

A03

La Chimica nella Scuola

a cura di



Società Chimica Italiana



Copyright © MMXIV
ARACNE editrice S.r.l.

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

via Raffaele Garofalo, 133/ A-B
00173 Roma
(06) 93781065

ISBN 978-88-548-7786-3
ISSN 0392-8942

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: novembre 2014

SOMMARIO

EDITORIALE	7
Il gusto intenso come senso di Luigi Campanella	
DALLA COPERTINA (a cura di Gianmarco Ieluzzi)	9
Gabriello Illuminati di Pasquale Fetto	
La formazione dei docenti in servizio nell'ambito delle Scienze sperimentali Perché e come i "Laboratori del Sapere Scientifico" promossi dalla Regione Toscana di Fabio Olmi	13
SCUOLA SECONDARIA DI I° GRADO	27
La biologia della riproduzione. Un esempio di percorso a livello di scuola secondaria di primo grado di Daniela Basosi	
Attività didattica sul DNA parte II di Chiara Gerardi, Erica Parri, Pedro Henrique Maraglia, Izadora Aparecida Ramos Lima, Kelly Suellen Lima Silva, Liliane Viera Oliveira, Nawa Leite Ferreira Tavares, Giada Tuci, Cosimo Micheletti, Valentina Domenici	43
La Tavola Periodica di Hugo Schiff, forse la Prima nel suo genere in Italia – Parte I di Marco Fontani, Mariagrazia Costa, Laura Colli	53
Vibrazioni molecolari e calore specifico: una proposta di attività transdisciplinare di Michele D'Anna, Paolo Lubini	63
TRA PASSATO E FUTURO (a cura di Marco Ciardi)	75
La pietra dell'orlo di Mara Andreoni	
FEDERCHIMICA PER LA SCUOLA (a cura di Luigi Campanella)	
Sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti	79
Assemblea annuale dei soci	80
NOTIZIE FLASH	
Water's second glass transition	83
Giornata dell'acqua	84

EDITORIALE di.... Luigi Campanella (luigi.campanella@uniroma1.it)

Il gusto intenso come senso

Un recente articolo di Giacomo A.Dente sul Messaggero di Roma ha trattato l'affascinante tema del gusto inteso come senso. Mediato da tutta una serie di papille collocate tra lingua e palato il gusto trovò la sua classica sistematizzazione in quelli che vennero censiti come i quattro sapori fondamentali, dai quali derivava tutte le nostre sensazioni gustative: il dolce, il salato, l'amaro e l'aspro, ciascuno con un suo valore cognitivo, oltre che culturale. Nel 2008 un professore di chimica dell'Università di Tokyo individuò un nuovo sapore, "l'umami" (che in giapponese significa saporito), legato in particolare al glutammato e a tutti gli alimenti ricchi di proteine. La risposta degli scienziati americani, per bocca del professor Richard Mattes, della Purdue University nello stato dell'Indiana è che l'elenco è ancora tutto da approfondire.

Di fatto gli scienziati si interrogano oggi intorno ad altri caratteri di gusto, quali il frizzante, l'alcalino, il metallico, ma soprattutto il grasso, una componente della nostra nutrizione che era stata per lungo tempo considerata nient'altro che una consistenza e non un sapore vero e proprio.

Le scoperte frutto di queste indagini sono in parte ovvie in parte no. Così il gusto frizzante viene considerato ottenuto grazie all'anidride carbonica ed alle bollicine che da essa si sprigionano nelle bevande. L'ossidazione di alcune verdure come i carciofi o gli spinaci rende bene il nuovo gusto classificato come Metallico.

Sono stati individuati due recettori specifici sulla lingua per il gusto grasso: uno è per il grasso buono, per esempio quello del midollo, uno per quello cattivo comunemente scartato.

Fuori dai laboratori, il problema di dare una base scientifica alle ricette è diventato un quesito primario per gli chef più portati alla sperimentazione. Sono così nati i sapori combinati dei quali alcuni esempi sono:

Acido e dolce :Ketchup

Acido e amaro: soia base della cucina cinese

Acido e salato :salumi e formaggi francesi

Sui sapori inoltre esistono anche pregiudizi, come accade ad esempio con l'amaro, associato al nocivo mentre ad una analisi più attenta viene facile notare che tutta una serie di cibi molto amati hanno questa caratteristica: i carciofi, i broccoli, i lampascioni, le cime di rapa.

Partendo da queste basi, la seconda frontiera esplorata dalla cucina moderna si è concentrata su quanto nel gradimento di un piatto concorra insieme al gusto anche l'olfatto. Da un lato meno di una decina di sapori (per ora cinque universalmente riconosciuti) e dall'altra almeno quattrocento recettori olfattivi che consentono al nostro naso di riconoscere almeno diecimila odori.

Oggi le biblioteche degli chef si sono riempite di volumi di cucina molecolare e i cuochi non mancano di visitare blog come "khyμος" dove alla voce TRGWT ("they really go wall together") si trovano gli accostamenti scientificamente più sorprendenti lungo le ultime frontiere delle combinazioni gusto-olfatto. Partendo da queste considerazioni il giuoco è andare a vedere quali alimenti abbiano ad esempio forti basi molecolari comuni nell'aroma.

Gli studi proseguono, non senza forzature. Il catalogo è ricco di combinazioni possibili pollo arrosto e ananas, prugne e formaggio blu, pomodori e tè nero, parmigiano e cocco, aglio cioccolato e caffè, salvia e noccioline americane. La cucina molecolare continua ad espandersi e la chimica può senz'altro essere considerata la disciplina guida. Così il rapporto chimica/alimenti si arricchisce di un nuovo capitolo che affianca quelli più tradizionali del monitoraggio a fini di sicurezza e qualità degli alimenti.

Gabriello Illuminati

1922-1986

di

Pasquale Fetto



I° Presidente della Divisione di Didattica

La fonte bibliografica più autorevole e precisa sulla figura di Gabriello Illuminati fa riferimento a quanto scritto, nel necrologio, da Antonino Fava[1]. Il testo originale in lingua inglese è stato libermente tradotto in alcune parti dal sottoscritto che ha cercato di inserire altre notizie a completamento di questo contributo.

Gabriello Illuminati si laureò presso l'Università di Roma discutendo, sotto la direzione del Professor Giacomello, una tesi sulla struttura dei raggi X dell'adamantano.

La sua carriera scientifica ebbe inizio nel 1945 allorché fu nominato assistente del professor Caglioti presso l'Istituto di Chimica con la specifica attività di ricerca sulla chimica inorganica strutturale.

La necessità di approfondire la conoscenza delle tecniche di cristallografia a raggi X lo portò nel 1947 negli Stati Uniti e precisamente nella città di Ames, sede della Iowa State University. Svolse inizialmente la attività presso il gruppo del Professor Rundle. Purtroppo, per sopraggiunti problemi di salute a un dito, Illuminati fu costretto ad abbandonare l'attività di ricerca col Prof Rundle. Decise quindi di associarsi al gruppo diretto dal professor Gilman che era molto attivo in chimica organica e nella chimica del silicio organico. Al periodo trascorso negli Stati Uniti si deve la pubblicazione di due articoli significativi: Gabriello Illuminati, R. E. Rundle, "Electron deficient compounds. IV. The structure of hexamethyldiplatinum", J. Am.Chem. Soc., **1949**, *71* (10), pp 3575-3582. Gabriello Illuminati, Henry Gilman, "The Reactions of Thiols with Some Alkyl and Aryl Heterocyclic Ethers" J. Am.Chem. Soc., **1949**, *71* (10), pp 3349-3351. I problemi di salute legati all'esposizione alle radiazioni costrinsero Illuminati ad interessarsi ad altri campi di ricerca.

Questo drastico e audace cambiamento incise profondamente sul suo futuro scientifico. La sua formazione chimico fisica inorganica gli fece sentire la necessità di un approccio quantitativo ai fenomeni della chimica organica, specialmente in relazione alla loro importanza in termini di meccanismi di reazione.

La sua inclinazione verso la chimica organica fisica lo portò ad un'evoluzione nel suo pensiero scientifico che completò durante la sua permanenza nel laboratorio di Hughes e di Ingold all'University College di Londra, nel 1952.

Grazie ai suoi lavori scientifici ottenne nel 1958 la cattedra di chimica generale presso l'università di Trieste e nel 1959 la cattedra di chimica inorganica sempre presso la stessa università; mantenne questa cattedra fino al 1962 quando si trasferì a Perugia per occupare la cattedra di chimica organica e, dal 1963 fu professore di chimica organica presso l'Università di Roma.

Nel 1971 il Consiglio Nazionale delle Ricerche istituì il Centro per lo Studio dei Meccanismi di Reazione e ne affidò a Illuminati la direzione, un'istituzione che ha magistralmente diretto per il resto della sua vita, portandola rapidamente a riconoscimento internazionale.

Quantitativamente e qualitativamente i successi scientifici di Illuminati sono notevoli. Autore di circa 180 pubblicazioni scientifiche oltre che di articoli e di libri di testo.

Nessun riferimento alla personalità di Illuminati sarebbe adeguato senza accennare al suo assiduo coinvolgimento nelle questioni di interesse per la comunità scientifica in generale.

Particolarmente degni di nota sono stati i suoi sforzi nel raccogliere la preoccupazione dei suoi colleghi chimici per renderli consapevoli della necessità di aggiornamento dei metodi e la qualità dell'insegnamento della chimica a tutti i livelli.

In questo campo fu membro attivo di numerose commissioni internazionali: il comitato del Consiglio d'Europa per l'istruzione superiore e della ricerca; il Comitato IUPAC per l'insegnamento della chimica; il comitato dell'Unesco per l'insegnamento della chimica. Fu il promotore nella creazione all'interno della Società Chimica Italiana di un comitato per l'insegnamento della chimica, che alla fine si è evoluto nel 1977 nella Divisione di Didattica Chimica, di cui fu eletto primo presidente.

Altre attività internazionali includono la sua appartenenza nella Commissione 702IUPAC per la chimica organica fisica e nel comitato di pianificazione per le conferenze EUCHEM.

Come è noto, nell'autunno del 1969, Paolo Sylos Labini (assieme a Gabriello Illuminati) darà alle stampe una memoria sulla riforma universitaria (cfr. Illuminati e Sylos Labini, 1970)¹

Non si deve dimenticare il suo interesse legato alla salvaguardia dei beni culturali ed in particolare del materiale librario che lo videro impegnato già all'inizio della sua carriera. Di questa attività si ricordano le pubblicazioni apparse sul Bollettino del Regio Istituto di patologia del libro.²

Il 1986 privò la chimica italiana di una figura di spicco che aveva profondamente segnato la sua evoluzione negli ultimi decenni.

Riporto integralmente quanto scrisse Antonino Fava in merito alla personalità di Illuminati.³

"Non posso concludere questa nota necrologio senza il mio commento sulla sua personalità, il commento di un caro amico. In lui un intelletto acuto si unì a un'eccezionale capacità di pensiero critico e a un'inflessibile carattere morale. Nell'insegnamento e nella ricerca è stato un vero professionista, l'esatto opposto del cliché della disordinata creatività italiana. Egli era ben consapevole del fatto che, anche se l'indagine scientifica richiede idee e invenzione, non c'è nessun sostituto per un'attenta pianificazione, paziente lavoro duro, valutazione critica dei risultati, costante confronto con quelli di altri ricercatori, scambio continuo di riflessioni con colleghe e colleghi. Queste qualità emersero in tutti gli aspetti della sua vita e attività. Non ha mai improvvisato; le sue idee erano sempre il risultato di un dibattito interno e di un profondo convincimento. Così, non ha esitazione nell'esprimerle, non importa se potrebbero essere sgradevoli al pubblico. Egli era un uomo libero, uno le cui azioni e parole non erano mai condizionate da interessi personali. Un uomo obiettivo, acutamente consapevole dei suoi doveri anche a partire da sue prerogative come professore universitario, che ha svolto senza compromettere la sua popolarità. Un uomo che vorremmo fosse un esempio per tutti noi e un esempio per le giovani generazioni."

