, C.W. Anderson, G.D. Berkheimer e T.D. Blakeslee, Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 1993, 3, 249-270
- [14] A. Brook e R. Driver. Aspects of secondary students' understanding of energy: Full report. Leeds, University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematic Education, 1984
- [15] A.M. Ingham e J.K. Gilbert, The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, 1991, 13, 193-202
- [16] J. Nussbaum, The Particulate Nature of Matter in the Gaseous Phase. A cura di: R. Driver, E. Guesne e A. Tiberghien: *Children's ideas in Science*. Milton Keynes – Philadelphia: Open University Press, 1985, 124-144
- [17] S. Novick e I. Nussbaum, Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 1981, 2, 187-196
- [18] C. Bolte, C. Benedict e S. Streller, KieWi & Co. – Kinder im Grundschulalter entdecken Naturwissenschaften. A cura di: R. Lauterbach, A. Hartinger, B. Feige e D. Cech: *Kompetenzerwerb im Sachunterricht fördern und erfassen. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts*, Bad Heilbrunn, Klinkhardt, 2007, 17, 183-194
- [19] C. Benedict e C. Bolte, Befragungsinstrument zur Analyse von Schüler-Vorstellungen zum Aufbau der Materie aus Teilchen. Freie Universität Berlin. Berlin. Polyscript, 2009
- [20] C. Benedict, C. Bolte e R. Noto La Diega, Questionario per l'analisi delle idee pregresse degli studenti sulla costituzione particellare della materia. Freie Universität Berlin. Berlin. Polyscript, 2009
- [21] A. Hollstein, Computerunterstütztes Lernen auf der Basis konstruktivistischer Lerntheorien am Beispiel der Einführung in das Kugelteilchenmodell, Universität Essen, 2001
- [22] S. Streller, Förderung von Interesse an Naturwissenschaften. Eine empirische Untersuchung zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Interessen von Grundschulkindern im Rahmen eines außerschulischen Lernangebotes. In stampa. Frankfurt a. M., Peter Lang, 2009
- [23] H.-D. Barke e G. Harsch, *Chemiedidaktik heute. Lernprozesse in Theorie und Praxis*, Berlin, Springer, 2001, 223-240.
- [24] E. Kircher e P. Heinrich, Eine empirische Untersuchung über Atomvorstellungen bei Hauptschülern im 8. und 9. Schuljahr. In: *chimica didattica*, 1984, 10, 199-222

Scienza e tecnologia in Italia fino al 1945

Alessandro Alberigi Quaranta

Università di Modena e Reggio
alessandro.alberigiquaranta@unimore.it

Premessa

Il presente articolo è stato redatto alcuni decenni or sono nell'ambito di attività di studio, svolte all'interno del Censis. Un riesame del testo consente di considerarlo ancora sostanzialmente valido e meritevole di pubblicazione, pur con qualche carenza per quanto riguarda le citazioni, ma con il notevole arricchimento in merito alla composizione del Senato, dovuto a V. Pallottino.

Riteniamo quindi che l'articolo possa ancora destare l'interesse del lettore anche, nell'ambito del recente dibattito sul federalismo, in cui le esigenze delle istituzioni scientifiche nazionali attuali sono state scarsamente considerate.

1) Introduzione

Allo studio delle odierne attività di ricerca scientifica e tecnologica nel nostro Paese conviene premettere alcune considerazioni che possono facilitare la comprensione di tale realtà, che spesso si presenta assai multiforme e disomogenea. Occorre innanzi tutto non dimenticare, come spesso invece si fa, che, accanto a taluni settori delle attività di ricerca nazionali di livello relativamente elevato, ve ne sono ancora oggi altri ove si svolge scarsa e scadente attività. Inoltre la circostanza che vi siano scienziati italiani di fama internazionale è troppo sovente considerata sufficiente per formulate un giudizio ampiamente positivo su tutte le attività di ricerca nazionali, prese nel loro insieme, sottacendo le molte carenze che compromettono pesantemente la validità di tale panorama. D'altro canto in Italia, per giudicare gli scienziati e il loro lavoro, viene quasi sempre tacitamente adottata con particolare tenacia una sorta di gerarchia di valori, ricorrente talvolta anche in altri paesi (1), in base alla quale la ricerca pura è <<migliore>> della ricerca applicata, ed in definitiva il lavoro dello scienziato è tanto più degno di ammirazione quanto più si allontana dalla pratica quotidiana. Contraddittoriamente viene sempre più frequentemente lamentata la scarsa connessione tra ricerca e applicazioni. Inoltre si suggerisce molto spesso all'opinione pubblica (nella scuola e con i mezzi di comunicazione di massa) che il ruolo importante, avuto in passato dal nostro Paese nello sviluppo della scienza e della tecnologia, si conserverebbe ancor oggi, se non altro allo stato potenziale, con notevoli capacità di incidere ancora sul suddetto sviluppo, a fianco di altri paesi, forse più ricchi e fortunati, con cui si potrebbe ancora rivaleggiare per la naturale ricchezza del nostro ingegno, una volta rimossi alcuni impedimenti, magari gravi, ma tutto sommato contingenti.

Purtroppo la situazione non è così rosea, né così semplice. Nelle riviste scientifiche a circolazione internazionale ad esempio i contributi italiani sono, in molti settori, rari e scarsamente citati (2). Nelle nostre biblioteche i testi scientifici di maggior rilievo per lo studio e la consultazione sono, per lo più, scritti da autori stranieri in lingua straniera e le eventuali traduzioni riguardano molto spesso volumi che, in lingua originale, sono ormai vecchi di parecchi anni. Infine la scienza e la tecnica vengono insegnate ignorando taluni fondamentali aspetti del loro sviluppo storico, ritenendo che il loro evolversi si sia attuato in virtù di pochi personaggi di genio e delle loro scoperte, ed essi vengono presentati alla stessa stregua del monarchi e delle battaglie su cui poggerebbe, secondo una certa deteriore didattica storica tradizionale, la storia delle nazioni.

Si tralascia del tutto la considerazione del contesto sociale ed economico in cui gli scienziati ed i tecnologi del passato hanno operato e di come la nascita e lo svilupparsi di certe istituzioni consenta di verificare le connessioni esistenti tra la ricerca scientifica e tecnologica e tutta una società nazionale.

2) Considerazioni sullo sviluppo in passato della scienza e della tecnologia nei paesi stranieri

Sarebbe difficile continuare a sorprendersi del ritardo scientifico e tecnologico attuale del nostro Paese rispetto ad altri paesi della Comunità Europea, agli Stati Uniti, al Giappone, e a parecchi altri, quando si avesse una maggiore dimestichezza con la storia e si fossero ad esempio confrontate le date di nascita di alcune importanti istituzioni scientifiche nel nostro Paese con quelle analoghe in alcuni dei paesi ora citati.

Nel 1831 sorgeva ad esempio in Inghilterra la British Association for the Advancement of Science, mentre analoga istituzione italiana (Società Italiana per il Progresso delle Scienze - SIPS) veniva fondata nel 1907, dopo che per un breve periodo (1839 -1847) si era avuta in Italia una analoga iniziativa, che si cercò più tardi di ridestare senza successo nel 1875.

Scienza e tecnologia in Italia fino al 1945

Sempre in Inghilterra, assai prima della rivoluzione industriale si era già verificato uno degli esempi più interessanti di pubblico incentivo alla ricerca tecnologica costituito dal premio, offerto dal Governo Britannico nel 1714, a chi avesse realizzato un orologio in grado di consentire la soluzione del problema di stabilire la longitudine con adeguata accuratezza, anche nel corso di lunghe navigazioni.

Il premio, pari alla allora favolosa somma di ventimila sterline, sarebbe stato vinto da chi avesse per primo costruito un orologio in grado di determinare la longitudine con un errore inferiore ai due minuti primi, al termine di un viaggio di andata e ritorno tra la Gran Bretagna e le Indie Occidentali.



John Harrison

L'orologiaio inglese John Harrison (1693 -1776), dopo aver costruito tre prototipi nel 1735, 1739 e 1757, riuscì finalmente a realizzare un quarto esemplare (del diametro di circa 12 centimetri), che suo figlio William accompagnò nel 1761/62 in un viaggio alle Indie Occidentali a bordo della nave della marina britannica *Deptford*, e che al ritorno segnava il tempo con un errore di cinque secondi, corrispondente ad un errore di longitudine di solo un miglio e mezzo. Successivi viaggi confermarono il successo di questo dispositivo. Anche allora vi erano però difficoltà nell'erogazione dei finanziamenti per la ricerca e lo sviluppo. Harrison infatti incassò il premio solo nel 1773, pochi anni prima di concludere la sua lunga esistenza.

Dopo il 1870, quando l'Italia aveva appena compiuto la propria unità territoriale e stava lentamente iniziando la sua unificazione politica e sociale, i principali paesi europei Austria, Russia, Germania e Inghilterra stavano dando vita, con investimenti assai rilevanti per quell'epoca, a iniziative di eccezionale importanza per lo sviluppo della scienza e delle sue applicazioni, creando tra l'altro laboratori nazionali e riorganizzando ad esempio attività già esistenti, per la conservazione dei campioni delle unità di misura e lo sviluppo delle più raffinate tecniche di misura di grandezze fisiche (3). L'istituzione in Germania (1887) del *Physikalisch-Technische Reichsanstalt* aveva indubbiamente [come si pose in evidenza in

un rapporto statunitense (3)] favorito lo sviluppo di ben 760 aziende operanti in settori tecnicamente avanzati (coloranti, ottica, strumenti di precisione, ecc.) con circa quattordicimila addetti.

Tuttavia, già prima della sua unificazione (1870), la Germania cominciava a insidiare con crescente successo la supremazia scientifica, tecnica ed industriale della Gran Bretagna. A titolo di esempio val la pena di ricordare che Werner Siemens (1816 -1892), insieme ai suoi famigliari, dava vita nel 1847 (4) ad una grande impresa operante in un settore tecnologicamente assai avanzato, quello delle applicazioni dell'elettromagnetismo alle telecomunicazioni e alla conversione e produzione di energia.

La Siemens assunse ben presto alcune caratteristiche dimensionali e strutturali tipiche delle imprese multinazionali.

L'attività di questa impresa si estese presto ben oltre la fabbrica di Berlino, giungendo ad includere l'estrazione delle materie prime (per esempio miniera di rame di Chedabeg nel Caucaso, 1864), la costruzione dei componenti (per esempio fabbrica di cavi telegrafici a Woolwich presso Londra, 1863), la realizzazione e installazione dei sistemi di comunicazione ed il loro esercizio.

La Siemens realizzò infatti la prima linea telegrafica transcontinentale (1867-69) tra l'India e la Gran Bretagna e fu tra le prime a collaborare alla posa sottomarina di cavi telegrafici.

Inoltre questa impresa realizzò gran parte della prima rete telegrafica della Russia imperiale (1853-55), raggiungendo un tale grado di «presenza», in quel paese, da vestire con una divisa paramilitare, assai simile a quella dell'esercito prussiano, i propri funzionari colà operanti (4).

Particolare curioso; per potere disporre di mano d'opera locale in quantità adeguata per le proprie miniere di rame di Chedabeg nel



Ernst Werner von Siemens

Caucaso, la Siemens riuscì a stabilizzare popolazioni seminomadi creando, soprattutto nella parte femminile di quelle popolazioni, nuovi bisogni per esempio di abitazioni di tipo occidentale e di manufatti industriali (vestiario, specchi, ecc.), che soltanto un reddito di lavoro derivante da un'occupazione stabile consentiva di soddisfare (4).

La Gran Bretagna dal canto suo «nel disperato sforzo di mantenere la sua supremazia nel commercio e nella produzione» (3) costituiva nel 1902, dopo avere già dato vita allo Standards Department (1879) e all'Electrical Standardizing Laboratory (1890), il suo ancor oggi validissimo National Physical Laboratory.

Nel 1897 Lyman J. Gage, il Segretario del Tesoro degli Stati Uniti d'America, in quanto responsabile anche dell'Ufficio di Pesi e Misure, promuoveva (lui, un politico) un'iniziativa che portava nel 1902 alla creazione del National Bureau of Standards.

Questa istituzione, che doveva giocare un ruolo fondamentale nello sviluppo scientifico, tecnologico, industriale e commerciale degli Stati Uniti, sarebbe diventata una delle più rilevanti istituzioni scientifiche americane e avrebbe svolto in più occasioni una incisiva opera di consulenza al potere politico e di stimolo allo sviluppo del paese. Agli inizi del nostro secolo la scienza e la tecnologia avevano ancora negli Stati Uniti parecchi punti di svantaggio nei confronti delle similari attività europee. Non a caso la creazione di un laboratorio nazionale veniva indicata come una «necessità nazionale» per cancellare una «umiliazione» (5).