Questo non è il posto per rivedere la ricchezza di risultati importanti che Illuminati e i suoi colleghi hanno raggiunto. Tuttavia, almeno due aree di ricerca devono essere ricordate, l'avanzamento delle quali ha ricevuto una spinta decisiva dalle indagini svolte sotto la sua direzione; la reattività del sistema aromatico ed eteroaromatico verso elettrofili e nucleofili, come anche le reazioni di formazione e di apertura di molecole cicliche.

Se nel campo precedente i suoi risultati hanno ora raggiunto lo stato di un classico e si diressero in libri di testo, in quest'ultimo le ampie ed approfondite indagini dal suo laboratorio hanno notevolmente contribuito a mettere nella giusta prospettiva il ruolo dell'entropia di attivazione nei processi in soluzione.

Una Medaglia per la Didattica Chimica⁴

Nell'anno 1986-1987 fu bandito per la prima volta il "Premio Gabriello Illuminati" rivolto agli allievi della scuola media e della scuola superiore. Il concorso, purtroppo negli anni successivi, non fu rinnovato. "Non so dire il perché".

Nel 2006 la Divisione di Didattica ritenne opportuno convertire il premio in "*Medaglia Gabriello Illuminati*" che sarebbe stato assegnato con cadenza triennale.

- La Divisione di Didattica della SCI conferì la *Pergamena Gabriello Illuminati* a **Gianluca Farusi** in occasione del XXII Congresso Nazionale della SCI -Firenze 13 Settembre 2006.
- *Medaglia Gabriello Illuminati* assegnata a **Paolo Mirone** in occasione del XXII Congresso Nazionale della SCI -Firenze 13 Settembre 2006 con la seguente motivazione; "*Una vita dedicata all'attività e alla ricerca nella didattica della Chimica*".
- *Medaglia Gabriello Illuminati* assegnata a **Pasquale Fetto** in occasione del XXIV Congresso Nazionale della SCI - Lecce 11-16 settembre 2011.
- *Medaglia Gabriello Illuminati* assegnata a **Margherita Venturi** in occasione del XXV Congresso Nazionale della SCI – Rende 7 -12 Settembre 2014.

1. Paolo Sylos Labini nel 1962 divenne titolare della cattedra di Economia Politica all'Università "La Sapienza" di Roma, nella Facoltà di Scienze Statistiche, Demografiche ed Attuariali. È stato socio dell'Accademia Nazionale dei Lincei dal 1991, dell'Accademia delle Scienze di Torino.

2. http://www.icpal.beniculturali.it/scheda_periodico.html?ids_foto=8DF6CBD2-3056-479E-85F0-5E977FAD7B02

Bollettino del R. Istituto di patologia del libro, A. 1, n. 1 (gennaio/marzo 1939) - a. 5, n. 1 (gennaio/marzo 1946)

Roma, Regio Istituto di patologia del libro, 1939-1946

•Illuminati, Gabriello et al., *Biblioteca entomologica*, Volume 5., 1946, 3, 89-92

•Illuminati, Gabriello et al., *Ricerche sugli insetticidi : diversi aspetti della lotta contro le infestazioni entomologiche nel materiale librario*, Volume 5., 1946, 3, 65-70

3. http://www.chimica.unipd.it/gianfranco.scorrano/pubblica/la_chimica_italiana.pdf

4. CnS – La Chimica nella scuola **XXIX**,1,2007 p.47

http://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/div_didattica/PDF/2007-1.pdf

La formazione dei docenti in servizio nell'ambito delle Scienze sperimentali

Perché e come i “Laboratori del Sapere Scientifico” promossi dalla Regione Toscana

Fabio Olmi
fabio.olmi@gmail.com

Riassunto

Elemento strategico ed essenziale per riqualificare gli insegnamenti scientifici nelle nostre scuole è quello di una adeguata e generalizzata formazione docenti, in primo luogo come formazione primaria e in secondo luogo come formazione in servizio. Mentre si ribadisce l'esigenza di una profonda revisione dell'attuale formazione primaria, il contributo presenta un modello di formazione in servizio messo a punto dalla Regione Toscana e denominato “Laboratori del Sapere Scientifico” (LSS). Tale iniziativa che si sta realizzando da 4 anni sta dando risultati decisamente buoni in tutta la Regione.

Abstract

Fundamental and essential element to qualify scientific teaching in the school is the adequate education of teachers at the initial formation level and at the continuous updating of it. The former one needs an urgent revision, about the latter here the experience of Toscana Region with the program “Labs of the Scientific Knowledge” running since four years and successful is here described.

Premessa

Nei primi anni del nuovo secolo si è fatta sempre più pressante l'esigenza di potenziare e riqualificare gli insegnamenti scientifici nel nostro Paese ritenendo questa una esigenza strategica per due fondamentali motivi: da un lato la *necessità di stare al passo con gli altri Paesi europei* elevando la qualità dell'insegnamento scientifico in un mondo sempre più caratterizzato dalla scienza e dalle tecnologie e dall'altro la *necessità di limitare la forte dispersione scolastica nel nostro Paese, soprattutto al termine del primo biennio superiore dell'obbligo*, in larga misura per le difficoltà incontrate nell'apprendimento delle discipline scientifiche¹.

1. La percentuale dell'abbandono scolastico nelle scuole superiori in Toscana è 18,6% (2013), più alta della media nazionale che è del 18,2%. L'Unione europea fissa al 10% il tetto dell'abbandono scolastico entro il 2020.

Un primo tentativo di miglioramento dell'apprendimento delle discipline scientifiche fu fatto con l'introduzione del Piano Nazionale Informatica (PNI) rivolto ad insegnanti in servizio. Il PNI è stata una sperimentazione attiva in molte scuole secondarie di secondo grado italiane, in particolare liceo scientifico, liceo classico e istituto tecnico commerciale. Nata con lo scopo di garantire una migliore preparazione scientifica agli allievi, dando particolare importanza a matematica e fisica e impartendo basi di programmazione e linguaggi informatici. L'insegnamento della matematica era affiancato dagli strumenti informatici e dall'uso del computer.

Alla fine del '900 furono avviate le "Scuole di Specializzazione per l'insegnamento Secondario" (SSIS)², che si occupavano della formazione primaria dei docenti, compresi quelli di matematica e scienze sperimentali e, alcuni anni dopo, si avviò, con appositi Piani nazionali, anche la *riqualificazione del personale in servizio negli ambiti dei saperi ritenuti strategici: la matematica, le scienze sperimentali e le lingue*. Vediamo un po' più in dettaglio com'era impostata la formazione docenti di discipline scientifiche in questi due ambiti.

La *formazione primaria* dei docenti veniva introdotta nel nostro Paese per la **prima volta** dopo un lungo dibattito su come doveva/poteva essere organizzata. Prevalse una linea di coinvolgimento contemporaneo dell'Università e della scuola rivelatasi molto positiva (ma che è stata poi cancellata con l'ultima "riforma" Gelmini assegnando la formazione SOLO all'Università). Avendo maturato una lunga esperienza nell'ambito della formazione delle Scienze (vecchie classi di abilitazione A059, A060 e A013) come Supervisore al Tirocinio e come incaricato del corso "Laboratorio di didattica e didattica del laboratorio" nell'ambito dell'Università di Firenze dal 1999/2000 al 2008/2009, posso dire che l'organizzazione data e la specifica formazione teorico-sperimentale fornita da questo contesto è stata riconosciuta dalle istituzioni e dagli allievi che l'hanno frequentata globalmente molto positiva. Le Aree in cui si articolava la Scuola erano 4:

- Area 1-Formazione per la funzione docente;
- Area 2-Contenuti formativi degli indirizzi;
- Area 3- Laboratorio di didattica;
- Area 4-Tirocinio didattico.

Non è certo questo il luogo dove entrare nei dettagli che hanno caratterizzato l'esperienza fiorentina (non dissimile da quella delle altre due

2. Il quadro normativo delle SSIS è del 1990 (Legge 341) ma i decreti applicativi sono stati emanati solo nel 1998 e la scuola è stata attivata a partire dall'anno 1999/2000.

sedi universitarie toscane, Pisa e Siena) e si rinvia per questo a vari contributi in merito, ad esempio³.

La *formazione in servizio* fu avviata a **livello nazionale** nel 2006 per gli insegnamenti delle discipline ritenute strategiche per lo sviluppo del Paese: matematica, scienze sperimentali e lingue straniere. I Piani in questione furono denominati **Mat@bel**, per l'insegnamento della matematica, **ISS** per l'Insegnamento delle Scienze Sperimentali e **Poseidon** per l'insegnamento delle lingue straniere. Il Piano nazionale ISS non fu messo a punto dal Ministero, ma è nato da un progetto messo a punto dalle Associazioni Nazionali dei docenti di scienze sperimentali AIF, ANISN e DD/SCI (2005) e successivamente fatto proprio dal Ministero. Iniziò la sua attività nell'arco di due anni in tutto il Paese a partire dalla formazione dei docenti Tutor, i formatori che dovevano operare nelle varie Regioni, con *seminari residenziali a Milano e a Napoli* con sedi nei rispettivi musei della Scienza. In Toscana il Piano ISS fu avviato nel 2007/2008 e si sviluppò in modo ampio e positivo per tre anni ma, all'inizio del quarto anno (2010/2011)... andò in "dissolvenza" e né i Presidi, né i Tutor formati, né i Referenti regionali nominati dalle Associazioni scientifiche ebbero alcuna comunicazione !

Per comprendere *perché e come è nato poi in Toscana l'"Azione di sistema ..."* promossa dalla Regione dobbiamo mettere in evidenza il terreno favorevole che si era venuto a creare con la vasta azione di promozione di "buone pratiche didattiche" che, da vari anni, aveva coinvolto molte scuole⁴ e con l'azione di miglioramento dell'insegnamento nell'ambito delle scienze sperimentali promossa dal Piano ISS. Queste iniziative avevano prodotto in Toscana un coinvolgimento delle scuole molto ampio col conseguente sviluppo di *un consistente drappello di formatori qualificati provenienti da lunghi anni di ricerca e sperimentazione didattica*, soprattutto docenti delle scuole dei diversi ordini della Regione. Fu anche il Piano Mat@bel a creare un nutrito drappello di formatori in ambito matematico provenienti soprattutto dalla ricerca didattica compiuta in ambito universitario. Sviluppammo brevemente ciascuno dei punti precedenti.

3.F.Olmi- La SSIS, il suo..."centro di gravità" e la formazione degli insegnanti di Scienze- *Naturalmente*, anno 14, n.3/2001, pp. 45-51; F.Olmi- Contro la disattenzione al metodo- La centralità della didattica nell'insegnamento delle Scienze sperimentali- *Didatticamente-La voce della SSIS*, n,1-2 2005, pp.145-154; F.Olmi- Per una formazione integrata dei futuri insegnanti- Atti della V Conferenza nazionale della DD/SCI, Firenze, 13 Settembre 2006.

4. Il centro di questa promozione è stato il Centro di Ricerca Educativa e Didattica di Scandicci (CRED) su indicazione della RT a partire dai primi anni 2000 e che ha portato alla messa a punto e sperimentazione di vari percorsi didattici innovativi relativi ai diversi livelli scolari messi poi in rete e fruibili (vedi sito più avanti).

1- Le “buone pratiche” didattiche sviluppate dalla Regione Toscana

Quattordici anni fa la Regione Toscana dette avvio ad un’iniziativa di rinnovamento dell’insegnamento scientifico (scienze sperimentali e matematica) partendo dall’idea che le “buone pratiche” condotte da insegnanti delle scuole toscane avrebbero fornito un contributo importante.

Venne costituito un Comitato Scientifico (CS) formato da rappresentanti delle tre Università toscane (Firenze, Pisa e Siena) e delle principali Associazioni Scientifiche degli insegnanti di Scienze e Matematica con il compito di mettere a punto i criteri con cui definire l’esistenza di *pratiche innovative nell’insegnamento scientifico e matematico* per poi validarne i percorsi più significativi. I tre criteri individuati erano in perfetta consonanza con quelli indicati nelle “Indicazioni...” ministeriali:

- 1) approccio fenomenologico-induttivo ai contenuti delle discipline (né libresco, né sistematico-deduttivo), attraverso il quale ricostruire con gli alunni il percorso cognitivo che ha portato a quei contenuti;
- 2) “percorsi di apprendimento” individuati sulla base di contenuti epistemologicamente fondanti questa o quella disciplina;
- 3) introduzione di elementi di concettualizzazione /teorizzazione (la definizione, la regola, la legge, il principio) come risultati di un processo di osservazione/problematizzazione – formulazione di ipotesi – verifica - generalizzazione (concettualizzazione) e non come verità precostituite.

Il Progetto si è avvalso del lavoro dei CRED del Comune di Scandicci, della Provincia di Pisa e della Comunità Montana dell’Amiata.

Durante i dieci anni di attività sono stati validati dal CS circa 90 percorsi messi a punto e sperimentati, dalla scuola dell’infanzia alla secondaria di secondo grado, inseriti e consultabili in un’apposita Banca Dati regionale⁵. Si tratta in particolare di 12 percorsi per la scuola dell’infanzia (1 di matematica e 10 di scienze), 27 per la scuola primaria (12 di matematica e 15 di scienze: 12 di biologia, 1 di chimica e 2 di fisica), 19 per la sec. di primo grado (8 di matematica e 11 di scienze: 5 di biologia, 1 di chimica, 5 di fisica di cui 2 di astronomia), 31 per la scuola sec. di secondo grado (8 di matematica, 7 di biologia, 5 di chimica e 11 di fisica).

Dopo alcuni anni di questa esperienza emerse nel Comitato Scientifico la consapevolezza che *i “percorsi” validati, anche se presentati in numerose iniziative pubbliche, rappresentavano una goccia nel mare della scuola toscana, dove restava prevalente un insegnamento trasmissivo e nozionistico senza che questi contribuissero a modificare le pratiche prevalenti.*

5. <http://eduscienze.areaopen.progettotrio.it/index.asp>

2 - Le caratteristiche del Piano nazionale ISS e la sua realizzazione nella Regione

Le caratteristiche del Piano "Insegnare Scienze Sperimentali"(ISS), introdotto in Toscana nel 2007/2008, erano sostanzialmente le seguenti:

-la sua finalità era quella *della promozione di un cambiamento di paradigma nell'insegnamento delle scienze sperimentali* rispetto a quello normalmente seguito che aveva i suoi specifici elementi di forza: creazione di un contesto di senso da cui far emergere la problematizzazione, formulazione di ipotesi (scritte) per affrontare il problema, realizzazione di una didattica laboratoriale (a partire dal macroscopico e fenomenologico), formazione di competenze, verticalizzazione del curriculum;

-dal punto di vista organizzativo puntava sulla creazione di un certo numero di "Presidi" territoriali (in Toscana erano 10), in linea di massima uno per Provincia, allocati presso scuole dotate di laboratori scientifici ben attrezzati e di aule disponibili per le "lezioni". Ciascun Presidio era sede di tre Tutor, uno per ciascun ordine di scuola, che rappresentavano il *personale formato* per la disseminazione del Piano nelle scuole. Sulla base delle domande pervenute dalle scuole del proprio territorio venivano organizzati *corsi di formazione "tra pari"* (ad essi partecipavano due- tre insegnanti per ciascuna scuola che aveva aderito alla formazione) per la messa a punto e la sperimentazione nelle classi di percorsi nel rispetto dei quattro elementi di forza costitutivi del Piano;

-ciascun Presidio riceveva un finanziamento (molto modesto), messo a disposizione dal Ministero attraverso il Provveditorato, per le attività di formazione svolte dai tutor e per la disponibilità delle attrezzature della scuola che lo accoglieva; gli insegnanti in formazione ricevevano un modesto incentivo dalla scuola di provenienza.

Le attività che si svolgevano erano essenzialmente di due tipi: a) *progettazione di Presidio* (definizione "a maglie rade" da parte dei tutor formatori dei percorsi didattici in verticale articolati su concetti-chiave delle varie scienze; b) *presentazione, discussione e sviluppo di questi percorsi insieme agli insegnanti provenienti dalle diverse scuole* che avevano aderito al Piano con effettuazione dei percorsi laboratoriali (accompagnati da momenti di riflessione in verticale e altri di livello specifico (in orizzontale)); successiva disseminazione dei percorsi agli insegnanti delle scuole da parte dei docenti che avevano maturato l'esperienza presso il Presidio. A fine anno si organizzava la comunicazione delle attività svolte dai Presidi e dei percorsi sperimentati dalle scuole ad essi connesse in una *riunione di consuntivo*.

Ferma restando sostanzialmente la validità dei criteri metodologico-didattici introdotti con ISS, esso presentava alcuni *punti deboli* che poi si è

cercato di superare col nuovo “progetto” regionale. In particolare demandava *a progetti separati* la promozione dell’innovazione dell’insegnamento della Matematica (Mat@bel) e delle Scienze sperimentali (ISS); l’organizzazione in Presidi e Tutor responsabili della progettazione e disseminazione del Piano *non ha dato i risultati aspettati e ha rivelato grosse difficoltà nella penetrazione delle nuove modalità didattiche nelle scuole* (uno o due soli insegnanti di una scuola che seguivano i “corsi” presso i Presidi non riuscivano a coinvolgere in modo significativo e duraturo gli altri colleghi della propria scuola in un lavoro di notevole impegno e difficoltà...); difficile è risultata anche la realizzazione nelle scuole della verticalità nella progettazione dei percorsi; infine *i finanziamenti rivolti solo al personale dei Presidi (ai Tutor) non sono stati accompagnati da adeguati finanziamenti delle scuole che hanno visto coinvolti loro docenti* nella formazione per cui si è diffuso un progressivo disinteresse per l’iniziativa da parte di questi docenti.

3- I “Laboratori del Sapere Scientifico” della Regione Toscana (vedi)

La Regione Toscana, nel momento in cui stavano scomparendo i Piani nazionali ISS e Mat@bel, raccogliendo anche gli “esperti” (docenti di scuola dei vari ordini e docenti universitari) che già operavano presso i CRED nelle “buone pratiche”, ha organizzato alcuni incontri tra queste varie componenti dando vita ad un Gruppo di 12 persone di diversa formazione (matematica (4), fisica (3) chimica (3), Biologia (1), Scienze della Terra (1)) che ha messo a punto un’ **“Azione di sistema” estesa a tutte le scuole regionali denominata “Laboratori del Sapere Scientifico”(LSS)**. Essa ha come punti qualificanti e caratterizzanti una serie di elementi emersi da ***un’analisi critica di tutte le precedenti esperienze di formazione.***

Tale gruppo è andato a costituire un *Comitato Scientifico* (CS), di cui anche il sottoscritto fa parte, ed è responsabile dell’intera progettazione e realizzazione dell’”Azione di sistema...” promossa dalla Regione. La RT bandisce, a partire dal 2010-2011, un concorso aperto a tutte le scuole della Regione⁶ selezionando ogni anno 30-40 scuole per cui le scuole che hanno finora ricevuto il finanziamento sono circa 150.

Si è inteso realizzare una ***struttura organizzativa che facesse perno sulle singole scuole promuovendo in ciascuna la creazione di un “Gruppo permanente di ricerca e sperimentazione didattica” formato da un numero di docenti significativo*** (in linea di massima, formati almeno dal

6. Regione Toscana-Settore Istruzione e Educazione -*Avviso pubblico per l’assegnazione di contributi per la realizzazione di Gruppi Permanenti di Ricerca-Sviluppo per una didattica innovativa nelle discipline matematiche e/o scientifiche, denominati “Laboratori del Sapere Scientifico”, nelle scuole toscane di ogni ordine e grado-a.s.....*

50% dei docenti di un certo ambito disciplinare, per diventare *capace di incidere adeguatamente nel cambiamento della didattica della scuola*) e **assistito nella propria attività da “esperti” esterni** per un periodo sufficientemente lungo.

Come per le “buone pratiche”, la finalità di LSS è quella di promuovere congiuntamente il miglioramento dell'apprendimento della Matematica e delle Scienze sperimentali nelle scuole di ogni ordine e grado della Regione assegnando anche a ciascuna scuola ammessa all'”Azione di sistema” un *finanziamento di € 5000 per ciascun anno* per la gestione delle varie attività, con precisi vincoli di ripartizione delle spese (vedere avanti) e con la possibilità di reiterarlo per altri due anni sulla base della *qualità del lavoro sviluppato e monitorato*: l'impegno finanziario per una scuola ha dunque la durata massima di tre anni. In particolare il progetto richiede:

- la nomina di un *Responsabile del Gruppo LSS* con compiti organizzativi, di stimolo, di coordinamento dei lavori e di documentazione delle attività del Gruppo (prevista la stesura di un “Diario della vita del Gruppo”) che affianchi il necessario coinvolgimento del DS;

- di organizzare con *personale esterno alla scuola*, esperto e collaudato da anni, la guida del lavoro dei Gruppi LSS al fine di garantire uno sviluppo delle diverse fasi del lavoro *secondo le linee direttrici del “modello” preparato dal Comitato Scientifico*.