Si può ricordare che le sole spese di investimento per la creazione del National Bureau of Standards furono tuttavia, nel primo anno della sua vita (1902), pari a circa 350.000 dollari, mentre lo stanziamento annuo complessivo raggiungeva cinquant'anni dopo la cifra record di 52.594.503 dollari (5).

Inoltre, fin dai suoi primi anni di vita, il National Bureau of Standards iniziò una attività di addestramento di alto livello per «graduate students» per cui il Prof. J. S. Ames, capo del Dipartimento di Fisica della Johns Hopkins University nel primo novecento, affermava che «non vi è college o università negli Stati Uniti che possa dare a uno studente tanti apparati per il lavoro sperimentale e tanto aiuto per il campo teorico delle scienze fisiche, quanti ne può ottenere al Bureau of Standards» (6) (7).

Tutte queste considerazioni non pretendono certo di costituire un quadro completo, ma tentano soltanto di dare qualche indicazione di riferimento sulla situazione dei paesi con cui l'Italia si trovò a confronto nel corso della sua storia recente.

3) Scienza e tecnica in Italia nel XIX secolo

Sul finire del '700 e durante la prima metà dell'800 gli stati italiani (Regno delle due Sicilie, Stato Pontificio, Granducato di Toscana, Ducati di Modena e Parma, Lombardo Veneto, Regno sabauda) avevano tutti un qualche centro scientifico proprio (osservatori astronomici, «gabinetti» scientifici, ecc.) che, sotto la protezione del locale mecenate (re, pontefice, granduca, ecc.), svolgevano attività scientifiche assai notevoli, paragonabili, tenendo conto delle piccole dimensioni degli stati italiani, a quelle degli altri paesi europei. Inoltre alcune eminenti figure di scienziati riuscivano ad avere, forse a causa del ristretto ambito di questi domini, un'«udienza» spesso considerevole al vertice del potere costituito (il sovrano), che talvolta si valeva del consiglio di questi saggi per decisioni di governo e sosteneva anche finanziariamente le loro attività.



L'Italia dopo il 1815

Particolarmente interessante fu il caso del Regno Sabauda in cui strutture permanenti, Regio Consiglio, Camere di Commercio e Reale Accademia partecipavano alle procedure dei cosiddetti «privilegi», finanziamenti concessi a inventori e innovatori a sostegno e sviluppo dei loro ritrovati, volti ad applicazioni pratiche (industriali, artigianali, commerciali) con caratteri di novità e destinati tra l'altro a diffondere tali novità a tutto il paese. Particolare attenzione veniva posta nell'attrarre dall'estero nuove attività non prima esistenti e colmando quindi lacune nella diversificazione delle produzioni. Ciascuna delle strutture prima citate erano chiamate ad esprimere pareri in merito alle risposdenze e alle finalità delle richieste di «privilegi» per l'utilizzazione di ritrovati scientifici e tecnologici a fini pratici, con ricadute economiche, e di conseguenza alla concessione dei relativi finanziamenti. Le procedure da seguire vennero nel corso degli anni stabilite da norme di legge, che nacquero spesso in seguito ad accesi dibattiti tra le istituzioni implicate nelle procedure.

Si può rilevare che le procedure per la concessione dei «privilegi» non si discostavano sostanzialmente da quelle ancor oggi seguite per la concessione di finanziamenti a sostegno della ricerca scientifica e tecnologica con particolare riferimento alle attività produttive.

Scienza e tecnologia in Italia fino al 1945

Nel trentennio successivo all'unificazione del Paese queste attività scientifiche locali (decentrate come diremmo oggi) non crebbero, anzi in alcuni casi si spensero. Ciò avvenne per vari motivi. Talvolta esse erano troppo strettamente legate, nelle persone come nelle istituzioni, agli ordinamenti politici che erano stati in quegli anni soppressi. In altri casi queste istituzioni entrarono in conflitto con la tendenza centralizzatrice del nuovo stato italiano. Inoltre quegli scienziati che avevano lottato per il raggiungimento dell'Unità, spesso furono così assorbiti, dopo il 1870, dalle attività politiche, da non potere adeguatamente raccogliere l'eredità del periodo precedente e sviluppare ulteriormente le attività scientifiche.

Nella seconda metà dell'ottocento non mancarono tuttavia scienziati italiani di grande rilievo i cui contributi alla scienza furono notevolissimi. Particolarmente incisiva fu l'attività dei matematici italiani, nel campo della geometria con Luigi Cremona (1830 -1903) ed Eugenio Beltrami (1836 -1900), nel campo dell'analisi con Ulisse Dini (1845 -1918), nel campo della fisica-matematica con Enrico Betti (1822 -1892) ed infine con Giuseppe Peano (1858 -1932) e la sua scuola sui fondamenti della matematica (8).

Nella fisica e nella chimica si ebbero illustri scienziati quali Galileo Ferraris (1847 -189) e Antonio Pacinotti (1841 -1912) per la fisica applicata, Stanislao Cannizzaro (1826 -1910) e Ascanio Sobrero (1812 -1888) per la chimica.

Nelle scienze biologiche e nella medicina si possono menzionare Camillo Golgi (1844 -1926) e Giovanni Battista Grassi (1854 -1925).

Ricordiamo però che uomini di grande genialità scientifica riescono, e ancor più riuscivano in passato, ad affermarsi anche indipendentemente dalle condizioni ambientali in cui si trovano ad operare. Inoltre le conseguenze delle loro opere possono essere state molto importanti nella storia della scienza, ma non bisogna basare su costoro una generale valutazione positiva dello sviluppo culturale del loro paese. A questo proposito vi sono ancora alcune importanti osservazioni da fare, in merito alle vicende della scienza italiana tra il 1850 e il 1900.

Innanzitutto mentre, come già abbiamo accennato, non mancarono contributi italiani notevoli nel campo della matematica, che riuscì ad articolarsi in alcune fiorenti <<scuole. >>, meno soddisfacente fu la situazione della chimica e ancor più della fisica. Non solo queste scienze sperimentali, più vicine alle applicazioni industriali, ebbero vita più episodica e meno florida della matematica, ma, anche quando si raggiunsero rilevanti risultati con immediate possibilità applicative di grande importanza, il nostro Paese non ne trasse alcuna apprezzabile utilità.

Basti pensare che Antonio Pacinotti portò fondamentali contributi alla realizzazione di generatori di energia elettrica e che Galileo Ferraris formulò la teoria, ancor oggi validissima, per il funzionamento dei motori elettrici alimentati da corrente elettrica alternata e diede inoltre una teoria completa del trasformatore elettrico. Dal canto suo Ascanio Sobrero scoprì la nitroglicerina e ne studiò le proprietà esplosive e farmacologiche.

I contributi di questi scienziati non furono tuttavia in alcun modo utilizzati per attività produttive nel nostro Paese, mentre vennero prontamente impiegati da industrie straniere quale ad esempio la Westinghouse americana, che per opera di Tesla applicò largamente i risultati di Galileo Ferraris. Qualche decennio più tardi il giovane Guglielmo Marconi (1874 - 1937) trovò un adeguato sbocco applicativo alle proprie invenzioni nel campo delle radio-comunicazioni, non certo in Italia ma nella Gran Bretagna vittoriana ove, sul finire del secolo XIX, poté reperire quei cospicui aiuti finanziari ed imprenditoriali, che consentirono in pochi anni il diffondersi in tutto il mondo dei dispositivi da lui realizzati (9).

Nella seconda metà dell'ottocento anche la pubblicistica scientifica non si sviluppò in misura paragonabile a quella del periodo precedente l'Unità, che aveva visto la nascita, intorno al 1850, di prestigiosi giornali scientifici come <<Il Nuovo Cimento>> e gli <<Annali di Scienze matematiche e fisiche >>. Questi Annali nacquero e si svilupparono nella Roma papale e ad essi si affiancò, nel 1868, quella notevole rivista italiana di storia della scienza (forse la prima) che fu il << Bollettino di bibliografia e storia delle scienze matematiche e fisiche >> (curato e finanziato dal principe B. Boncompagni, 1821-1894.) che ebbe collaborazione e circolazione internazionali (8).

Una ulteriore osservazione va fatta sulla stasi di attività associative nel campo delle scienze che si ebbe in Italia dopo l'Unità. Si deve infatti attendere la fine del secolo per assistere ad esempio alla nascita della Società Italiana di Fisica SIF (1897), dell'Associazione Elettronica Italiana AEI (1896) e della Società Italiana per il Progresso delle Scienze SIPS (1907).

A questo proposito Si può ricordare che, mentre dal 1839 al 1847 si annoverano ben nove Congressi degli Scienziati italiani, si ebbero poi, nella seconda metà dell'ottocento, solo altri tre di tali Congressi tra il 1862 e il 1875. Poi più nulla. Il chimico Emanuele Paternò (1847 - 1936), che aveva partecipato al Congresso del 1875, in un suo intervento alla riunione di rifondazione della SIPS a Parma nel 1907, tentò di giustificare il ritardo nel nascere dell'iniziativa; con le seguenti parole:

<<Forse l'Italia, sulla quale incombevano poderosi problemi politici ed economici, credette di potersi disinteressare del progresso scientifico; forse mancò nel Governo la netta visione dell'importanza degli alti studi, ed i nostri uomini politici... dimenticarono che la scienza è come il sole... e che senza di essa è impossibile lo sviluppo della vita sociale>> (10).

Tab. A - Congressi degli scienziati italiani

Anno	Sede	N. Partecipanti italiani e stranieri
1839	Pisa	421
1840	Torino	573
1841	Firenze	888
1842	Padova	514
1843	Lucca	496
1844	Milano	1159
1845	Napoli	1611
1846	Genova	1062
1847	Venezia	1778
1862	Siena	n.d.
1873	Roma	n.d.
1875	Palermo	788

Particolarmente interessante a questo proposito è il risultato dello studio compiuto da Vittorio Pallottino e comparso su Sapere del giugno 2009 (n. 3, pag. 46-48) sulla composizione dei membri del Senato del Regno d'Italia fino al 1947 e del Senato della Repubblica nel periodo successivo fino ai nostri giorni.

“Ora dobbiamo ricordare che in passato il senato era totalmente di nomina regia. Più precisamente, in base all'art. 33 dello Statuto Albertino del 1848, i senatori, a vita, potevano essere scelti fra personaggi appartenenti a 21 diverse categorie, una delle quali riguardante i membri dell'Accademia reale delle scienze, un'altra *Coloro che con servizi e meriti eminenti avranno illustrata la Patria*. Della prima categoria non resta traccia nella Costituzione repubblicana del 1947, mentre la seconda è rappresentata nell'art. 59, che recita: *Il Presidente della Repubblica può nominare senatori a vita cinque cittadini che hanno illustrato la Patria per altissimi meriti nel campo sociale, scientifico, artistico e letterario*. E pone un limite, peraltro variamente interpretato negli anni, al numero dei senatori a vita per meriti speciali. Esaminando i dati sul sito del Senato troviamo che nei sessanta anni trascorsi dal 1948 a oggi, a fronte di 31 nomine, vi è stato spazio soltanto per due scienziati: il matematico Guido Castelnuovo nel 1949 e il premio Nobel Rita Levi Montalcini nel 2001 (52 anni dopo!). Maggiore considerazione si riscontra invece per le scienze umane, le lettere e le arti; le scelte presidenziali subiscono una evidente deriva, in quanto sono sempre più orientate a vantaggio dei politici rispetto agli esponenti della cultura o comunque della società civile. Fra i primi a ricevere la nomina a senatore (1949-1950) troviamo infatti il già ricordato matematico Castelnuovo, il musicista Toscanini, lo scultore Canonica, lo storico Gaetano De Sanctis, l'economista Jannaccone e il poeta Salustri (Trilussa), cioè nessun politico. Nel 1991, invece, vengono nominati quattro politici (Spadolini, Andreotti, De Martino e Taviani) e un esponente dell'industria (Gianni Agnelli). E qui merita di ricordare una esperienza che risale all'epoca della presidenza Cossiga (non ancora “picconatore”). Quando il suggerimento al segretario generale del Quirinale Sergio Berlinguer di proporre al Presidente la nomina a senatore di Edoardo Amaldi, persona di straordinario e disinteressato impegno civile oltre che di grande umanità e saggezza, incontrò un muro di gomma e si risolse in nulla.