- di curare la rendicontazione delle diverse attività svolte e delle spese effettuate che verranno sottoposte a un monitoraggio collocato a fine anno scolastico (Giugno-Settembre): esso consiste in un *colloquio* tra l'operatore del monitoraggio e il Referente (e il DS della scuola) e nella *consegna* di apposite schede predisposte e compilate dalla scuola (sono 4 le persone delegate dalla Regione al monitoraggio delle varie scuole);

- di stabilire una equilibrata distribuzione delle fonti di spesa ripartita in tre ambiti: compenso del personale “esperto”, compenso dei docenti in formazione (cui deve contribuire anche il FIS, fondo di Istituto, con un minimo di € 500/anno), potenziamento e riorganizzazione delle dotazioni dei laboratori scientifico-didattici ;

- di sviluppare progressivamente e sperimentare nelle classi , a partire almeno dal secondo anno, percorsi didattici e documentarli per un loro inserimento in rete alla fine del terzo anno; mettere a punto, almeno parzialmente, la revisione del curriculum verticale delle discipline interessate, seguendo le linee di riflessione storico-epistemologica e di metodologia didattica costruttivista indicate nel Bando dell'”Azione di sistema”;

- di poter **proseguire autonomamente nell'azione avviata con LSS anche al termine del terzo anno**. Per favorire questa scelta, non obbligatoria ma auspicabile, è stato messo a punto il progetto di una piattaforma, **LSS WEB**, che raccolga i percorsi fatti dalle scuole giunte al terzo anno e validati dal

CS, che consenta di accogliere risultati di seminari, incontri tra scuole orientati alla disseminazione dei LSS e che infine accolga in apposita sezione (“Scaffale aperto”) lavori o contributi di riflessione realizzati dalle **scuole instaurando una comunicazione permanente tra scuole che hanno realizzato LSS e tutte le altre**. Il progetto di questa piattaforma, che dovrebbe attivarsi entro quest’anno, è stato presentato in un seminario organizzato presso l’Ist. Tecnico “L. da Vinci” di Firenze il 26 Giugno 2014. Il “cuore” di LSS, come abbiamo accennato, è costituito dal **“Gruppo permanente di ricerca e sperimentazione didattica”**. Per chiarire la sua struttura e il suo funzionamento soffermiamoci su alcuni punti:

a) Consistenza- il Gruppo, per essere **rappresentativo e significativo nella “trasformazione” della didattica delle discipline scientifiche nella scuola**, dovrebbe essere formato almeno dal 50-60% degli insegnanti della disciplina.

b) Organizzazione- il Gruppo è il **luogo della ricerca didattica disciplinare** (analisi disciplinare, individuazione dei nuclei concettuali essenziali...), della ricerca curricolare, del coordinamento dello sviluppo dei curricoli di (matematica) Fisica, Chimica e Biologia, della discussione e condivisione delle metodologie didattiche costruttiviste, della progettazione di percorsi disciplinari o pluridisciplinari e del controllo degli esiti. Parte dei compiti è necessario siano svolti *sotto la guida di un “esperto” esterno*, altri, autogestiti, per *discussioni plenarie e per discussioni in sottogruppo*.

Per svolgere questi compiti sono necessarie un certo numero di riunioni, mediamente di 2-3 ore ciascuna. Un lavoro soddisfacente richiede, per ogni anno scolastico, almeno 8-10 riunioni di questo tipo per ciascun componente del Gruppo: almeno 4-5 riunioni in presenzia di “esperto” e 4-5 riunioni autogestite. Responsabile dell’organizzazione è la persona nominata dalla scuola come Referente ma anche il DS gioca un importante ruolo di catalizzatore.

c) Funzioni del Responsabile del Gruppo: è chiamato a svolgere diverse funzioni come *animatore, coordinatore e relatore delle attività* del Gruppo LSS e può distribuire qualche incarico ai colleghi (firme e verbalizzazione sedute, ricerca di documentazione e sua distribuzione, aiuto nello sviluppo del “Diario...” del Gruppo,...); riunisce il Gruppo preliminarmente per mettere a punto il tipo di lavoro da svolgere tra colleghi e con esperti (sondaggio attese), ricerca un’ipotesi di progetto da sviluppare, affianca il DS come *garante degli impegni sottoscritti all’inizio dell’anno soprattutto quelli di natura metodologico-didattica*, contatta gli esperti.....e stende una relazione articolata su ogni seduta

costruendo il “Diario di vita del Gruppo LSS” ed è presente insieme al DS alla seduta di monitoraggio (al termine dell’anno, in data concordata).

d) Ruolo del DS- Il DS, una volta deciso di rispondere al Bando LSS della Regione, sottoscrive gli impegni in esso precisati e, dopo la convocazione di un collegio dei docenti in cui viene approvata la partecipazione ad LLS, cura l’inserimento di questo nel POF come iniziativa strategica della scuola *e segue in itinere lo sviluppo dell’attività del Gruppo LSS della scuola.*

e) L’accompagnatore del Gruppo- E’ un membro del Comitato Scientifico di LSS che viene assegnato ad ogni scuola impegnata nel percorso ed ha funzione di chiarire le norme previste dal’azione di sistema”, di fornire consigli di varia natura circa l’organizzazione e lo sviluppo del lavoro, di consigliare esperti per la formazione,... È previsto che i contatti con le scuole avvengano via e-mail.

f) La metodologia didattica rappresenta l’elemento fondamentale del progetto. L’elemento di interesse centrale del progetto LSS è la “nuova didattica” costruttivista che intende promuovere e che è necessario venga condivisa e attuata nelle classi da parte degli insegnanti del Gruppo. In sintesi: prima di tutto si deve cercare di organizzare un adatto *contesto di senso* entro cui far *scaturire problemi* relativi all’oggetto che si intende proporre all’apprendimento (problematizzazione). Dialogando con gli studenti, l’insegnante invita a formulare e **registrare per scritto** possibili risposte alle domande o ipotesi di soluzione dei quesiti; **senza spiegare e anticipare risultati**, si guidano gli allievi ad allestire e compiere esperienze in grado di fornire risposte: gli studenti lavorano in laboratorio, raccolgono dati e li analizzano cercando di comprendere individualmente se e come rispondono alle ipotesi fatte (laboratorialità). Il tutto, messo per scritto individualmente, viene discusso in classe fino a giungere ad una nuova concettualizzazione e/o a idee condivise riportandole poi sul proprio “Quaderno di lavoro” (discussione e socializzazione dei risultati).

E’ questo un processo in grado di passare **da un apprendimento trasmissivo, libresco e sostanzialmente passivo e noioso ad uno di tipo attivo sia sul piano intellettuale che operativo: si tratta di un netto cambiamento di paradigma nella didattica.**

g) Le modalità da seguire per la scelta di significativi e adeguati contenuti in un ottica di curricolo verticale. Si fonda sulla riflessione storico-epistemologica e l’individuazione dei nuclei concettuali essenziali da affrontare nei percorsi e si avvale della ricerca didattica disponi-

bile nelle diverse discipline....; si ricerca anche la “compatibilità” dello sviluppo dei curricoli verticali delle diverse discipline)

h) Il monitoraggio. La Regione designa un certo numero di docenti come **rilevatori**, cioè persone che, al termine del I e II anno di lavoro, si recano su appuntamento presso le scuole per **testare il rispetto dei parametri di LSS** nelle diverse attività intraprese da esse. Allo scopo è stata predisposta una **scheda di monitoraggio** sulla quale vengono riportati gli ambiti e le domande che farà il rilevatore durante il colloquio con il Responsabile e il DS, registrando le risposte negli appositi spazi. Sarà sulla base della compilazione di questa scheda (e degli allegati) che verrà espresso un **giudizio da parte del Comitato Scientifico** di LSS riunito in plenaria: *in relazione a questo esito avviene il passaggio o meno della scuola all'anno successivo e l'accesso al nuovo finanziamento*; il risultato ed eventuali suggerimenti verranno poi comunicati per scritto alla scuola.

i) La documentazione. Il tipo di documentazione richiesta dipende dall'anno a cui si riferisce. Al termine del **primo anno**, in cui si realizza fondamentalmente la *riflessione sui vari aspetti del lavoro del Gruppo LSS* e non vengono richiesti progettazione e realizzazione di veri e propri percorsi, si richiede la produzione di un articolato “diario di bordo” (“Diario di vita del Gruppo LSS” redatto dal Coordinatore del Gruppo) che illustri i processi di riflessione compiuti sui punti qualificanti del progetto sia nei momenti di formazione con esperti, sia nelle riunioni autogestite. Alla fine del **secondo anno**, oltre al solito “Diario di bordo”, è richiesta la documentazione della progettazione, della sperimentazione e dei risultati di *alcuni percorsi didattici* realizzati nelle classi (il tipo e il numero dipende dal tipo di scuola). Al termine del **terzo anno** i prodotti realizzati dal Gruppo dovranno essere registrati in apposita forma standard suggerita da alcune schede (C1, C2 e C3)⁷. Queste, se ritenute idonee ai parametri fissati dal CS, verranno inserite nella RETE LSS come già accennato in precedenza.

4 - I numeri di LSS

Quali sono i numeri di LSS? Il numero degli insegnanti coinvolti nei “Gruppi permanenti...” promossi da LSS costituisce un dato particolarmente significativo. Il quadro aggiornato all'a.s. 2013/2014 è il seguente:

Scuole al 1° anno nel 2013/2014: 34 I ciclo + 14 II ciclo = **48**
di cui: 1 Circolo Didattico (CD), 27 Istituti Comprensivi (IC), 6 Direzioni Didattiche (DD), 14 Secondarie II grado.

7. In appendice si riporta la Scheda C2 che guida alla Documentazione del percorso.

Scuole al 2° anno nel 2013/2014: 21 I ciclo + 11 II ciclo = **32**

di cui: 19 IC, 2 SM, 11 Secondarie II grado.

Scuole al 3° anno nel 2013/2014: 20 I ciclo + 8 II ciclo = **28**

di cui: 18 IC, 1 DD, 1 SM, 7 Secondarie II grado.

Totale: 75 I ciclo + 33 II ciclo = 108 scuole complessive.

di cui: 1 CD, 64 IC, 7 DD, 3 SM, 33 Secondarie II grado.

Se poi teniamo presente anche le scuole che nel 2012/2013 avevano concluso il loro terzo anno (23 del primo ciclo e 7 del secondo ciclo con un totale di 30 scuole: 1 CD, 22 IC e 7 secondarie di II grado), il *numero complessivo delle scuole coinvolte in LSS è stato di 138* (sono state poche le scuole che hanno rinunciato al percorso dopo il primo anno). Stimando il numero medio di docenti coinvolti nei “Gruppi...” per le scuole del I ciclo in 20 e 10 per quelle del secondo ciclo, abbiamo una stima di *circa 1600-1700 docenti coinvolti in LSS nella RT.*

5- In conclusione

Se con l'azione promossa dalla RT delle “buone pratiche” sono stati coinvolti poco più di un centinaio di insegnanti di discipline scientifiche e con la diffusione della formazione connessa al Piano nazionale “Insegnare Scienze Sperimentali” sono state coinvolte nella RT alcune centinaia di insegnanti, si può dire senz'altro che con la nuova tipologia di intervento direttamente rivolta alle scuole e la creazione al loro interno del “Gruppo permanente di ricerca e sperimentazione didattica” ***si è trovato il tipo di modalità capace di aggredire su vasta scala la formazione in servizio degli insegnanti.***

Non solo, come abbiamo già accennato, abbiamo anche cercato di costruire un modo per *sollecitare e sostenere il proseguimento della attività di ricerca e sperimentazione dei Gruppi LSS al termine del terzo anno realizzando la Rete LSS WEB.* A questo proposito, l'ultimo “Avviso pubblicoper i Laboratori del Sapere Scientifico nelle scuole di ogni ordine e grado “ della Regione Toscana recita all'Art.2 (Priorità):

“I soggetti beneficiari devono mostrare di poter sviluppare, attraverso il percorso, sostenuto e monitorato dall'intervento regionale per un massimo di tre anni, risorse organizzative, umane e didattiche tali da poter garantire la sostenibilità e la continuità del Laboratorio del Sapere Scientifico quale strumento per il successo formativo degli alunni in ambito matematico e scientifico anche dopo il termine del progetto”.

E' stata accolta con soddisfazione, infine, la comunicazione che *i LSS sono stati indicati dal CIDI nazionale come il più convincente strumento messo a punto finora per affrontare la formazione dei docenti in servizio.*

Allegato

FORMATO C2

(presentazione di percorsi didattici)

Le scuole sono invitate ad inviare:

- per LSS di un **Istituto Comprensivo**:
 - 1 percorso per la scuola dell'infanzia;
 - 2 percorsi per la primaria;
 - 2 per la secondaria di primo grado;
- per LSS di una singola **scuola secondaria di primo grado**:
 - 3 percorsi;
- per LSS di una scuola **secondaria di secondo grado**:
 - 2 percorsi.

Ciascun percorso riportato presenta le seguenti caratteristiche:

- 1) **Ambito disciplinare:**
(In quale ambito disciplinare si sviluppa la proposta?)

MATEMATICA

SCIENZE SPERIMENTALI:

- Fisica
- Chimica
- Biologia
- Scienze della Terra
- Scienze integrate
- Mate/Scienze sp.

- 2) **Livello scolastico di riferimento:**
(A quale livello scolastico è stato sperimentato?)

primo ciclo

Scuola dell'infanzia

Scuola primaria

Scuola sec. di primo grado

secondo ciclo

Scuola sec. di secondo grado:

- biennio

- triennio

3) Sezione/i o classe/i in cui è stato attuato:

Breve riassunto di ciascun percorso

Di cosa si tratta in sintesi? (max 450 battute)

Percorso

Per garantire una sufficiente snellezza alla esposizione del percorso e una sua **strutturazione standard** ci si aspettano, utilizzando un programma di presentazione slide (PowerPoint o Impress):

8 Dia introduttive (a soggetto determinato);

da **30 a 50 Dia** per esposizione dello sviluppo del percorso;

8 Dia conclusive (a soggetto determinato).

In particolare:

Dia 1 - Titolo, sottotitolo del percorso e anno del livello scolare in cui è stato effettuato

Dia 2 - Collocazione del percorso effettuato nel curriculum verticale

Dia 3 - Obiettivi essenziali di apprendimento

Dia 4 - elementi salienti dell'approccio metodologico

Dia 5 - Materiali, apparecchi e strumenti impiegati:

a) Materiali

b) Apparecchi

c) Strumenti

Dia 6 - Ambiente/i in cui è stato sviluppato il percorso:

- a) Aula
- b) Laboratorio didattico
- c) Esterno
- d) Vari luoghi e precisamente...

Dia 7 - Tempo impiegato:

- a) per la messa a punto preliminare nel Gruppo LSS
- b) per la progettazione specifica e dettagliata nella/e sezione/i o classe/i
- c) Tempo-scuola di sviluppo del percorso
- d) per uscite esterne
- e) per documentazione

Dia 8 - Altre informazioni

Dia 9 a max 58 - Descrizione del percorso didattico dove sia chiaramente individuabile lo sviluppo concettuale e l'approccio metodologico corredati da una selezione dei prodotti delle attività svolte dagli alunni.

Dia da 59 a 61- Verifiche degli apprendimenti:

- a) Tipologie impiegate
- b) 1-2 esempi

Dia da 62 a 64 - Risultati ottenuti (analisi critica in relazione agli apprendimenti degli alunni)

Dia da 65 a 66 - Valutazione dell'efficacia del percorso didattico sperimentato in ordine alle aspettative e alle motivazioni del Gruppo di ricerca LSS.

SCUOLA SECONDARIA DI I° GRADO

La biologia della riproduzione **Un esempio di percorso a livello di scuola secondaria** **di primo grado**

Daniela Basosi

Docente di scuola secondaria di primo grado c/o IC “Montagnola-Gramsci”-Firenze
dabasosi@hotmail.com

Riassunto

Questo contributo si occupa di come sia possibile affrontare nella scuola secondaria di primo grado la biologia della riproduzione umana in modo chiaro e lineare. Il percorso che viene proposto è stato sperimentato con successo in più classi terze nei tre anni passati e si basa sull'uso di schede di lavoro appositamente costruite che, partendo dalle conoscenze degli alunni, creano momenti di riflessione individuale e di discussione collettiva.

Ci siamo attenuti al presupposto che, a questo livello scolare, sia essenziale che gli allievi affrontino anche situazioni complesse avvalendosi della comparazione con situazioni note in cui scoprire analogie e differenze utili all'apprendimento dei concetti in esame.

Abstract

This contribution faces the question about the right way in the secondary school of first level to clearly and linearly present the biology of human reproduction. The proposed itinerary was successfully experimented in several third classes and it is based on work sheets opportunely prepared to start from the knowledge of the pupils and proceed with reflective moments and general discussions.

We considered this level of education as adequately corresponding even to complex situations, exploiting the comparison with known ones and looking for similarities and differences useful to the learning of the concepts.

1. Introduzione

La capacità di riprodursi è certamente una delle caratteristiche fondamentali degli esseri viventi: infatti solo riproducendosi un individuo assicura il perpetuarsi della specie a cui appartiene. Nel mondo dei viventi sono molte le modalità riproduttive ma, comunque, riconducibili essenzialmente a due tipologie: la riproduzione sessuata e quella asessuata.

I momenti in cui si affrontano le modalità di riprodursi di piante e di animali sono numerosi durante gli anni della scuola dell'obbligo. Già nella primaria si parla di seme, fiore e frutto in varie occasioni [1], si parla di ovipari e di vivipari [2], di maschio e di femmina, ecc. Tuttavia parlare di riproduzione

umana implica toccare la sfera assai delicata della sessualità.

Nel mondo contemporaneo circolano, per lo più attraverso i media, molti messaggi riferiti alla sessualità di tutti i tipi e molto espliciti che raggiungono i ragazzi in modo caotico e spesso incontrollato: questi messaggi possono turbarli o comunque creare confusione su molti aspetti della sessualità su cui i giovani si interrogano e desidererebbero ricevere risposte chiare e comprensibili.

Non sempre la famiglia aiuta i ragazzi in tal senso; ritengo comunque che la scuola sia la sede più adatta per intervenire affrontando la sessualità nei suoi diversi aspetti, sia quelli biologici, sia quelli storici riferiti ai ruoli sociali dei due sessi, che quelli emozionali. Questo argomento, infatti, non può essere ridotto ad uno solo dei vari aspetti che lo costituiscono, né ad una sequenza di informazioni date in modo asettico: è un tema trasversale e delicato che deve riguardare più discipline e gli insegnanti, quando necessario, devono essere supportati anche da esperti psicologi e medici.

Nel corso degli anni le “informazioni” devono essere accompagnate dalla possibilità di aprire dialoghi e discussioni che permettano di creare per gli allievi un vero supporto per orientarsi, per crescere in modo sereno e per compiere, quando sarà il momento, scelte consapevoli e autonome.

In questo contributo non verrà affrontato, comunque, l'intero tema, ma solo una prima parte introduttiva alla biologia della sessualità di competenza del docente di scienze, da sviluppare nella classe terza. Infatti, una corretta conoscenza dell'apparato riproduttivo e della funzione che i vari organi compiono, costituisce un punto di partenza irrinunciabile.

2. Le scelte curriculari e metodologiche.

Al docente di scienze della scuola secondaria di primo grado è affidato il compito di sviluppare la parte della biologia della sessualità e, in un primo approccio, promuovere l'apprendimento dell'anatomia dei genitali nei due sessi. Consultando i manuali correnti ci si rende conto di quanto i disegni di anatomia siano difficili da interpretare e da comprendere da parte dei ragazzi. L'apparato genitale femminile viene di solito rappresentato in sezione frontale anteriore, spesso staccato dal resto degli organi circostanti e senza idea di tridimensionalità. Ciò potrebbe dedursi da una rappresentazione sagittale inserita in un profilo addominale, non sempre presente nei testi scolastici, che renderebbe migliore la comprensione della localizzazione degli organi.

Anche l'apparato riproduttore maschile osservato nelle immagini proposte generalmente dai testi crea difficoltà di interpretazione. Non è possibile, pertanto, affidarsi solo ai manuali per una vera comprensione della struttura dell'apparato riproduttore umano.

Questo percorso rappresenta un *approccio operativo* al concetto di ripro-

duzione umana e si avvale di schede appositamente preparate che presentano l'apparato riproduttore umano e delle piante, sulle quali gli alunni devono svolgere attività di osservazione e di comparazione. Attraverso fasi operative successive gli allievi vengono guidati a riconoscere le parti anatomiche implicate nella riproduzione umana e a dedurne la funzione.

La metodologia laboratoriale si basa sulle fasi di osservazione, descrizione, narrazione individuale scritta, discussione collettiva e concettualizzazione: è fondata, cioè, su attività di **riflessione, confronto e deduzione** su un argomento che normalmente viene trattato nei manuali scolastici in modo descrittivo e nozionistico [3]. Gli obiettivi specifici di apprendimento sono:

-comprendere l'anatomia dell'apparato riproduttore umano maschile e femminile

-individuare la funzione delle varie parti anatomiche attraverso un lavoro di osservazione, descrizione e comparazione

2. Un possibile percorso.

Fase 1: Riconosciamo l'apparato riproduttore umano (1 ora)

Per renderci conto delle capacità di orientamento dei ragazzi sugli apparati riproduttori umani abbiamo proposto inizialmente una scheda di lavoro individuale del tipo della Scheda A (Figura 1) in cui sono rappresentati vari

SCHEDA A
Osserva le immagini della Scheda A, che riproducono apparati o parti di apparati del corpo umano.
Delinea un cerchio, usando colori diversi, intorno a quelle che, secondo te, sono ricollegabili all'Apparato riproduttore femminile e/o maschile.
Tieni presente che le dimensioni degli organi riprodotti sono casuali.

SCHEDA A

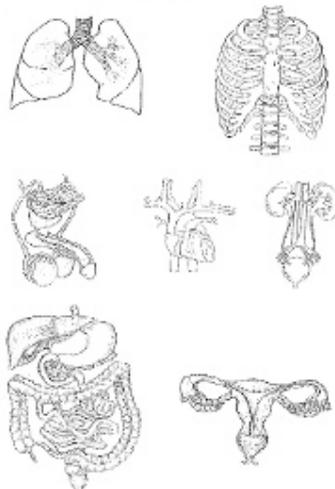


Figura.1 - Scheda A. Scheda di lavoro data agli allievi.

sistemi e apparati del corpo umano.

Si chiede agli alunni di osservare le immagini della scheda e di scrivere il nome delle parti identificate e quindi di cerchiare, usando colori diversi, quelle che, secondo loro, sono ricollegabili all'apparato riproduttore femminile e/o maschile.

La scheda compilata individualmente, viene discussa collettivamente. L'esperienza maturata mostra che la maggior parte dei ragazzi riconosce l'apparato riproduttivo maschile mentre, per i maschi specialmente, è difficile riconoscere quello femminile e spesso viene cerchiato anche l'apparato escretore.

Nella discussione collettiva dovranno emergere i vari nomi corretti degli apparati e dei sistemi riconosciuti: ciò servirà anche per richiamare alla memoria l'anatomia umana già in parte studiata nella classe seconda della secondaria di primo grado e nella quinta classe della scuola primaria.

Fase 2: Impariamo l'anatomia degli apparati riproduttori umani (2 ore)

A questo punto possiamo introdurre la Scheda B (Figura 2) che riporta l'immagine dei due apparati riconosciuti, chiedendo agli alunni di individuare la loro anatomia, gli organi che li costituiscono, scrivendo il nome corretto accanto ad ogni parte che conoscono, scegliendo tra i termini riportati.

SCHEDA B

Negli Apparati riproduttori individuati scrivi il nome corretto accanto ad ogni parte che conosci, scegliendo tra i seguenti termini:

ovidotto, scroto, legamento, ovaia, testicolo, utero, vagina, cervice, pene, prostata, epididimo, uretra, dotto deferente, vescica, tuba di Falloppio, vescichetta seminale, follicolo.