Alquanto diverso è il quadro che risulta consultando l'elenco dei membri del senato regio nel secolo precedente che va dal 1848 alla sua soppressione. Accanto ai numerosi esponenti delle lettere e delle arti, da Manzoni a Verdi (che si autoqualificò scherzosamente come “Suonatore del Regno”) a Carducci e Verga, e delle scienze umane, da Graziadio Ascoli a Maffeo Pantalonni, Benedetto Croce, Giovanni Gentile e Luigi Einaudi, sono veramente assai numerosi i medici e gli scienziati. E del resto, nel corso del secolo, furono ben 147 i senatori nominati in quanto membri dell'Accademia delle scienze.

Fra i matematici troviamo Ulisse Dini, Francesco Brioschi, Luigi Cremona, Giuseppe Colombo, sul cui manuale hanno studiato generazioni di ingegneri, Vito Volterra, l'astronomo Giovanni Schiaparelli. Fra i fisici: Antonio Pacinotti, Carlo Matteucci, Augusto Righi, il geofisico Luigi Palmieri, Pietro Blaserna (predecessore di Corbino nella direzione dell'Istituto di fisica di Roma) oltre ai già menzionati Corbino e Garbasso. Fra i chimici, Stanislao Cannizzaro, Emanuele Paternò di Sessa e Giacomo Ciamician, pioniere dell'energia solare. Fra i medici, Paolo Mantegazza, il premio Nobel Camillo Golgi, il fisiologo Eugenio Morelli, l'inventore dello pneumotorace Carlo Forlanini, Giovanni Battista Grassi, Antonio Cardarelli, Giuseppe Bastianelli e numerosi altri. Ma vanno ricordati anche i personaggi operanti nell'ambito delle scienze applicate e delle tecnologie, come Guglielmo Marconi, l'elettrotecnico Galileo Ferraris, padre del moderno motore elettrico, l'agronomo genetista Nazzareno Strampelli, il fisico Guglielmo Mengarini che realizzò la prima trasmissione a distanza dell'elettricità in corrente alternata, l'ingegnere Piero Puricelli a cui si deve la concezione delle moderne autostrade e la loro prima realizzazione.

Scienza e tecnologia in Italia fino al 1945

Tutto ciò significa che la Camera alta del Regno poteva valersi, a differenza di quanto sarebbe poi avvenuto per quella repubblicana, della presenza e del consiglio di personalità dotate di altissima qualificazione nelle più diverse discipline scientifiche, che inoltre erano pienamente libere di operare secondo i loro intendimenti, non essendo legate a mandati elettorali. E non si trattava certamente di una presenza di facciata, puramente onorifica, perché l'attività dei senatori si traduceva assai spesso in impegni specifici, di nuove iniziative e anche, come nel caso di Corbino, in responsabilità di governo.

È assai lungo l'elenco dei senatori chiamati a ricoprire incarichi ministeriali, fra l'altro in compagini governative assai meno numerose delle attuali. Il ministero della Pubblica Istruzione, in particolare, era di norma affidato a un accademico, spesso prescelto fra i senatori: il primo ministro PI del Regno fu il letterato Francesco De Sanctis, al quale seguì il fisico Carlo Matteucci. Fu anche notevole l'impegno dei senatori nella creazione di nuove istituzioni scientifiche. A tale proposito ricordiamo ancora la creazione del CNR per opera di Volterra, che ne fu poi il primo presidente, e quella dell'Istituto Nazionale di Genetica per la Cerealicoltura da parte di Nazzareno Strampelli, che portò a migliorare grandemente la resa delle coltivazioni del grano.

È assai interessante la considerazione per il ruolo della tecnologia, come elemento trainante per lo sviluppo di una industria moderna. Che è dimostrata dalla partecipazione attiva dei senatori, nel periodo immediatamente successivo all'unità d'Italia, allo sviluppo e alla direzione dei Politecnici e delle Scuole per ingegneri, e al loro collegamento con le realtà industriali del territorio: Francesco Brioschi e Giuseppe Colombo (promotore fra l'altro della realizzazione a Milano della prima centrale termoelettrica in Europa) al Politecnico di Milano, Luigi Cremona all'attuale Facoltà d'Ingegneria della Sapienza a Roma.

Un'ultima osservazione per sottolineare come nel Senato regio la cultura scientifica e tecnologica fosse altrettanto ben rappresentata di quella umanistica e artistica. Si può dunque ben dire che le illuminate scelte di allora, compiute assai prima che si ponesse il problema del "divario fra le due culture", fossero veramente ispirate alla visione tradizionale dell'unità della cultura."

Ben diversa ad esempio la situazione della Gran Bretagna (11), ove, dopo la nascita nel 1662 della Royal Society of London for Improving Natural Knowledge (Royal Society) sorgevano, tra il 1750 e il 1850, molte altre società scientifiche [The Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce: Royal Society of Arts (1754), Royal Institution of Great Britain (1799), British Association for the Advancement of Science (1831), Cambridge Philosophical Society (1819)]. Inoltre nello stesso periodo nascevano una miriade di associazioni ancor oggi esistenti che, pur di rilevanza minore di quelle ora dette, testimoniarono un interesse spontaneo e largamente diffuso per le scienze, proponendosi quasi tutte di organizzare conferenze, convegni e in genere attività in favore della divulgazione e dello sviluppo delle scienze (cfr.: Scientific and learned societies of G.B.). Inoltre i fisici inglesi davano vita nel 1874 alla Physical Society, i matematici creavano nel 1871 la Mathematics Association. Parimenti gli astronomi (1820), i meteorologi (1860), i chimici (1841) e tanti altri scienziati si organizzavano in forme associative ancor oggi vitali, assai più aperte, attive e concordi in questo campo di quanto non accadesse in Italia dopo l'Unità organizzazioni similari dovevano per lo più comparire in Italia soltanto all'inizio del novecento o successivamente.

Inizialmente questi sodalizi venivano promossi e gestiti all'interno di quelle che erano allora le classi colte e di maggiore influenza nella conduzione delle società, classi che ne trassero quasi sempre i maggiori benefici. Tuttavia, soprattutto in Inghilterra, molte di queste associazioni si proponevano di diffondere in tutti gli strati sociali le conoscenze scientifiche e tecniche, con la convinzione che questa diffusione potesse contribuire al miglioramento del benessere e alla diminuzione dei conflitti sociali.

La storia dei primi passi scientifici di quel genio che fu Michael Faraday (1791-1867) e degli aiuti sostanziali offertigli da Sir Humphry Davis (1778-1829) e dalla Royal Institution testimonia che, pur nel suo paternalismo, le << elite >> della società inglese erano, all'inizio dell'ottocento.

Da questo confronto e dalle precedenti considerazioni, si viene così delineando l'immagine di un Paese, l'Italia, che dopo aver raggiunto, durante il Rinascimento, un primato culturale di grande rilievo nella scienza e nella tecnica, ha nei secoli successivi seguito, con molto ritardo, scarsamente convinto e alquanto insicuro, quanto è accaduto negli altri paesi economicamente più sviluppati, in tema di ricerca scientifica e tecnologica.

Una ricerca delle cause storiche di questa involuzione non è facile e non sembra sia stata a tutt'oggi compiuta.

Da un primo esame risulta evidente il contrasto tra la situazione culturale italiana, per la scienza e la tecnica, all'inizio del '600 e di quella di due secoli dopo.

Nel Rinascimento l'intensa attività mercantile di buona parte degli Stati Italiani era fortemente integrata da attività industriali in settori quali ad esempio la produzione dei tessuti e le costruzioni navali, settori nei quali il nostro Paese deteneva posizioni di primissimo piano, anche sotto il profilo tecnologico (12). Non solo ma nei grandi scienziati italiani di quel tempo (Leonardo, Galileo) non era affatto presente quella gerarchia che contrappone la ricerca pura alla ricerca applicata, gerarchia che fu invece così radicata nell'ottocento in scienziati quali Galileo Ferraris e Antonio Pacinotti.

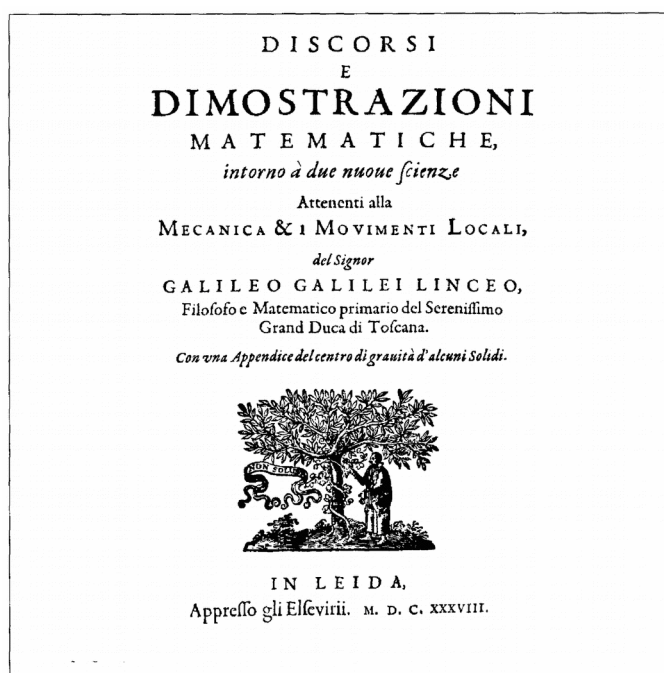
Al di là di tutte le dirette cause economiche, sociali e politiche che si possono indicare per motivare quanto allora avvenne, occorre riconoscere che vi erano indubbiamente, in personaggi come Galileo Ferraris e Pacinotti convicimenti

e opinioni personali - le cui radici si affondavano profondamente nella cultura del nostro Paese - che rendevano di fatto loro impossibile il non facile compito di volgere alle applicazioni i risultati delle loro attività di ricerca. Ci si può chiedere perché si formò questo orientamento culturale tanto simile a quello delle antiche civiltà greca e romana, atteggiamento che è chiaramente indicato dalle seguenti parole che Socrate rivolge ad un avvocato di grande fama nel Gorgia di Platone: «Ma tu naturalmente disprezzeresti lui (un conduttore di macchine belliche) e la sua arte, e lo chiameresti meccanico in senso spregiativo, e non daresti tua figlia in moglie a suo figlio, e nemmeno a tuo figlio la figlia sua. Ebbene viste le lodi con cui esalti il mestiere tuo (quello di avvocato) proprio con che diritto disprezzi il meccanico e gli altri?...

Se la virtù consistesse nel salvare,... diventerebbe ridicolo il disprezzo per il meccanico, per il medico e gli altri che si prefiggono proprio questo scopo». Naturalmente Socrate voleva soltanto dimostrare all'amico sofista che la virtù non consiste nel fare qualche cosa di utilitaristico, sia pure a scopo di salvare sé e gli altri. Questo discorso testimonia quale enorme distanza sociale divideva nell'antica Grecia un avvocato non solo da un «meccanico» ma perfino da un medico (13).

Con la decadenza delle attività mercantili degli Stati italiani nel seicento e nel settecento, prevalse in Italia un'economia fondata sull'agricoltura che diminuì grandemente gli stimoli e le occasioni per l'innovazione tecnologica, insiti nelle attività mercantili. L'atteggiamento descritto da Platone e ben presente nella cultura aristotelica, allora ancora dominante, rimase ben radicato e prevalente nella cultura del nostro Paese. Non va trascurato che la controriforma, con il rafforzamento dell'impostazione tomista e quindi aristotelica della cultura, non stimolò certamente lo sviluppo di un atteggiamento della società (in particolare nelle classi più elevate) più aperto e gratificante nei confronti delle attività tecniche ancor più che scientifiche.

Galileo Galilei, così come Leonardo, aveva invece mirabilmente unito, in un coordinato insieme, interessi speculativi e applicativi, indicando la strada per il superamento della millenaria contrapposizione tra la speculazione dei filosofi e l'esperienza del tecnico. Val la pena a questo proposito ricordare, anche se notissimo, l'inizio dell'ultima opera di Galileo (Discorsi intorno a due nuove scienze, Leida, 1683) in cui egli afferma che «Largo campo di filosofare (cioè di fare della filosofia naturale, ossia della fisica) agli intelletti speculativi parmi che porga la frequente pratica del famoso arsenale di voi, signori veneziani, ed in particolare in quella parte che meccanica si domanda». Questa affermazione ripresa dall'altro dialogante, Sagredo, doveva sembrare addirittura eretica a Simplicio, terzo protagonista di questi Dialoghi, rappresentante della scienza ufficiale e aristotelico convinto.



Nella cultura italiana il conflitto culturale (esasperato dalle ben note implicanze religiose) tra l'atteggiamento del mondo classico nei confronti della scienza e della tecnica e quello di Galileo e Leonardo, doveva risolversi nella sconfitta di quest'ultimo, durata per almeno due secoli.

A questo proposito è opportuna una breve digressione. Molto spesso si è letto (e qualche volta si legge ancora) in saggi di storia antica che resti archeologici di antiche civiltà, con elaborate realizzazioni tecniche, testimoniavano necessariamente per quelle civiltà una grande fioritura scientifica della quale il progresso tecnico comprovato da tali

Scienza e tecnologia in Italia fino al 1945

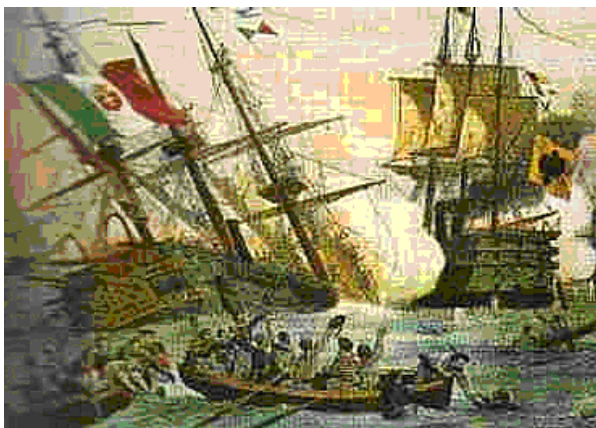
resti sarebbe stato una conseguente manifestazione.

La convinzione che la speculazione scientifica debba precedere la realizzazione tecnica è certamente errato per il passato ed è ancor oggi ben lungi dal potersi ritenere universalmente valida (14).

E ad esempio ben noto che la trattazione scientifica della macchina a vapore poté essere compiuta parecchi decenni dopo che questa macchina era divenuta di uso comune e si può altresì ricordare che molti fenomeni di attrito che giocano un ruolo importante nelle lavorazioni meccaniche sono ancor oggi interpretabili scientificamente in modo tutt'altro che soddisfacente. È invece assai verosimile che in passato scienza e tecnica siano procedute parallelamente con interazioni che, solo con l'avvicinarsi alla nostra epoca, divennero sempre più frequenti ed importanti. Tuttavia il verificarsi di queste interazioni ha richiesto la coesistenza di attività scientifiche e di attività economiche che esprimessero una consistente domanda innovativa che nuovi ritrovati tecnici e scientifici fossero in grado di soddisfare. Il rallentamento delle attività mercantili prima e il grande ritardo poi con cui l'Italia seguì la prima rivoluzione industriale posero il nostro Paese in una situazione di particolare svantaggio nella seconda metà dell'ottocento. Il nostro sviluppo economico richiedeva allora, per una rapida industrializzazione, una massiccia utilizzazione di risorse che, insieme agli impegni derivanti dalle nostre ambizioni politiche e militari, assorbiva pressoché tutte le risorse dell'Italia unita, lasciando ben poco all'eventuale ricerca scientifica e tecnologica per la quale non si riuscì d'altra parte ad esprimere una domanda adeguata. Lo sviluppo delle spese militari venne in quei tempi affidata, per gli aspetti tecnicamente più rilevanti, ad istituzioni operanti all'interno dello Stato o presso aziende estere (15), con scarsissime conseguenze positive per l'industria nazionale.

Soltanto la marina, per opera principalmente di Benedetto Brin (1833 - 1898) iniziò intorno al 1880 una efficace azione di coinvolgimento dell'industria nazionale, portando tra l'altro alla fondazione delle acciaierie di Terni (primo esempio, secondo alcuni, di partecipazione statale al capitale di una azienda) ed alla prima gara per un prodotto tecnologicamente avanzato (macchine ad eliche gemelle della forza di 600 HP nominali per una nave oneraria) (16). Non va a questo proposito dimenticato che la particolare attenzione con cui il mondo politico italiano prese in considerazione lo sviluppo della nostra marina militare in quegli anni, risentì indubbiamente della traumatica umiliazione subita a Lissa (1866), nel corso della terza guerra per l'indipendenza.

In realtà la sconfitta di Lissa fu dovuta assai più a carenze umane che non tecniche, come è testimoniato dagli atti del processo all'ammiraglio Persano e, assai più succintamente, dall'epigrafe che gli austriaci posero sul monumento commemorativo della battaglia, in cui si dice che « uomini di ferro su navi di legno, sconfissero uomini di legno su navi di ferro ».



Soltanto nel corso della prima guerra mondiale il coinvolgimento dell'industria nazionale da parte dello Stato per la difesa doveva ampliarsi definitivamente, soprattutto in campo aeronautico, ove la produzione diretta da parte dello Stato fu sempre praticamente perdente.

D'altra parte la rapidità del nostro sviluppo e il suo ritardo rispetto a quello di paesi che avevano da tempo consolidato, anche a livello istituzionale, attività scientifiche e tecnologiche fiorenti, impedì probabilmente di inserirci in quel processo di stretta integrazione tra scienza e tecnica che, iniziata intorno alla metà dell'ottocento per la comparsa più frequente di scienziati-imprenditori, doveva in altri paesi procedere sempre più rapidamente fino ai giorni nostri.

4) Il periodo tra le due guerre mondiali. La nascita del Consiglio Nazionale delle Ricerche

La prima guerra mondiale lasciò l'Italia in condizioni sociali ed economiche gravi. Di questa situazione risentirono anche le università, che erano allora le uniche istituzioni in cui si svolgevano attività di ricerca.

All'inizio della prima guerra mondiale numerosi docenti stranieri (per lo più tedeschi) di grande prestigio dovettero abbandonare l'insegnamento (17) e l'Italia (Il Politecnico di Milano perdette scienziati di fama internazionale), non facendovi più ritorno al termine delle ostilità. Soltanto agli inizi degli anni venti le università, smaltita l'ondata degli studenti reduci, poterono avviarsi alla normalizzazione delle loro attività, complessivamente impoverite, rispetto all'anteguerra, negli uomini e nelle risorse. Tuttavia nella prima metà degli anni venti, si ebbe un avvenimento che doveva assumere grande rilievo nella successiva storia delle istituzioni scientifiche italiane: la nascita del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.).

Mentre all'estero le istituzioni scientifiche più rilevanti erano nate molto spesso come spontanee manifestazioni delle aspettative e dell'interesse che la società nutriva per la scienza e la tecnologia, nonché dal desiderio degli scienziati di

coordinare le proprie attività, nel nostro Paese taluni di questi Enti, primo fra tutti il Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.), vennero istituiti per rispondere ad una domanda alquanto estranea alla società e alla cultura nazionale, quale era appunto la richiesta di un'adeguata rappresentanza italiana in sede internazionale. Nella premessa del Decreto n. 2895 in data 18 novembre 1923 si motiva infatti l'istituzione del C.N.R.: < riconosciuta l'opportunità che l'Italia partecipi ai lavori indetti dal Consiglio Internazionale di Ricerche >.

Inoltre all'art. 1 di tale Decreto (proposto dal Ministero della P.I. d'initesa con il Ministro degli Affari Esteri e con il Ministro delle Finanze) non si riteneva necessario neppure esplicitare lo scopo del C.N.R., rimandando per questo allo statuto del Consiglio internazionale predetto.

Questa primaria vocazione ai rapporti internazionali del C.N.R. veniva confermata nell'art. 1 dallo Statuto approvato con regio decreto. Nell'anno successivo (R.D. 1625 in data 2 ottobre 1924) anche se nell'art. 2 si attribuiva al C.N.R., tra gli altri compiti, quello di <<coordinare ed esercitare l'attività nazionale nei differenti rami della scienza e delle sue applicazioni >>.



Vito Volterra

Tre anni più tardi il R.D.L. n. 638 in data 31 marzo 1927 per il riordinamento del C.N.R. ne ampliava ulteriormente gli scopi istitutivi, includendovi ad esempio attività di consulenza scientifica ai pubblici poteri.

Le relazioni internazionali in campo culturale erano tuttavia ritenute sempre assai importanti per il C.N.R.

Il Capo del Governo Benito Mussolini, nel suo messaggio a Guglielmo Marconi, Presidente del C.N.R., in data 1 gennaio 1928, dedicava infatti due delle cinque direttive ivi impartite ai rapporti internazionali. Per taluni aspetti di tali rapporti (nomina di delegazioni italiane per l'estero e congressi internazionali in Italia), non fidandosi evidentemente del Presidente del C.N.R., indicava l'obbligo di chiedere la personale autorizzazione del Capo del Governo.

Questa preoccupazione, di controllare cioè i rapporti culturali con gli altri paesi, venne ulteriormente disciplinata con II R.D.L. n. 2082, in data 17 ottobre 1935 (convertito nella legge n. 697 in data 30 marzo 1936) in cui all'art. 2 veniva prevista una commissione di più di venti membri (delegati di Ministeri, del Partito Nazionale Fascista, delle Reali Accademie d'Italia ecc.) che doveva redigere entro il 30 agosto di ogni anno e presentare al <Capo del Governo il calendario ufficiale dei congressi nazionali ed internazionali da tenersi nel Regno Fascista >>. Il Capo del Governo doveva, secondo questa legge, approvare il calendario ufficiale entro il 30 settembre rendendolo così tassativamente vincolante. La suddetta Commissione consigliava il Governo anche in merito alla partecipazione a congressi internazionali di delegazioni e singoli delegati italiani. Sarebbe ingiusto trascurare l'aspetto positivo di coordinamento delle manifestazioni scientifiche che una tale procedura consentiva di introdurre, anche se è assai probabile che questi orientamenti fossero dettati prevalentemente da evidenti preoccupazioni poliziesche, nonché dalla ambizione di ben figurare in sedi internazionali. All'art. 9 di questa legge era infatti detto che il presidente delle delegazioni <<vigila perché durante lo svolgimento dei congressi l'azione delle delegazioni stesse sia conforme alle istruzioni ricevute>> dai Ministri competenti, i quali dovevano controllare preventivamente che le relazioni da presentarsi ai congressi fossero <atte ad assicurare nel modo più efficace la diffusione della cultura e del pensiero italiano >>. Accanto a tanta cura per il nostro prestigio culturale risultava invece del tutto ignorata l'esigenza di verificare il tornaconto che sarebbe potuto derivare al nostro Paese da tali partecipazioni.

Val la pena di osservare che un tale atteggiamento, alquanto provinciale, sottolinea una scarsa autonomia culturale del nostro Paese e non è purtroppo del tutto scomparso. L'assenso del mondo politico a collaborazioni scientifiche internazionali, e ai relativi oneri, oggi assai più rilevanti di un tempo, venne (e viene ancora oggi) sovente giustificato, innanzitutto con ragioni di prestigio (< l'Italia deve essere presente >> oppure <<il rilancio della Comunità Europea dopo il fallimento della CED si effettua attraverso l'impresa scientifica comunitaria quale l'EURATOM, 1953 >>) e con alati richiami a vaghi ideali di concordia tra i popoli, piuttosto che in base ad un ragionato bilancio di costi e benefici.

Con R.D.L. n. 1114 del 25 giugno 1937 (convertito nella legge n. 396 in data 11 aprile 1938) il C.N.R. ebbe un nuovo ordinamento, per parecchi aspetti valido ancor oggi, in cui la cura dei rapporti internazionali diveniva uno scopo secondario dell'ente. Questa tendenza va probabilmente collegata alle crescenti difficoltà dell'Italia ad inserirsi, durante quegli anni, nelle comunità di nazioni (per esempio Società delle Nazioni) ed all'accesso nazionalismo delle direttive autarchiche tracciate dal fascismo.

Ritornando a considerare il primo ventennio di vita del C.N.R. e le sue connessioni con la vita culturale del paese si possono aggiungere le seguenti osservazioni.

I collegamenti tra C.N.R. e Università (e Ministero della Pubblica Istruzione) furono sempre molto stretti anche se talvolta contraddistinti da un certo grado di conflittualità. Con R.D.L. n. 2105 in data 23 ottobre (convertito nella legge n. 1695 in data 14 giugno 1928) venivano emanate <<Disposizioni per l'istruzione superiore >> al fine di regolamentare

Scienza e tecnologia in Italia fino al 1945

alcuni aspetti dei rapporti tra il Ministero della Pubblica Istruzione e il C.N.R. Quest'ultimo era chiamato a svolgere opera di consulenza e informazione del Ministero (art. 1) con facoltà di inviare suoi delegati a visitare <istituti, laboratori e stabilimenti nei quali si eseguono ricerche scientifiche >, dopo avere richiesto però l'assenso del Ministro. Inoltre il C.N.R. era chiamato a fornire la sua consulenza al Ministero per la Pubblica Istruzione in vario modo, in merito sia a finanziamenti (art. 2) che a concorsi per borse di studio.