SCHEDA B

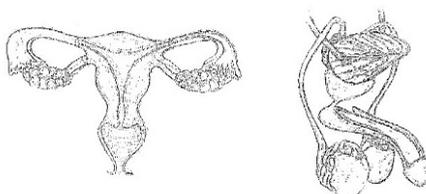
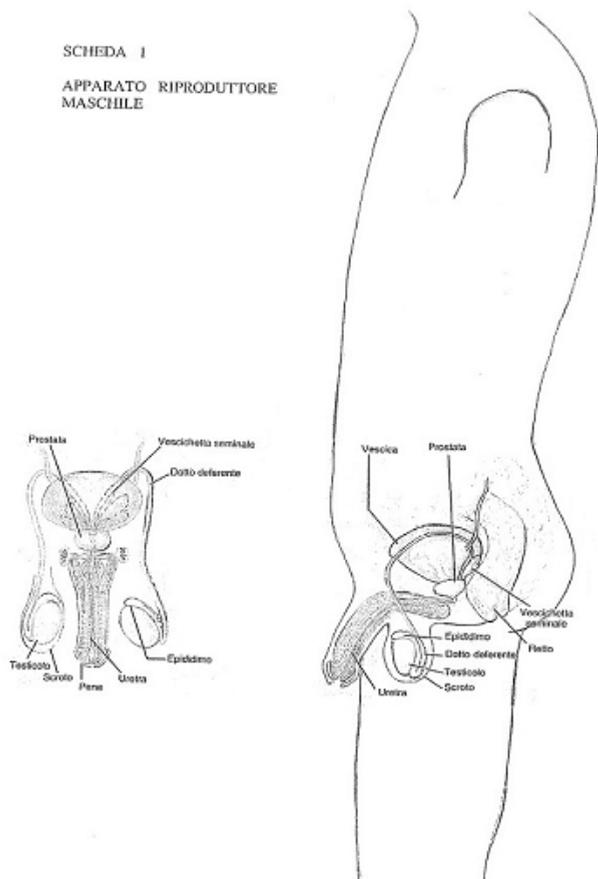


Figura 2– Scheda B. Scheda di lavoro data agli allievi

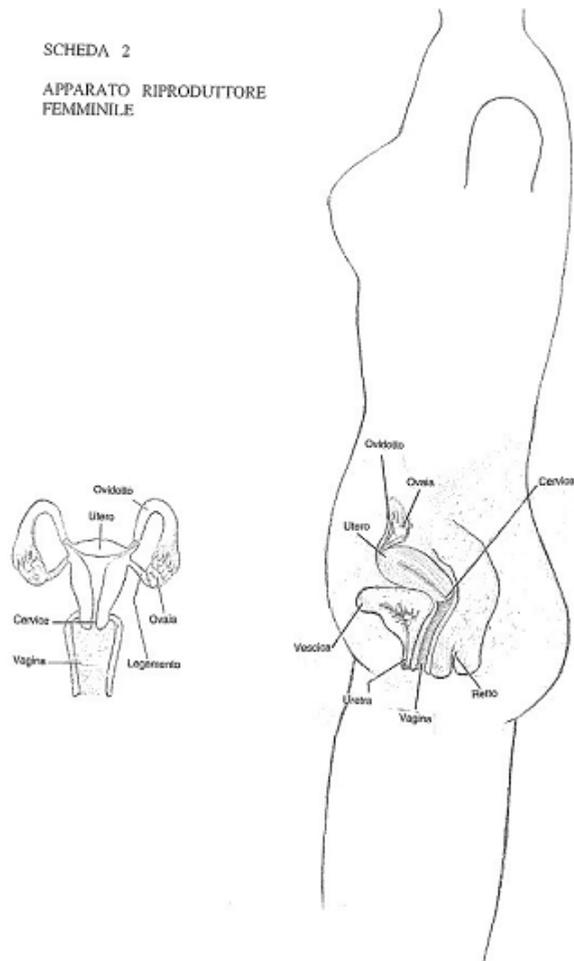
Nella maggior parte dei casi, sia le femmine che i maschi mostrano di riconoscere gli organi esterni maschili, mentre ignorano le parti interne che li costituiscono; la confusione è spesso più marcata quando si passa all'apparato femminile.

Qualche ragazza riconosce le ovaie e l'utero, mentre spesso vengono confusi l'utero con la vagina; i ragazzi, poi, non riescono ad identificare quasi nessuna delle parti.

A questo punto forniamo loro delle tavole anatomiche complete come, per esempio, quelle riportate nelle Schede 1 e 2 (Figura. 3 e 4) e chiediamo agli alunni individualmente di confrontare il loro lavoro precedente, di correggere eventuali errori completando le loro conoscenze. Le loro correzioni e/o i completamenti vengono scritti con un colore diverso in modo che il docente possa prendere visione del lavoro fatto.



SCHEDA 1



SCHEDA 2

Figura 3-4 – Schede degli apparati riproduttori maschile (1) e femminile (2) per confrontare il lavoro fatto con le schede A e B

Lavorare con questo approccio ha anche il vantaggio di richiedere ai ragazzi l'acquisizione di una conoscenza personale mantenendo un certo riserbo su un argomento comunque delicato.

Questo lavoro, tuttavia, non sarà sufficiente e, per accertarci che sia stato davvero proficuo, verifichiamo che gli alunni abbiano individuato la struttura degli apparati riproduttori e abbiano appreso il nome corretto delle loro parti utilizzando possibilmente due modelli anatomici. Se nella scuola

non ci sono i modelli, possiamo utilizzare slide alla lavagna interattiva, oppure altre tipologie di immagini visibili a tutti (tavole anatomiche) così da poterle analizzare e discutere collettivamente. Infine si può ampliare il percorso fino a qui fatto leggendo insieme dal libro di testo ed elaborando un testo collettivo descrittivo come nell'esempio riportato in Figura.5 preso dal quaderno di una alunna.

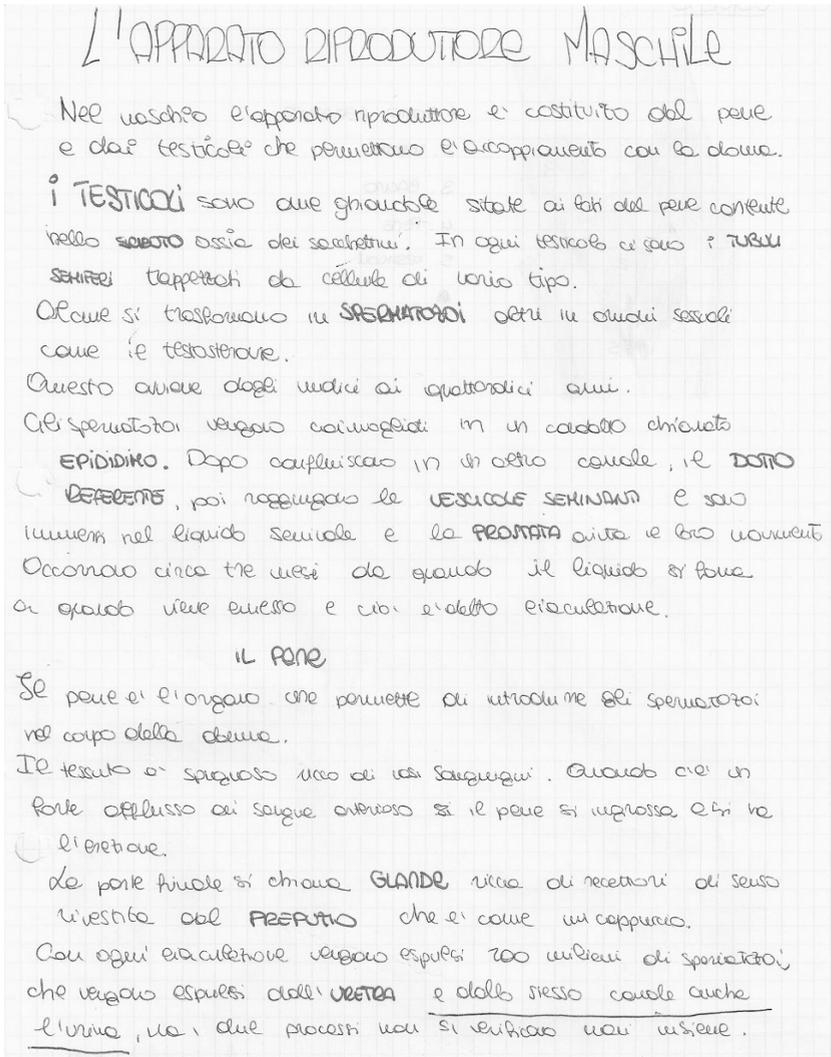


Figura 5- Dal quaderno di lavoro di un allievo: l'apparato riproduttore maschile

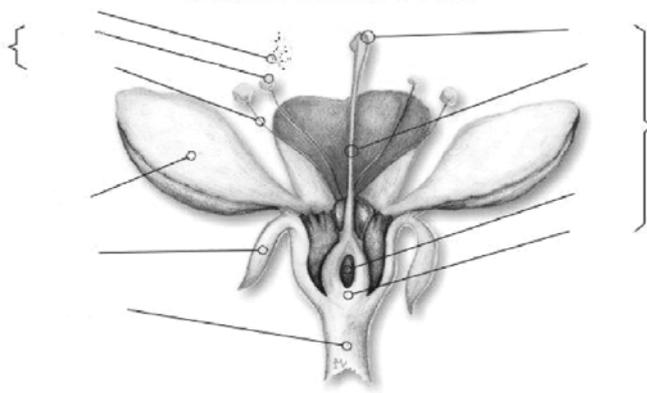
Fase 3: *Affrontiamo i concetti preliminari alla fisiologia della riproduzione. (1 ora)*

Per passare dalla fase anatomica a quella fisiologica della riproduzione partiamo da contesti conosciuti dai ragazzi, sia facendo riflettere su ciò che questi sanno già, sia comparando e analizzando strutture analoghe in viventi diversi. Iniziamo richiamando alla mente i concetti di *fecondazione nelle piante superiori*, già appresi nella prima classe di scuola secondaria di primo grado e con i quali hanno costruito una prima definizione operativa di riproduzione sessuata.

Chiediamo agli alunni quali sono gli organi riproduttivi delle piante angiosperme discutendone brevemente con loro e successivamente presentiamo la Scheda 3 (Figura 6) da compilare individualmente.

SCHEDA 3

Completa la figura con i termini mancanti: ***stame, antera, filamento, granuli pollinici, pistillo, stigma, stilo, ovario, ovulo, petalo, sepalò, peduncolo.***



Il pistillo è formato da e

Cosa si trova all'interno dell'ovario?

.....

Lo stame è formato da e

Cosa è presente all'interno dell'antera?

.....

Quali altre parti sono presenti nel fiore?

.....

Figura 6 - Scheda 3 da compilare da parte degli allievi

Le risposte vengono lette e discusse in classe in modo tale che sia possibile la correzione di eventuali errori o imprecisioni.

Fase 4: *Mettiamo a confronto l'apparato riproduttore del fiore con quello umano. (2 ore)*

Distribuiamo ora agli alunni individualmente la Scheda 4 (Figura 7) e chiediamo di compilarla.

SCHEDA 4

Facendo riferimento alle schede che riproducono gli apparati riproduttori maschile e femminile, quali parti riproduttive del fiore potresti associare agli organi riproduttivi dell'uomo?

Completa la tabella mettendo in corrispondenza l'apparato riproduttore nelle piante e negli esseri umani:

Apparato riproduttore piante - fiore	Apparato riproduttore uomo/donna
Pistillo	
	Apparato maschile
Ovario	
	Cellula uovo
Antera	
	Spermatozoi
Seme	

Figura 7- Scheda 4 da compilare da parte degli allievi

Questa scheda mette a confronto gli organi dell'apparato riproduttore del fiore con gli organi dell'apparato riproduttore umano e chiediamo: *facendo riferimento alle schede che riproducono gli apparati riproduttori maschile e femminile, quali parti riproduttive del fiore potresti associare agli organi riproduttivi umani?*

Completa la tabella mettendo in corrispondenza l'apparato riproduttore nelle piante e negli esseri umani.