D'altra parte nel nuovo ordinamento (legge n. 569 in data 11 aprile 1938) erano contenute norme (artt. 3 e 5) concernenti la presenza di professori universitari negli organi direttivi e di consulenza del C.N.R. ed inoltre veniva indicato (art. 19) un rapporto privilegiato con il Ministro per l'educazione nazionale in merito a iniziative scientifiche.

Nel corso degli anni trenta il C.N.R. sviluppò autonomamente (o concorse con altri a sviluppare) istituzioni scientifiche rilevanti che iniziarono ad operare al di fuori delle università, fino ad allora sedi praticamente uniche delle attività di ricerca scientifica. Fin da quegli anni il C.N.R. sovvenzionò ricerche condotte da docenti universitari nelle università, quale ad esempio quelle del gruppo di Fermi all'Università di Roma, oppure utilizzò docenti universitari come ricercatori nei propri istituti, esercitando in genere un'azione assai positiva di sostegno della ricerca nelle Università.

Il C.N.R. diede vita a numerosi Istituti: per le applicazioni del calcolo (8 giugno 1936), per la chimica (10 luglio 1936), di elettroacustica (10 agosto 1936), di geofisica (15 novembre 1936), di biologia (1 dicembre 1936), dei motori (30 giugno 1939), oltre a numerosi centri propri o presso altri enti (prevalentemente Università). D'altra parte questa tendenza si era manifestata anche al di fuori del C.N.R. con l'istituzione dell'Istituto Superiore di Sanità (11 gennaio 1934), dell'Istituto nazionale di ottica (18 luglio 1930), dell'Istituto elettrotecnico nazionale <<Galileo Ferraris>> (4 ottobre 1934) e parecchi anni prima con l'erezione in ente morale della Stazione zoologica di Napoli (21 ottobre 1923) e dell'Istituto di biologia marina in Rovigno (9 aprile 1931). La nascita di gran parte di queste istituzioni venne promossa da docenti universitari eminenti che ne assunsero la presidenza e la direzione e la mantennero per molti anni, anche dopo la seconda guerra mondiale, quando non risultarono troppo compromessi con il regime fascista.

Dopo il riordinamento del C.N.R. del 1937 e la costituzione dei vari comitati di consulenza (17 novembre 1937) si verificò un proliferare di commissioni (più di una ventina) istituite presso i vari comitati. Nei comitati il numero di membri professori universitari era prevalente, mentre nelle commissioni, più specializzate dei comitati ma dotate altresì di minori poteri, la presenza di esperti dell'industria e dei servizi era massiccia. Si manifestò allora una tendenza, ancora ben viva oggi, a propendere verso numeri invero eccessivi di componenti negli organi istituzionali per la ricerca. La tendenza ad ampliarsi dei comitati del C.N.R. di quei tempi fu arrestata da un decreto del Presidente del C.N.R. Badoglio (in data 1 aprile 1939), in cui si fissava il numero massimo di componenti per ciascun comitato (la medicina aveva il comitato più numeroso con 110 membri, seguita dall'ingegneria con 90 e poi dalle altre discipline fino a non meno di 30 membri). In ottemperanza a tale decreto il totale dei membri di tutti i comitati potevano giungere alla rispettabile cifra di 590, cifra che può facilmente richiamare alla memoria l'entità di taluni organi previsti in recenti disegni di legge per l'istituzione di un Ministero per la ricerca scientifica e tecnologica.

A questa considerazione è interessante aggiungere un'altra notazione di costume. Si farebbe infatti grave torto al fascismo se non gli si riconoscesse di avere introdotto, almeno sul piano oratorio, concetti e programmi così duraturi da sopravvivere sino ad oggi.

<<La geniale invenzione nasce quasi sempre nel cervello dell'uomo isolato ma solo l'opera tenace di pazienti ricercatori, con mezzi larghi e adatti, può efficacemente svilupparla ed utilizzarla> Benito Mussolini (1928).

<<Oggi la ricerca scientifica ha singolari e vaste esigenze; richiede cioè una organizzazione e mezzi potenti>> Benito Mussolini (1929).

<<Un paese non spende invano per queste opere di progresso (Laboratori di ricerca)>> Benito Mussolini (1928).

<<La ricerca scientifica deve servire alla scienza e alle esigenze nazionali. Essa non deve servire a creare nuove Cattedre... Il C.N.R. deve essere un organismo all'unisono con la vita della nazione e quindi a contatto con gli industriali, gli agricoltori, coi commercianti, colle amministrazioni. Di qui la necessità di un coordinamento o di un collegamento>>... Benito Mussolini (1929).

<<Bisogna procedere all'inventario delle nostre risorse e stabilire inoltre quello che ci può dare la scienza e la tecnica>> Benito Mussolini (1936).

Non sarebbe difficile ritrovare affermazioni quasi identiche nell'abbondante oratoria suscitata nel mondo politico degli ultimi decenni dai problemi della ricerca scientifica e tecnologica.

Al di là di queste affermazioni il fascismo rimase tuttavia alquanto distaccato dagli scienziati e dai tecnici a cui chiese di non ostacolare il regime, concedendo in cambio mezzi modesti, ma non inadeguati, e un'ampia libertà di autogestirsi, nell'ambito delle gerarchie accademiche tradizionali. Le attività di ricerca subirono incrementi notevoli, anche in virtù dell'azione del C.N.R. e della creazione di organismi di ricerca extrauniversitari.

Per dare un'idea dei mezzi finanziari, posti a disposizione del C.N.R. nel corso del decennio 1930 -1940, sono stati raccolti nella seguente tabella B gli impegni del Bilancio dello Stato per il C.N.R. in quegli anni e in anni recenti, insieme agli impegni destinati al Ministero per la Pubblica Istruzione nel suo complesso e in particolare per l'Istruzione Universitaria.

Pur con l'avvertenza che le situazioni dei due enti (C.N.R. e Ministero P.I.) sono assai mutate dal 1940 al 1972-74 e che pertanto non si possono rigorosamente confrontare i dati relativi ai due periodi indicati, si può tuttavia concludere che l'impegno per il C.N.R. risulta oggi assai superiore, se confrontato con l'impegno per la Istruzione Universitaria, di quanto non fosse negli anni trenta.

Tab. B - Impegni (in milioni di lire)

Anni	Totale Mm. Pubbl. Istr.	Totale Istruz. Univ.	Totale C.N.R.
1930/31	1.467,5	105,4	2,8 (1)
1931/32	1.563,1	107,5	3,1 (1)
1932/ 33	1.728,5	124,7	3,2 (1)
1933/34	1.733,1	124,0	3,3 (1)
1934/35	1.649,0	119,1	3,7 (1)
1935/36	1.666,0	130,4	7,7
1936/37	1.763,8	120,5	4,8
1937/38	1.960,1	129,5	8,7
1938/39	2.076,2	133,2	9,6
1939/40	2.388,1	153,6	14,5
1972	2.792.609,8	338.494,4	67.609,3
1973	3.323.197,2	382.139,7	75.008,5
1974	4.015.403,3	392.479,4	79.062,0 (2)

(1) Per tali anni gli importi indicati comprendevano, oltre al contributo per il C.N.R., anche i contributi per il funzionamento di: Regi osservatori, Regia scuola normale superiore di Pisa, Erbario coloniale di Firenze, Regia scuola di Ostetricia di Trieste, Regio Comitato talassografico italiano, Istituto biologico di Rovigno, Regio Istituto italiano di archeologia e storia dell'arte in Roma, Istituti superiori di magistero di Firenze, Messina e Roma.

(2) Compresa L. 14.050 milioni per l'attuazione dei programmi spaziali nazionali.

L'Università rimase tuttavia l'asse portante della ricerca nell'ambito pubblico, anche perché i professori universitari controllavano gran parte delle istituzioni scientifiche extrauniversitarie. Le persecuzioni politiche e razziali, pur indebolendo le già esigue risorse umane del paese, non ebbero, nel loro complesso, effetti quantitativamente rilevanti. La mobilitazione delle risorse scientifiche e tecnologiche del Paese a cui l'autarchia prima e la guerra poi avrebbero dovuto dar luogo nelle conclamate intenzioni del regime fascista, non produsse effetti di rilievo sul piano tecnico e scientifico.

Non ci si poteva d'altra parte aspettare qualche cosa di diverso in un paese che non aveva mai mostrato una reale fiducia nelle risorse della scienza e della tecnologia e dove gli scienziati, in gran parte universitari, erano scarsamente inclini alle attività applicative. Ancora una volta i risultati, che dopo pochi anni dovevano assumere enorme rilevanza applicativa (quali furono appunto quelli del gruppo di Fermi), non destarono in Italia alcuna seria attenzione in quegli anni e nel corso della seconda guerra mondiale.

Nell'industria vi erano settori (chimica, meccanica ed elettrotecnica) in cui si erano raggiunti livelli tecnici notevoli, anche grazie ad innovazioni perseguite ed attuate autonomamente. I settori che richiedevano il maggior impegno di ricerca e sviluppo (l'aeronautica e l'elettronica) ed impostazione produttiva meno tradizionale, non mostrarono di riuscire verso la fine degli anni trenta a mantenere il confronto con industrie di altri paesi (Gran Bretagna, U.S.A., Germania), confronto che era risultato non sconcertante qualche anno prima.

Per quanto concerne l'aeronautica vennero effettuati investimenti per ricerche assai ragguardevoli (Guidonia) e sforzi considerevoli anche nel campo dei trasporti aerei, ma si compì probabilmente l'errore di concentrare gli sforzi assai più sul conseguimento di primati che non sullo sviluppo di nuovi aerei di concezione avanzata da prodursi e impiegarsi in grandi quantità.

Per l'elettronica mancarono probabilmente adeguati investimenti e il tempo necessario ad utilizzare le competenze notevoli presenti allora in Italia. La componentistica, ad esempio, ebbe veramente troppo poco tempo (solo qualche

anno) per svilupparsi prima del sopraggiungere della guerra. Nel corso degli anni trenta erano infatti sorte e si erano sviluppate aziende (per esempio: FIVRE, DUCATI, GELOSO) di dimensioni anche rilevanti (per quel tempo) che, pur valendosi largamente di licenze straniere, particolarmente statunitensi, avevano tuttavia acquisito notevoli capacità tecnologiche. Lo scarso interesse delle aziende Statunitensi ad intervenire direttamente nel mercato europeo di allora, favorì la cessione di conoscenze tecnologiche ad aziende europee (e quindi anche italiane) di medie dimensioni, che se ne avvalsero per contrastare le grandi aziende europee (Philips, Siemens), già allora in grado di competere con l'industria elettronica americana.

In complesso numerosi imprenditori operanti in questi settori (elettronica e aeronautica), di nascita così recente, erano stati particolarmente incoraggiati, protetti e favoriti dal regime fascista, nel cui ambito svolsero attività politiche di un certo impegno.

Questa situazione, che poneva a disposizione delle aziende operanti in questi settori un mercato nazionale abbastanza ampio, non stimolò certo questi imprenditori a misurarsi sul mercato internazionale con aziende straniere che, sia in Europa che negli U.S.A., avevano già assunto ben altre dimensioni.

Gli imprenditori dei settori più tradizionali guardavano spesso con sufficienza questi nuovi venuti e solo in qualche caso queste nuove attività nacquero come filiazioni di aziende operanti in settori più tradizionali (per es. FIAT). All'inizio del secondo conflitto mondiale la situazione dei settori aeronautici ed elettronici era già assai carente (particolarmente per certi aspetti tecnologici e produttivi) rispetto a quella di alcuni dei paesi belligeranti.

Resta infine da osservare come la società italiana, pur nell'ambito favorevole di un'economia protetta e fortemente motivata allo sviluppo autarchico, non trovò nella scienza e nella tecnologia una soddisfazione adeguata alle proprie esigenze di sviluppo. Questa incapacità di realizzare coerentemente i propri obiettivi, tipico del regime fascista, si verificò anche per le attività di ricerca e sviluppo che imprenditori e regime cercavano (entro certi limiti sinceramente) di svolgere. Non c'è dubbio che la retorica, il velleitarismo, l'atteggiamento acritico e, sul finire degli anni trenta, anche la faziosità, dominavano allora la cultura italiana. Per di più il regime fascista favorì il rinchiudersi del paese nel proprio ambito provinciale, ostacolando la circolazione diffusa delle informazioni provenienti dai paesi più sviluppati del nostro. Particolarmente grave fu da parte nostra la scarsa conoscenza e la sottovalutazione della realtà scientifica, tecnologica e produttiva degli Stati Uniti d'America, che proprio in quegli anni stavano raggiungendo quel primato mondiale che la guerra pose in particolare evidenza.

Inoltre non ci si rese conto (se non da parte di pochi) del tremendo impoverimento di risorse umane che l'Europa prima e l'Italia poi stavano subendo durante gli anni trenta per via delle persecuzioni razziali e delle vicende belliche e del conseguente rapidissimo arricchimento degli U.S.A., che da queste vicende seppero trarre occasione per un accelerato potenziamento delle proprie istituzioni culturali, particolarmente per quanto concerne la scienza e la tecnica. Di contro in Italia le risorse umane e materiali poste a disposizione della ricerca risultavano troppo spesso, qualitativamente prima che quantitativamente, del tutto inadeguate. Se ad esempio si considerano gli organici di personale e gli stanziamenti previsti per gli Istituti nazionali di ricerca creati negli anni Trenta, ci si trova spesso di fronte a cifre del tutto inadeguate e talvolta irrisorie, se confrontate con analoghi istituti europei. È ben vero che scienza e tecnica, anche se fossero riuscite a svilupparsi adeguatamente, non avrebbero potuto trasformare l'Italia in un paese industrialmente avanzato senza il verificarsi determinante di altre circostanze. Scienza e tecnologia rimasero comunque relegate in aree secondarie della cultura che non aveva ancora accettato nei fatti l'insegnamento impartito qualche secolo prima da Leonardo e Galileo.

5) Il secondo conflitto mondiale e il primato americano

La guerra, pur danneggiando duramente tutta l'industria italiana, colpì in modo particolarmente severo, e non solo materialmente, i settori di nascita più recente e con maggiori esigenze di sviluppo tecnologico. Altri paesi uscirono dal conflitto in modo ben diverso, avendo realizzato in pochi anni obiettivi che, pur nella loro spesso infausta efficienza, costituirono risultati di tale importanza da produrre effetti macroscopici e duraturi nel successivo evolversi delle loro attività scientifiche e tecnologiche, nonché del loro apparato industriale. Basterà ricordare che negli anni del secondo conflitto mondiale si vide tra l'altro nascere e svilupparsi in Gran Bretagna il radar e gli antibiotici, in Germania gli aerei a reazione e la missilistica, negli Stati Uniti l'energia nucleare, in Giappone le più grandi navi che avessero mai navigato. La Francia, con il proprio territorio invaso poco dopo gli inizi delle ostilità, poté realizzare ben poco e così l'Unione Sovietica che tuttavia riuscì, nel corso del conflitto, a realizzare una generale innovazione tecnica del proprio apparato militare, grandemente potenziato.

Per l'Italia, come per il resto del mondo, la seconda guerra mondiale pose in evidenza in modo inequivocabile l'affermazione e il consolidamento del primato scientifico e tecnologico degli Stati Uniti d'America. Sarà bene riflettere sulla evoluzione storica che si conclude con il raggiungimento di tale primato, poiché gli Stati Uniti divennero in seguito un riferimento inevitabile di ogni considerazione che riguardasse la nostra scienza e la nostra tecnologia. E questo sia che si considerasse quel paese come la inesauribile sorgente di modelli da imitare e di conoscenze da acquisire, sia che lo si ritenesse un nemico con cui scontrarsi per evitare di essere ridotti in schiavitù.

Le poche considerazioni che seguono, intendono sottolineare alcune peculiarità della storia americana, troppo spesso ignorate, che si manifestarono fin dalla nascita di quel paese e che continuarono ad essere presenti nella sua evoluzione, sì da divenire fattori determinanti per il raggiungimento del primato di cui si è detto. Raggiungimento che venne ottenuto a conclusione di un impegno che si mantenne costante per molti decenni.

Abbiamo già avuto modo di accennare allo stato di inferiorità culturale, in particolare tecnico, ma soprattutto scientifico, in cui gli Stati Uniti d'America ritenevano di trovarsi (5) ancora all'inizio del XX secolo. E non mancavano i motivi per tale scarsa autoconsiderazione. Nell'anno scolastico 1869 -70 venne conferito un solo dottorato in tutti gli Stati Uniti (18) e le attività di ricerca scientifica restarono assai modeste e per lo più confinate nelle Università. L'Europa restava in ogni settore la detentrica di ogni primato culturale. Soltanto nell'ultima decade del XIX secolo si manifestarono sintomi di uno sviluppo che sarebbe divenuto inarrestabile. Nacquero allora le prime riviste scientifiche americane (la <<Physical Review>> nacque nel 1894 alla Cornell University) ma sopra tutto si ebbe allora un impetuoso incremento della scolarità (18). In dieci anni, dal 1890 al 1900, raddoppiò il numero degli alunni nelle scuole primarie, raddoppiò il numero di diplomati delle scuole secondarie, mentre il numero di coloro che conseguivano il dottorato crebbe di due volte e mezzo. Infine, l'analfabetismo (18) era, nel 1900, già limitato a circa l'11% della popolazione. Questo sviluppo scolastico si innestò in un paese già fortemente industrializzato, straordinariamente ricco di risorse e che per di più aveva preso definitiva coscienza, con la guerra ispano-americana (1899), del proprio ruolo di grande potenza internazionale.

Non bisogna peraltro dimenticare che gli Stati Uniti avevano fruito per tutto l'ottocento di una notevolissima disponibilità di capitali anche europei e di risorse umane qualitativamente e quantitativamente adeguate per sostenere lo sviluppo del Paese. Vi è infine da rilevare l'eccezionale attitudine all'innovazione che si era manifestata, fin dall'inizio dell'ottocento (19), con una schiera impressionante di innovatori.

Innovatori tutti che spesso divennero imprenditori e produttori dei loro ritrovati, fondando aziende che in qualche caso sono divenute, nel corso di un secolo, gruppi multinazionali di rilevanza mondiale.

Inoltre, nei primi decenni di questo secolo l'industria americana, che si era valsa fino ad allora di tecnici senza particolari competenze scientifiche, seppe aprirsi al sapere scientifico sì che, ad esempio, nel 1920 un quinto (20) dei dottori in Fisica americani erano impiegati in Laboratori di ricerca industriali. Alla fine degli anni trenta l'industria americana aveva già acquisito una completa autonomia (e talvolta la supremazia) tecnologica in settori qualificati quali ad esempio l'industria chimica, l'elettronica e l'aeronautica. La seconda guerra mondiale diede modo agli Stati Uniti di manifestare le sue straordinarie capacità innovative non solo per l'affermarsi di prodotti nati e sviluppati fin dall'inizio negli Stati Uniti (per esempio l'energia nucleare), ma anche per tutti gli altri prodotti tecnologicamente rilevanti che, pur avendo origine in altri paesi, vennero prontamente acquisiti, perfezionati e realizzati su grande scala in America.

I radar inglesi e tedeschi erano ad esempio indubbiamente già alquanto perfezionati nel 1941, mentre il radar era allora scarsamente impiegato negli Stati Uniti. Ma nel 1945 gli Stati Uniti erano già in grado di produrre in grande quantità i migliori radar del mondo.

Nel settore aeronautico quanto si è detto risulta particolarmente evidente. Il progetto Manhattan, per la realizzazione delle prime bombe atomiche, che è all'origine dell'industria nucleare americana, costò — come è ben noto — agli Stati Uniti circa due miliardi e mezzo di dollari. E assai meno noto che circa nello stesso periodo gli Stati Uniti investirono ben tre miliardi di dollari (21) per realizzare il bombardiere Boeing B 29 che doveva portare le bombe atomiche a Hiroshima e Nagasaki. Dal giorno in cui volò il primo B 29 (21 settembre 1942) al 1946 l'industria aeronautica americana riuscì a produrre circa quattromila esemplari (del costo unitario di circa 1 milione di dollari) di questo tipo di aerei che tra l'altro scaricarono sul Giappone in poco più di un anno ben 171.060 tonnellate di bombe.

Si pensi che circa nello stesso periodo gli U.S.A. produssero anche 12.731 Boeing 17 (Fortezza volante) oltre che molte altre decine di migliaia di aerei di ogni tipo per sé e per i propri alleati (U.R.S.S., Gran Bretagna, Francia, ecc.).

Tanto per avere un riferimento, basterà ricordare che i tedeschi produssero, dagli anni trenta fino al termine della guerra, solo circa 7000 esemplari di uno dei bombardieri da loro più usati, l'Heinkel He 111.

Per quanto riguarda infine l'industria aeronautica italiana, essa riuscì a produrre dal 1934 al 1943 solo un migliaio di esemplari del trimotore S.M. 79, che fu in quegli anni il cardine della nostra forza aerea da bombardamento. Inoltre il quadrimotore Piaggio P 108 B, simile per certi aspetti al B 17, venne prodotto dal 1939 al 1943 in soli 55 esemplari (22).



Hiroshima dopo la bomba

Scienza e tecnologia in Italia fino al 1945

Il confronto puramente esemplificativo tra questi dati sottolinea la macroscopica disparità tra gli Stati Uniti da un lato e l'Europa (con il nostro Paese) dall'altro, disparità che andrà tenuta costantemente presente nell'analisi di quanto accadrà nel periodo successivo, al termine della seconda guerra mondiale.

Nel nostro Paese si ebbe modo di conoscere per la prima volta alcuni dei più recenti progressi della scienza e della tecnologia (con l'esclusione fortunata della bomba atomica) solo dalla osservazione diretta delle forze armate delle varie nazioni. La meraviglia e l'amara sorpresa con cui lo spettacolo di tante novità tecniche attrasse la nostra attenzione, non stimolarono tuttavia una riflessione critica di ampio respiro, neppure sulle enormi differenze metodologiche e organizzative esistenti tra il nostro e gli altri paesi, differenze che si erano allora manifestate nell'affrontare le nuove e complesse realtà proprie di quegli anni. Il trasporto e l'approvvigionamento di milioni di uomini in armi, la rapidissima industrializzazione e produzione su larga scala di aerei, navi e altri prodotti necessari allo sforzo bellico, non solo avevano richiesto una mobilitazione di risorse di gran lunga superiore a quella del nostro paese, ma avevano ad esempio stimolato e generalizzato in altri paesi l'applicazione e la diffusione di metodologie (ricerca operativa, ecc.) tipicamente scientifiche.

Infine si svilupparono e si rafforzarono, particolarmente in Gran Bretagna e in U.S.A., quelle istituzioni in cui si stabilivano rapporti stretti e permanenti tra scienza e tecnologia da un lato e società dall'altro, dando luogo allo sviluppo di nuovi settori industriali.

In Italia i mutamenti politici che gli eventi bellici venivano producendo, polarizzarono a tal punto l'attenzione di tutto il Paese da impedire un'analisi approfondita del divario tecnologico (<< gap >> lo si sarebbe chiamato vent'anni dopo) tra il nostro ed altri paesi, di fronte al quale la guerra ci aveva bruscamente e dolorosamente posto. Questo profondo divario, che in trent'anni non saremmo riusciti a colmare, venne complessivamente sottostimato, e giustificato, con procedimento sommario, come una delle tante colpe che il regime fascista aveva commesso nel corso del proprio ventennio di potere. Più o meno tacitamente ci si convinse allora, con troppa ingenuità, che le riacquistate libertà civili avrebbero consentito tra l'altro di annullare quasi automaticamente tutte quelle nostre negatività che quegli anni travagliati avevano posto in evidenza.

In realtà l'assetto democratico del paese e il suo inserimento nell'ambito di stretti e amichevoli rapporti con le nazioni più sviluppate del mondo erano condizioni indubbiamente necessarie, ma non certo sufficienti per scrollarsi di dosso l'arretratezza e il provincialismo culturale in cui il fascismo aveva mantenuto il paese, rallentando quel processo di sviluppo scientifico e tecnologico che si era con fatica avviato sulla scia della nostra prima industrializzazione.

Occorreva una profonda autocritica che identificasse innanzi tutto le zone frenanti della nostra cultura e le circoscrivesse prontamente, eliminando il permanere di situazioni culturali arretrate che il paese avrebbe presto o tardi pagato a carissimo prezzo.

La storia della ricerca nell'Italia del dopoguerra trae origine, nei suoi aspetti più negativi, proprio da questa autocritica che non venne mai fatta.

Conclusioni

Le brevi considerazioni fin qui svolte consentono di formulare alcune conclusioni che possono risultare utili per interpretare quanto è avvenuto nel corso degli ultimi trent'anni, per quanto concerne la scienza e la tecnica nel nostro Paese.