I ragazzi riflettono e forniscono le risposte per analogia (Figura 8). Si discutono collettivamente dando il tempo agli alunni di autocorreggersi, di porre domande e di valutare le proprie risposte.

SCHEDA 4

Facendo riferimento alle schede che riproducono gli apparati riproduttori maschile e femminile, quali parti riproduttive del fiore potresti associare agli organi riproduttivi dell'uomo?

Completa la tabella mettendo in corrispondenza l'apparato riproduttore nelle piante e negli esseri umani:

Apparato riproduttore piante - fiore	Apparato riproduttore uomo/donna
Pistillo	Apparato Femminile
Stame	Apparato maschile
Ovario	Ovaia
Ovulo	Cellula uovo
Antera	Testicoli
Pacine	Spermatozoi
Seme	Emissione

Figura 8 - Un esempio di Scheda 4 compilata da un allievo

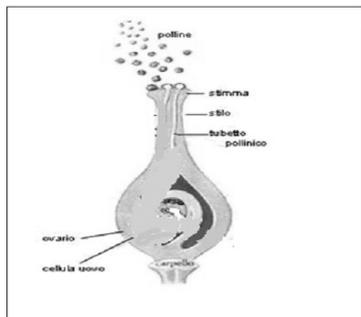
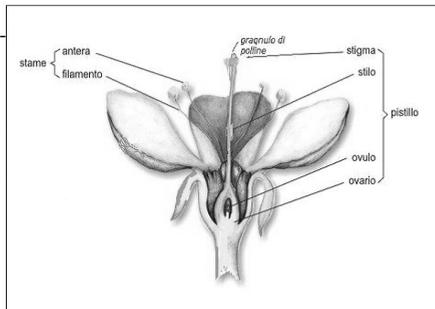
Fase 5: Rivediamo il processo dell'impollinazione. (1 ora)

Usando la stessa metodologia proponiamo ora la scheda di lavoro individuale numero 5 (Figura 9) che ricostruisce le fasi determinanti dell'impollinazione nelle piante superiori.

Gli alunni hanno già lavorato su questo argomento in classe prima durante il percorso sull'anatomia e la fisiologia delle piante superiori, tuttavia è fondamentale ricostruire con loro le fasi e recuperare le loro conoscenze.

SCHEDA 5 Descrivi le fasi della fecondazione nel fiore :

1)-----



2).....

3).....

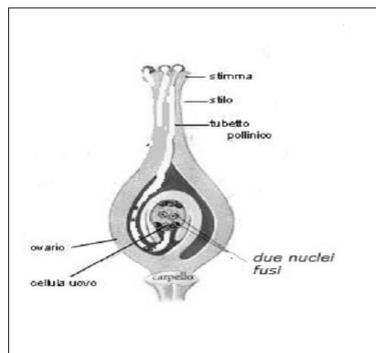


Figura 9 - Scheda 5 con la quale si richiede di descrivere l'impollinazione nelle piante superiori

Fase 6: La fecondazione umana. (2 ore)

Siamo alla fase più delicata. Si distribuisce agli alunni la Scheda 6 (Figura 10): attraverso la comparazione e la riflessione, in base alle analogie che si mettono in evidenza, i ragazzi devono ricostruire individualmente le

SCHEDA 6

Prova a ricostruire come avviene la fecondazione nell'uomo per analogia con le piante:

1. la cellula uovo femminile si trova.....
.....e da qui, quando è matura, si dirige nelle tube.
2. la cellula maschile, cioè lo spermatozoo, viene deposta all'interno
.....e risale nell'utero.
3. lo spermatozoo, incontrando la cellula uovo nel suo percorso lungo le tube,
4. i due nuclei, fondendosi, creano una cellula fecondata, detta zigote da cui si genererà l'.....

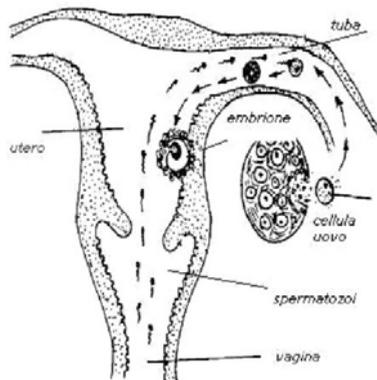


Figura 10 – Scheda 6 – Ricostruiamo la fisiologia della riproduzione umana

possibili funzioni dei vari organi, ricostruendo la fisiologia della riproduzione umana. (Figura 11)

Si passa dunque alla discussione collettiva fondamentale per fare chiarezza ma anche per dare maggiore ampiezza all'argomento.

I vari passaggi della fecondazione nell'uomo possono essere ricostruiti sul quaderno con un testo collettivo che affianca la scheda di lavoro e che scaturisce dal contributo di tutti.

SCHEDA 6

Prova a ricostruire come avviene la fecondazione nell'uomo per analogia con le piante:

1. la cellula uovo femminile si trova NELL'OVAIA.....
.....e da qui, quando è matura, si dirige nelle tube.
2. la cellula maschile, cioè lo spermatozoo, viene deposta all'interno DELLA VAGINA.....
.....e risale nell'utero.
3. lo spermatozoo, incontrando la cellula uovo nel suo percorso lungo le tube,FA FECONDA.....
4. i due nuclei, fondendosi, creano una cellula fecondata, detta zigote da cui si genererà l'.....EMBRIONE.....

Figura 11 - Un esempio di Scheda 6 compilata da un allievo

Solo quando le fasi fondamentali della riproduzione umana saranno chiare per tutti si può passare ad approfondire alcuni aspetti come il ciclo ovarico (Figura 12), la determinazione del sesso (Figura 13), ecc. che risulteranno ora più comprensibili e prenderanno la giusta collocazione nell'insieme complesso della riproduzione umana. Potremo consultare testi per ampliare ulteriormente l'argomento affrontando lo sviluppo, la pubertà, la gravidanza, il parto, le malattie legate al sesso, ecc., rispondendo via via alle domande degli alunni che, una volta rotto il ghiaccio, sono state sempre numerose e variegiate.



Figura 12 - Dal quaderno di lavoro di un allievo: il ciclo ovarico



Figura 13 - Dal un quaderno di lavoro di un allievo: la determinazione del sesso

3. Esiti della realizzazione del percorso, verifica degli apprendimenti e valutazione complessiva

Questo lavoro è stato sperimentato in tre classi terze tre anni fa, ripetuto negli anni scolastici successivi ed ha sempre prodotto un reale interesse ed entusiasmo negli alunni sia per l'argomento in sé che per la modalità di lavoro attuata. Il tempo impiegato, comprensivo della verifica (1ora), è stato di circa 10 ore.

Ovviamente i tempi si allungano poi in base agli ampliamenti sviluppati successivamente, che possono essere molteplici. Alcuni di essi possono essere affrontati con la collaborazione di docenti di altre discipline in base al taglio che viene proposto. Alla fine del percorso come verifica sono stati proposti alcuni quesiti ed è stato richiesto, attraverso una mappa concettuale, di ricostruire la sintesi delle tappe salienti della riproduzione umana. Per la correzione della verifica completa è stato assegnato un punteggio ad ogni quesito in modo che la somma di quelli affrontati correttamente risultasse 10; la compilazione corretta della mappa aveva un valore di 3 punti: il punteggio complessivo della prova era dunque di 13 punti. La Figura 14 riporta la mappa da completare inserita nella verifica. L'esito delle verifiche, nel corso degli anni in cui è stato realizzato questo percorso, è risultato in genere ampiamente positivo.

Per la valutazione complessiva, insieme alla verifica scritta, è importante tenere conto anche dello sviluppo dei processi di apprendimento messi in atto dagli alunni, ricavabili dai quaderni di lavoro dei ragazzi. Questi devono essere controllati dall'insegnante con regolarità, abituando gli alunni a riportare non solo le elaborazioni delle schede consegnate dall'insegnante, ma anche le domande stimolo del docente, le riflessioni personali dell'alunno, le descrizioni, le ipotesi formulate, le correzioni, le integrazioni e gli elaborati prodotti dopo le discussioni collettive.

VERIFICA SULLA RIPRODUZIONE

1. COMPLETA LA MAPPA (PUNTI 3)

LA RIPRODUZIONE UMANA SI BASA SU DUE CELLULE SESSUALI :

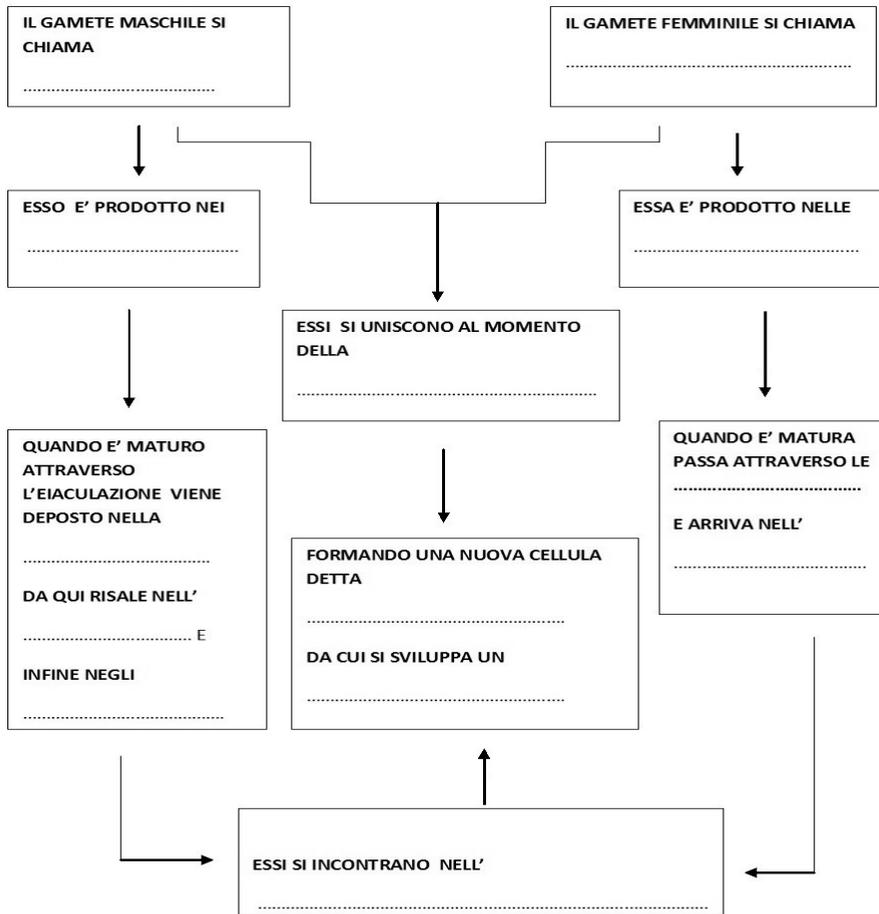


Figura 14 - Mappa da completare sulla riproduzione umana inserita nella verifica

Bibliografia

- [1] I.R.R.S.A.E. Abruzzo, 2002. *L'insegnamento delle scienze verso un curricolo verticale* (un approccio costruttivista nella scuola di base). Volume secondo, p.148-161
- [2] I.R.R.S.A.E. Abruzzo, 2002. *L'insegnamento delle scienze verso un curricolo verticale* (un approccio costruttivista nella scuola di base). Volume secondo, p.81-88
- [3] C. Fiorentini, *Il ruolo del laboratorio nell'insegnamento scientifico nella scuola di base*, Scuola e Didattica, 2004, n.6, p.35-38.