1) Nel corso dell'ottocento e del primo novecento le attività di ricerca, in particolare modo nel campo di scienze come la fisica e la chimica prossime ad attività applicative, non ebbero in Italia uno sviluppo paragonabile a quello di altri paesi europei (Gran Bretagna, Germania, Francia) e degli Stati Uniti d'America.

Gli scienziati italiani si dimostrarono in genere assai restii a curare le applicazioni dei propri risultati e d'altra parte la domanda di utilizzazione per tali applicazioni da parte dell'industria nazionale e di tutto il paese fu in genere assai scarsa. Lo Stato unitario non riuscì ad organizzare, se non sporadicamente, una domanda di prodotti tecnologicamente avanzati, senza per altro dare un particolare impulso alle attività di ricerca fondamentali.

2) Il ritardo e la lentezza che hanno caratterizzato il nostro sviluppo scientifico contrastano con il ritmo assai più sostenuto che contraddistinse tale sviluppo in altri paesi e con la crescente attenzione che altrove si pose nel valutare e stimolare le attività di ricerca scientifica e tecnologica e il loro innesto nella vita del paese, in particolare modo nelle attività industriali.

3) L'adempimento di impegni internazionali ebbero importanza prevalente nel determinare la nascita e i primi anni di vita del Consiglio Nazionale delle Ricerche. I rapporti con altri paesi, e particolarmente la salvaguardia del così detto nostro <<prestigio>> in campo internazionale, rimasero una componente sempre importante della considerazione che il paese, e in particolare i pubblici poteri, ebbero per le istituzioni scientifiche nazionali.

4) Il mondo universitario esercitò sempre un'influenza prevalente nel determinare la vita scientifica dell'Italia. Lo sviluppo del C.N.R. fu caratterizzato da un sempre maggiore peso dei professori universitari nei suoi organi decisionali, anche perché nessun altro gruppo sociale (imprenditori, militari) mostrò di volersi impegnare seriamente nel determinare le linee di tale sviluppo.

Al termine degli anni trenta, attraverso l'articolazione in Comitati, si andò configurando una lottizzazione del C.N.R. per gruppi di discipline.

Inoltre la sempre più vasta consistenza numerica di tali organi garantiva un consenso oligarchico, dal quale scelte di merito, sopra tutto in accordo con il potere politico, venivano rese di fatto sempre meno probabili. Questa tendenza veniva ulteriormente sottolineata dalla burocratizzazione di tale istituzione.

5) L'autarchia e la seconda guerra mondiale non mutarono apprezzabilmente l'atteggiamento nazionale nei confronti della scienza e della tecnica nonostante le direttive formulate, almeno sul piano oratorio, dal regime fascista e dal suo stesso capo.

6) Nella cultura italiana, dall'inizio dell'ottocento ai giorni nostri, permane ben radicata, anche se per lo più sottaciuta, una discriminazione contro le attività <<pratiche>> che si articola in una sorta di gerarchia culturale al cui vertice vengono poste le discipline più lontane da attività applicative, discipline che vengono considerate le più prestigiose. Tale gerarchia, in netto contrasto con la visione rinascimentale della cultura italiana e con la concezione delle scienze di Galilei, ha costituito — e costituisce probabilmente ancora oggi — una caratteristica fondamentale della nostra cultura, assai più significativa della ben nota ipotesi delle <<due culture>> di Snow. In accordo con tale caratteristica la nostra cultura privilegia ancora oggi un'impostazione logico-deduttiva anche per affrontare quei problemi in cui risulterebbe assai più efficace un approccio sperimentale e induttivo.

Le cause storiche dell'affermarsi e del radicarsi di tali caratteristiche culturali nei secoli diciassettesimo e diciottesimo non sono di facile identificazione. Si può tuttavia indicare, tra le possibili cause, il decadimento delle attività mercantili e il conseguente ridotto stimolo ad attività di tipo industriale, nonché il prevalere della cultura controriformista, strettamente connessa alle gerarchie culturali del mondo greco.

Bibliografia

- (1) Alvin M. Weinberg — *American Scientist*, 58, pg. 612 (1970). Michael W. Friedlander — *The conduct of Science* — Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J., capitolo 9.
- (2) Eugene Garfield, *Citation as a tool in Journal Evaluation*, *Science*, 178, pg. 471 (3 Novembre 1972).
- (3) Henry S. Carhart - *The Imperial Physics Technical Institution in Charlottenburg*, *Science*, 12, pg. 702-703 (1900) e in *Annual Report Smithsonian Institution*, 1900, pg. 403.
- (4) Werner von Siemens *La mia vita e le mie invenzioni* Longanesi, Milano (1970).
- (5) Rexmond C. Cochrane *Mesures for progress — A History of the National Bureau of Standards* — NBS, U. S. Dept. of Commerce (1966).
- (6) Op. cit., in (5) pg. 101.
- (7) Giorgio Abetti: *Il Bureau of Standards degli Stati Uniti del Nord America*, Intesa Intellettuale, Anno II, fascicoli 3-4, Editore Nicola Zanichelli, Bologna (1919).
- (8) A. Carugo - F. Mondella — *Lo sviluppo delle scienze e delle tecniche in Italia dalla metà del XIX secolo alla prima guerra mondiale in Nuove questioni di storia del risorgimento e dell'unità d'Italia* — Marzorati Editore Milano (1962).
- (9) *Bibliografia Marconiana* — Consiglio Nazionale delle Ricerche — 1974.
- (10) SIPS — *Atti della riunione tenutasi a Parma nel 1907*, Roma (1908). Per questa e per altre notizie sulla SIPS vedasi R.V. Ceccherini — *Un secolo di vita della SIPS in: Un secolo di progresso scientifico italiano*, a cura della SIPS, Vol. VII, pg. 343, Roma (1940).
- (11) J. Taylor — *The scientific community*, Oxford University Press, Oxford (.1973) e inoltre: *Scientific and learned societies of Great Britain* — George Allen e Unwin Ltd, London (1964).
- (12) Yves Renouard — *Gli uomini d'affari italiani nel Medioevo* - Rizzoli Editore, Milano (1973).
- (13) Giorgio Tabaroni — *Storia della Fisica* — Coop. Libreria. Universitaria Editrice, Bologna (1975), pg. 12 e seg.
- (14) Giorgio Tabaroni, op. cit., in (13), pg. 10.
- (15) Luigi de Rosa — *La rivoluzione industriale in Italia e il Mezzogiorno* — Editori Laterza, Bari (1973), pg. 109 e seg.
- (16) Luigi de Rosa - op. cit., pg. 138.
- (17) Vedasi ad esempio le singolari vicende di Bernardo Dessau su *Giornale di Fisica*, 3, vol. 13, luglio-settembre 1972.
- (18) U.S. Dept. of Health, Education and Welfare, <<Digest of Educational Statistics, 1970 >>.
- (19) Vedasi a questo proposito il Cap. X <<Pourquoi les américains attachent plutôt à la pratique des sciences qu'à la théorie>> in Alexis de Tocqueville, *De la Démocratie en Amérique*, Tomo II.
- Eli Whitney (1765 -1825): << cotton-gin.>> (1793) e produzione in serie.
- M. Singer (1811-76): macchina da cucine (1851). Chales Goodyear (1800 - 60): gomma vulcanizzata (1841). Cyrus Mc Cornick (1809 - 84) e Obed Hussey (1792 - 1860): mietitrice (1833 - 34). Samuel F. D. Morse (1791 - 1872): sistemi telegrafici (1840 - 1850).
- (20) *Physics Today*, luglio 1976, pg. 29.
- (21) Martin Caidin — *La notte che distrussero Tokio* — A. Mondadori Milano, (1969), pg. 25.
- (22) Cfr. E. Angelucci — *Gli aeroplani* - A. Mondadori - 1971. C. Barbieri — *I bombardieri* - E. Arbertarelli Editore, Parma (1971). B. Cooper - *The Story of the Bomber* — Octopus Book Ltd., London 1974.



Scambi culturali e collaborazione tra i giornali della SCI

Con mia grande soddisfazione ho osservato come si sia di fatto avviato uno scambio di contenuti e di punti di vista tra questa rubrica, le rubriche de “La Chimica & L’Industria” e le *Newsletters* della SCI che si trovano in rete.

Nella *Newsletter* n.42 del 15/03/2010, ad esempio, sono riportate notizie relative all’idrato di metano palesemente riprese da quanto era stato riportato in questa rubrica (CnS-La Chimica nella Scuola, 2009, 1, 76.). Analogamente sono state riprese le osservazioni relative allo studio del Gliocladium Roseum, un fungo capace di convertire la cellulosa in una miscela di idrocarburi.

Ho potuto osservare inoltre una grande concordanza di punti di vista per quanto riguarda gli interrogativi di natura disciplinare legati all’attribuzione del premio Nobel per la Chimica ad Ada Yonath, Thomas Steitz e a Venkatraman Ramakrishnan.

Da un lato la Chimica rivela essere una conoscenza basilare per molte altre discipline, ma nello stesso tempo assume sempre di più una funzione di disciplina di servizio. Questo ultimo aspetto apre molti interrogativi per quanto riguarda la didattica della disciplina sia a livello universitario che a livello preuniversitario. Ho visto con piacere che Claudio della Volpe condivide questa mia preoccupazione (Chim.& Ind., 2010, 1, 96).

Qualche riflessione in margine alla riforma della scuola

Nella presente rubrica non voglio entrare più di tanto nel merito di un problema complesso quale l’intreccio che si è creato tra insegnamento della chimica nella scuola secondaria e riforma scolastica.

Di riforma si parla da lungo tempo, ma il problema non ha preoccupato più di tanto i chimici che insegnano nella scuola secondaria fino a quando le scuole tecniche, in particolare quelle per periti chimici, hanno assicurato abbondanza di cattedre. Ma la situazione da qualche anno è radicalmente cambiata sotto la spinta di due eventi: le alte sfere ministeriali in occasione della cosiddetta riforma Gelmini accentuano il loro tradizionale atteggiamento di scarsa considerazione per la chimica e per il suo insegnamento; la chimica si sta avviando a divenire, sotto la spinta di interessi emergenti, una fondamentale “disciplina-ponte”, configurandosi come Biochimica, Astrochimica, Chimica Teorica, Chimica Farmaceutica, Chimica Ambientale, senza considerare la Scienza dei Materiali. Anche la tradizionale Chimica Analitica, così caratteristica del “fare chimica”, è sempre più supportata dalle tecniche strumentali, con un fondamentale contributo dell’elettronica e dell’informatica.

Questa rivoluzione finirà per avere conseguenze non trascurabili sui tradizionali programmi di insegnamento.

In tanto sconquasso rimangono ovviamente alcuni nuclei fondanti della disciplina che non possono essere trattati superficialmente e che richiederanno probabilmente interventi specifici nella formazione degli insegnanti di chimica.

Vorrei riportare a questo proposito alcune riflessioni del nostro presidente, il prof. Campanella, inviate per posta elettronica, che mostrano sensibilità non solo per i problemi interdisciplinari ma anche per la didattica in generale. Ritengo utile riportare le lettere che seguono, non solo per sottolinearne i contenuti ma anche per andare incontro a quella parte di iscritti alla Divisione di Didattica Chimica o di semplici abbonati a CnS che non fruiscono della posta elettronica.

In uno degli incontri (I thè della Chimica) organizzati dalla Sezione Lazio, che ringrazio per l’impegno e la progettualità, è emersa una esigenza che vorrei trasferire a tutti voi. Stiamo cercando di limitare i danni di una riforma scolastica che rischia di togliere sicurezza nel futuro agli insegnanti di chimica nella scuola e che comunque può rappresentare per questi nostri colleghi un evento difficile da gestire. Credo che un contributo sostanziale potrebbe venire proprio da noi: è il momento di rimboccarsi le maniche ed andare nelle scuole per diffondere la cultura Chimica, sensibilizzare i giovani, favorire, l’aggiornamento dei nostri docenti rafforzando di conseguenza la loro presenza nelle singole realtà scolastiche. Il GI over 70 dovrebbe giocare un ruolo significativo (ed in questo senso mi auguro che il prof. Scorrano possa mettere in piedi un programma capace di coprire tutto il territorio), ma a tutti mi rivolgo per questa fase di passaggio che, se la sapremo percorrere con una logica di coesione e cooperazione potrebbe sfociare anche in situazioni migliori delle attuali. I nostri associati della Scuola organizzati nella Divisione Didattica, sono colleghi validi, impegnati, che hanno sacrificato anni per il progresso della scuola italiana. Alcune scelte che si fanno anche logiche e non tutte lo sono non dovrebbero danneggiare e mettere a rischio né il posto di lavoro né la dignità di tale loro lavoro né la qualità della loro vita.

Luigi Campanella

L'integrazione delle scienze credo sia un impegno da assolvere come tributo agli errori del passato che si sono sostanziati in una progressiva disarticolazione culturale nella convinzione da parte di alcuni di diventare padroni di parti, sia pure sempre più piccole, di cultura ed anche perché ciascuna delle discipline ha una sua struttura formativa ed una sua metodologia (si pensi al carattere induttivo e deduttivo della conoscenza) e può quindi contribuire,

Ma con un paragone, forse troppo idealistico, così come anche l'integrazione tra paesi, popoli, religioni, cultura non deve avvenire sacrificando costumi, storia e tradizioni io credo che l'integrazione scientifica debba salvaguardare alcuni aspetti caratteristici delle singole discipline in relazione alla loro stessa natura. Così per la chimica la sua creatività -esaltata in un recente fascicolo di Nature- deriva dalla possibilità di creare sempre nuove molecole a partire da atomi, ma questo deve avvenire nel rispetto di regole dettate dalle teorie del legame chimico che non possono essere oggetto di integrazione selvaggia ma ragionata. Lo stesso vale per gli aspetti di sicurezza e rapporto con la medicina affidati allo studio delle correlazioni struttura/proprietà, le specificità delle quali, pure in regime integrato, meritano di essere rispettate.

C'è infine l'aspetto del personale: le rivoluzioni – anche quelle positive e questa forse lo è – non possono avvenire senza tenere conto di una fase intermedia che garantisca la preparazione e l'adattamento e che rispetti il diritto al lavoro e alla qualità della vita di chi ha dedicato alle istituzioni molti anni e, nel caso di giovani, ha riversato in esse molte speranze.
Luigi Campanella

Continuano ad affluire interessanti informazioni

Attraverso le fonti, che abbiamo ampiamente citato nei numeri precedenti della rubrica, continuano ad affluire novità e informazioni su temi che rivelano essere fondamentali. Le notizie riguardano l'inquinamento, l'effetto serra e quindi i problemi connessi con l'accumulo della CO₂, i problemi energetici di vario tipo, molto spesso di natura chimica, le scoperte connesse con lo studio delle nanotecnologie, stati di aggregazione della materia con proprietà "esotiche" e così via.

Con il prossimo numero della rivista riprenderemo tutti questi argomenti.



Nuovi argomenti per l'insegnamento della Chimica. Radicali liberi, antiossidanti e reazioni chimiche oscillanti.

di **Rinaldo Cervellati**

Franco Angeli Editore, Milano, 2010,
1 vol. di pp.169, 21 euro

L'impalcatura di questo libro di R. C. si sostiene su tre pilastri, esplicitamente indicati dal sottotitolo: radicali liberi, antiossidanti e reazioni oscillanti. Di argomenti nuovi per l'insegnamento effettivamente si tratta, giacché non solo essi non sono ancora parte dei programmi di chimica per le scuole secondarie, ma sono in sé scarsamente trattati anche a livello accademico, e per di più in ordine sparso. Di radicali liberi si parla infatti, salvo per qualche meccanismo di reazione, quasi soltanto nei testi di chimica organica e di biochimica, e senza eccessivo zelo; di reazioni chimiche oscillanti solo da pochi anni, e piuttosto sbrigativamente, nei testi di chimica fisica. Un altro pregio del libro è che riesce utile sotto due aspetti: perché degli esperimenti e delle determinazioni che ne costituiscono il nocciolo fornisce versioni adatte all'impiego didattico, e perché non mira a uno studio astratto degli argomenti proposti, bensì all'elucidazione, sostenuta da prove sperimentali, di temi che hanno considerevole impatto sulla vita quotidiana e sui comportamenti delle persone. Da questo punto di vista convengo con l'elettrochimico Bockris che, in fin dei conti, la scienza deve anche servire (prima o poi, preciso, per non urtare la suscettibilità degli assertori dell'autonomia della scienza).

L'organizzazione del libro vede in primo luogo la definizione dei radicali liberi, la concisa illustrazione dello stress ossidativo (sappiamo che nell'arco di 24 ore una cellula produce una ventina di miliardi di ossidanti!) e dei danni che ne discendono per gli organismi viventi, la rappresentazione dell'affascinante andamento delle reazioni chimiche oscillanti, esemplificate da quelle più e meglio note: la Belousov-Zhabotinsky e la Briggs-Rauscher. Segue la descrizione dettagliata di una serie di determinazioni volte a stabilire l'effetto quali- e quantitativo degli antiossidanti, espresso dal tempo di inibizione delle reazioni oscillanti impiegate causato dalla loro aggiunta. Infine alcuni cenni storici sulla scoperta e l'elaborazione di accettabili meccanismi delle reazioni oscillanti e una nutrita bibliografia. Noto che sarebbe stato opportuno aggiungere un elenco dei numerosi acronimi che ricorrono nel testo con le corrispondenti definizioni.

Di radicali liberi, dei rischi che comportano e degli antiossidanti si parla abbondantemente, e non sempre a proposito, nella produzione pubblicitaria in campo cosmetico, salutistico, farmacologico e, con la consueta insipienza, su quotidiani e riviste. È comprensibile, infatti, che in una società consumistica non si tralasci l'occasione offerta da miti e timori che condizionano l'opinione pubblica, inducendo mature signore a spendere centinaia di euro nelle profumerie e un po' tutti (specie gli sportivi della domenica) a ingoiare integratori e "farmaci omeopatici" nella speranza di vivere meglio, più a lungo e nascondendo le rughe. Difficilmente, però, si leggerà o si sentirà dire che, per esempio negli animali da esperimento, gli antiossidanti non allungano affatto la durata della vita, anche se talvolta rendono più probabile il raggiungimento di quella massima predestinata, né che la vitamina C e il β -carotene in dosi eccessive possono agire, malevolmente, da pro-ossidanti (e si che Pauling suggeriva di assumere sei grammi al giorno della prima!) o che la vitamina E giova solo agli atleti impegnati in altura. Tanto meno che la supplementazione della dieta con antiossidanti esogeni è inefficace, giacché l'organismo sa usare bene quelli che possiede o elabora e ben poco quelli

forniti dall'esterno. O che nessuno studio su larga scala conferma l'utilità degli antiossidanti esogeni nella prevenzione del cancro. Giustamente l'A. ricorda che ciò che occorre davvero è una dieta sana, il movimento e l'assunzione (canonica) giornaliera di cinque porzioni di frutta e verdura.

Un aspetto interessante del testo va individuato nella giustificazione teorica delle reazioni oscillanti, che però occorre giudicare riunendo nella lettura il Capitolo 2 e le note storiche. Ciò che infatti rese a lungo difficile fare accettare dalla comunità scientifica (chimica in particolare) la realtà delle reazioni oscillanti fu l'erronea convinzione che contraddicessero il secondo principio della termodinamica nella versione "nei sistemi isolati l'entropia dei processi spontanei aumenta invariabilmente". Cervellati evoca due concetti: quello (Prigogine) della distanza dall'equilibrio (le reazioni non possono mostrare andamento oscillante solo se il sistema studiato è *vicino* all'equilibrio) e quello, più generale per cui il 2° principio, così come l'ho ricordato, vale per i sistemi isolati e non per quelli aperti. Ora di fatto i sistemi che manifestano evoluzione oscillante non sono soltanto *lontani* dall'equilibrio, ma anche aperti, vale a dire presuppongono l'introduzione di reagenti o la sottrazione di prodotti o entrambe le cose.

Si dirà che un beaker non sembra un sistema aperto. In realtà, per esempio, nella reazione di Belousov-Zhabotinsky si separa il prodotto CO_2 , così come in quella di Briggs-Rauscher si separa O_2 . Del resto, come si precisa a pag. 26, lo studio delle reazioni oscillanti si effettua proprio in sistemi aperti: i cosiddetti reattori a flusso, nei quali i reagenti si fanno affluire in maniera continua. Va poi tenuto presente che sistemi aperti sono senz'altro le cellule viventi, che scambiano incessantemente nutrienti e rifiuti con l'ambiente esterno.

Mi sembra superfluo affermare che la descrizione delle metodiche impiegate e delle determinazioni effettuate è meticolosa e accorta, poiché di ciò è garanzia la ben nota esperienza dell'A. Dirò, invece, che trovo particolarmente opportuno l'aver dedicato attenzione a materiali quali il tè, il cioccolato, i succhi di arancia, alcuni integratori alimentari e il papavero rosso, individuando i principi responsabili dell'attività antiossidante essenzialmente nei polifenoli. Ne sortiscono alcuni risultati interessanti, come l'inefficacia antiossidante dei succhi a lunga conservazione e del cioccolato al latte o la comparabilità di alcuni tè vergini e fermentati. Per quanto concerne l'esposizione noto quella che direi una certa *sbrigatività tecnica*, caratterizzata dall'uso di anglicismi o dall'abuso di forme passive, anch'esso di derivazione anglosassone. La resa grafica è accettabile, mentre non mancano frequenti refusi.

Manlio Guardo



LE FAVOLE DELL'ALCHIMISTA
Le Scienze raccontate a bambini, ragazzi e adulti
a cura di
Tiziano Pera e Rosarina Carpignano

vol. di 207 pagine

Prezzo: 15 Euro

© 2010 Il Baobab, l'albero della ricerca
Gruppo Ricerca in Didattica delle Scienze – GRDS-
UNITO
Verbania Intra, Via Cavallotti, 16, tel. 0323 53814, e-mail:
info@baobabricerca.org

"Le favole dell'alchimista" è una raccolta di favole narrate da insegnanti e studenti, che intende introdurre il lettore in alcune stanze della Scienza, prevalentemente quelle microscopiche della Chimica, ove abita la materia fatta di molecole e ioni che si comportano come individui pensanti e parlanti.

"Le favole dell'alchimista" costituiscono un esempio di regalo gratuito che i bambini della scuola primaria, i ragazzini della secondaria di primo grado, i ragazzi della superiore e gli studenti dell'Università hanno fatto a se stessi e, indirettamente, a tutti noi.

Mettere un mondo di favole a disposizione di insegnanti, genitori e nonni, perché questi possano imparare a leggere le scienze in modo diverso e accattivante, tanto da volerle raccontare poi ai propri allievi, bambini, ragazzi, figli, nipoti, è lo scopo principale de "Le favole dell'Alchimista".

Nello stesso tempo con "Le favole dell'alchimista" si vuole dimostrare che il rigore scientifico non viene meno se la scienza viene raccontata attraverso le favole.

Il libro può essere consultato dagli insegnanti che vi possono trovare spunti per una didattica delle scienze che sia carica di fascinazione e di seduzione, alla quale gli allievi, bambini o adulti, possano dedicare energia ed entusiasmo, anche sul piano della creatività.

Questo libro va bene anche per i genitori o i nonni che desiderino aiutare i propri figli o nipoti a superare i confini della fatica e della noia, di cui sono spesso prigionieri più o meno consapevoli, quando si tratti di avere a che fare con le Scienze.



Società Chimica Italiana
Divisione di Didattica chimica

VII Conferenza Nazionale di Didattica della Chimica

Educare alla Chimica per promuovere la Chimica

8 - 10 Ottobre 2010

Consorzio per l'Università di Pomezia

Via Pontina km 31,400

Pomezia (RM)

La Conferenza dedicherà ampio spazio alla discussione dei temi riguardanti gli effetti degli attuali cambiamenti normativi sulla Didattica della Chimica nella Scuola e nell'Università con un numero limitato di comunicazioni orali.

Sarà prevista una sessione poster in cui potranno essere presentati contributi di didattica relativi ai diversi livelli scolastici, alcuni dei quali, su indicazione del comitato scientifico, potranno essere brevemente esposti oralmente.

I contributi, da inviare entro il 10/09/2010, dovranno preferibilmente fare riferimento a: didattica laboratoriale, competenze, rapporto con le altre scienze, chimica per una cittadinanza responsabile.

Tutte le informazioni sul sito www.didichim.org

Comitato scientifico

Michele A. Floriano (Presidente), Paola Ambrogi, Aldo Borsese, Marilena Carnasciali, Pasquale Fetto, Daniela Lanfranco, Livia Mascitelli, Alberto Regis, Silvana Saiello, Francesca Turco, Mariano Venanzi, Maria Pia Veronico.

Comitato organizzatore

Alberto Regis (Presidente), Pasquale Fetto (Segretario tesoriere), Francesca Turco (sito e iscrizioni), Mariano Venanzi (logistica).

DURANTE I LAVORI DELLA CONFERENZA SI TERRÀ L'ASSEMBLEA ANNUALE DEI SOCI