Attività Didattica sul DNA. Parte II

Chiara Gerardi,¹ Erica Parri,¹ Pedro Henrique Maraglia,¹ Izadora Aparecida Ramos Lima,¹ Kelly Suellen Lima Silva,¹ Liliane Viera Oliveira,¹ Nawa Leite Ferreira Tavares,¹ Giada Tuci,¹ Cosimo Micheletti,¹ Valentina Domenici^{1,2*}

1. Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, via Risorgimento 35, 56126 Pisa.

2. Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay, via Monte alla Rena 41-43, 57016 Rosignano Solvay (LI)

*e-mail: valentina.domenici@unipi.it

Sommario:

Oggetto di questo articolo è una serie di attività progettate dai ragazzi del corso di Didattica della Chimica presso l'Università di Pisa, in collaborazione con il Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay, nell'ambito di un percorso didattico verticale sul tema del DNA. In particolare, in questo articolo si parlerà di giochi o attività manuali per bambini dai 5 ai 10 anni. Alcune delle attività qui descritte sono state provate con i bambini durante una giornata tematica presso il Museo intitolata "Giochiamo con il DNA".

Parole Chiave: Didattica della Chimica, DNA, bambini, giochi, museo.

Abstract:

In this report, four activities elaborated and realized by students attending the "Educational Chemistry" Class of the Undergraduate studies in Chemistry at the University of Pisa, are described. These didactic activities concern the theme of D.N.A., which was the object of the exposition "The discovery of D.N.A." at the Museum of History of Science in Rosignano Solvay (LI, ITALY). The target of these didactic experiences are children from 5 to 10 years old. The activities were tested during a one-day experience titled "Let's play with D.N.A." at the Museum.

Key-words: Chemical Education, DNA, children, toys, Museum.

Introduzione

La mostra "La Molecola della Vita" organizzata presso il Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay è stata l'occasione per progettare dei percorsi

didattici attorno al tema del D.N.A. durante il corso di *Didattica della Chimica* presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale (anno 2013-2014) dell'Università di Pisa (con la supervisione della dr.ssa Valentina Domenici).

Alcuni studenti, tra cui cinque studenti brasiliani all'ultimo anno di studi universitari, presenti a Pisa grazie al progetto “*Scienze senza Frontiere*” tra Italia e Brasile, hanno lavorato alla realizzazione di alcune attività rivolte a bambini delle scuole Elementari.

Parte di queste attività sono state testate sia al Museo che presso alcune scuole elementari del Comune di Rosignano Marittimo, con bambini delle classi di quarta e quinta. Inoltre, in occasione di una giornata aperta alle famiglie con bambini dai 5 ai 10 anni, è stata organizzata un'attività laboratoriale chiamata “Giochiamo con il D.N.A.” (Figura 1).



Figura 1. Locandina della giornata dedicata ai “giochi sul DNA”, attività pensate per bambini (e genitori) al Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay.

In questo articolo verranno descritti quattro “giochi” o attività didattiche per bambini, spiegando gli aspetti tecnici, i contenuti, i prerequisiti e gli obiettivi, e altre considerazioni più generali della metodologia utilizzata.

Descrizione delle attività.

Per prima cosa, l'operatore o l'animatore museale introduce il gioco, facendo domande del tipo "avete mai sentito parlare del D.N.A.? Cosa sapete del D.N.A.?" I bambini anche molto piccoli, conoscono questa parola, che ormai viene usata anche nei cartoni animati (basti pensare alla storia di Peter Parker – Uomo-ragno). L'animatore si limita a dire che si tratta di una molecola importante per la vita e che tutti noi abbiamo il D.N.A. nelle cellule del nostro corpo. I bambini faranno domande sul perché, e probabilmente, sempre sulla scia di quello che hanno sentito nei cartoni animati, chiederanno se il loro D.N.A. è diverso da quello delle lucertole o dei ragni...

Questo è uno spunto da cui l'animatore può introdurre il ruolo del D.N.A. nel definire le caratteristiche di "come siamo fatti" e il carattere ereditario di alcuni aspetti che fanno sì che ognuno di noi sia diverso dall'altro. Il tema dell'ereditarietà dei caratteri verrà poi ripreso in particolare in uno dei giochi di seguito descritti.

L'animatore fa vedere alcune immagini che ritraggono schematicamente la doppia elica del D.N.A. e chiede ai bambini se l'hanno già vista da qualche parte. Quasi tutti conoscono questa immagine perché molto usata in televisione, nelle pubblicità e sui giornali. Si fanno delle osservazioni sulla geometria di questa struttura e soprattutto sul fatto che sia una "doppia elica", facendo dei paragoni con le scale a chiocciola, di cui molti bambini hanno esperienza più o meno diretta. L'analogia è molto importante perché permette di introdurre degli elementi, come i gradini e lo scorrimento, che serviranno per i giochi descritti di seguito.

Descrizione delle attività.

Per prima cosa, l'operatore o l'animatore museale introduce il gioco, facendo domande del tipo "avete mai sentito parlare del D.N.A.? Cosa sapete del D.N.A.?" I bambini anche molto piccoli, conoscono questa parola, che ormai viene usata anche nei cartoni animati (basti pensare alla storia di Peter Parker – Uomo-ragno). L'animatore si limita a dire che si tratta di una molecola importante per la vita e che tutti noi abbiamo il D.N.A. nelle cellule del nostro corpo. I bambini faranno domande sul perché, e probabilmente, sempre sulla scia di quello che hanno sentito nei cartoni animati, chiederanno se il loro D.N.A. è diverso da quello delle lucertole o dei ragni...

Questo è uno spunto da cui l'animatore può introdurre il ruolo del D.N.A. nel definire le caratteristiche di "come siamo fatti" e il carattere ereditario di alcuni aspetti che fanno sì che ognuno di noi sia diverso dall'altro. Il tema dell'ereditarietà dei caratteri verrà poi ripreso in particolare in uno dei giochi di seguito descritti.

L'animatore fa vedere alcune immagini che ritraggono schematicamente la doppia elica del D.N.A. e chiede ai bambini se l'hanno già vista da qualche parte. Quasi tutti conoscono questa immagine perché molto usata in televisione, nelle pubblicità e sui giornali. Si fanno delle osservazioni sulla geometria di questa struttura e soprattutto sul fatto che sia una "doppia elica", facendo dei paragoni con le scale a chiocciola, di cui molti bambini hanno esperienza più o meno diretta. L'analogia è molto importante perché permette di introdurre degli elementi, come i gradini e lo scorrimento, che serviranno per i giochi descritti di seguito.

I punti su cui l'operatore si soffermerà saranno quindi soprattutto:

- 1) la forma particolare di questa molecola (doppia elica);
- 2) il ruolo del D.N.A. nella trasmissione dei caratteri ereditari (colore degli occhi, forma del viso,

Gioco 1.

Descrizione: Questa attività prevede la realizzazione di un modellino della doppia elica del D.N.A. utilizzando delle caramelle gommose e delle liquirizie con ripieno morbido. Come detto in precedenza, gli elementi più importanti di cui si parlerà sono le coppie di basi azotate (analogia con i gradini della scala a chiocciola) e le molecole di fosfato e deossiribosio (analogia con gli scorrimento della scala a chiocciola). Senza entrare nel dettaglio molecolare, basterà dire ai bambini che per costruire il modellino occorrono due "scorrimento", che faremo con le liquirizie, e dei "gradini", fatti con degli stuzzicadenti e delle caramelle.

Le liquirizie vanno unite insieme con ago e filo (vedi Figure 2a, 2b, 2c).

Se i bambini sono piccoli questa operazione viene fatta dall'animatore.



Figura 2a



Figura 2b

Figura 2c

Figura 2a, 2b, 2c. Fasi della costruzione di un modellino di doppia elica costruito con caramelle e liquirizie.

I gradini vengono costruiti dai bambini rispettando alcune regole precise:

- 1) ogni gradino è fatto con uno stuzzicadenti in cui dovranno infilare due caramelle di colore diverso;
- 2) la scelta dei colori non è casuale. I colori infatti sono quattro e possono essere messi insieme a due a due secondo una regola precisa. Ad esempio, se i colori delle caramelle gommose sono: rosso, giallo, verde e bianco, le coppie devono essere bianco-verde o verde-bianco, rosso-giallo o giallo-rosso.

Una volta pronti due scorrimano e un certo numero di gradini, si procederà infilando gli estremi degli stuzzicadenti nelle liquirizie (come in Figura 2).

Alla fine, i due estremi della “scala” così costruita vengono tenuti dai bambini che provano a ruotare in senso opposto le due estremità, formando così una doppia elica.

Tempistiche: la realizzazione di un modellino come in figura richiede circa 45 minuti con bambini dai 5 ai 10 anni.

Materiali: Per fare un modellino possono essere usate circa 40 caramelle gommose di vario tipo e colori, l’importante è che siano molto morbide; venti stuzzicadenti; due pezzi di filo e un ago spesso; circa 40 liquirizie ripiene. Alternativamente, si possono usare strisce di liquirizia di lunghezza variabile.

Prerequisiti: Non sono richieste abilità particolare, eccetto una certa manualità che è comunque tipica dei bambini già di 5-6 anni. Una certa attenzione deve essere tenuta per quanto riguarda l’uso dell’ago e del filo.

Gioco 2.

Descrizione: Questo gioco è centrato sulla complementarietà delle basi azotate che costituiscono uno degli elementi fondanti del D.N.A. Il concetto

di complementarità può essere facilmente introdotto facendo un'analogia con le forme geometriche. Per questo l'operatore introdurrà le quattro basi azotate come quattro forme geometriche diverse (per semplicità a queste forme sono anche associati colori diversi). Anche in questo caso, occorre riprendere i concetti base della struttura del D.N.A. e soffermarsi poi sulla parte che unisce i due “scorrimano” della scala a chiocciola. In questo caso però il gioco non ha come obiettivo quello di parlare della struttura geometrica e neanche della doppia elica.

Soffermandosi invece sulle coppie di basi azotate che tengono uniti i due “filamenti” laterali, l'operatore inviterà i bambini a completare il D.N.A. inserendo le basi azotate mancanti.

L'animatore dovrà far notare la complementarità tra le forme geometriche.

Una volta costruito un frammento di D.N.A., l'animatore può dividere i due filamenti (così come accade nelle cellule) e far costruire l'elica complementare.

Tempistiche: Facendo giocare 15 bambini, il gioco può durare dai 20 ai 30 minuti.

Materiali: Un foglio bianco su cui disegnare i “filamenti”, tanti pezzetti di carta o cartoncino di quattro colori, ritagliati in modo tale da avere forme complementari a due a due.

Prerequisiti: I bambini devono avere alcune basi di geometria piana (es. quadrato, triangolo, cerchio, angolo acuto, angolo ottuso, ...).

Obiettivi: L'obiettivo specifico di questo gioco è di capire che la doppia elica del D.N.A. è fatta di due parti complementari tra loro. Inoltre, devono consolidare il concetto di complementarità. Se i bambini hanno 8-10 anni, possono capire anche il concetto di duplicazione del D.N.A. (Figura 3)

Note: Questo gioco è stato fatto con bambini di quarta e quinta elementare e non sono state riscontrate difficoltà particolari.



Figura 3. Gioco legato al concetto di complementarità delle basi azotate.

Gioco 3.

Descrizione: Questo gioco è alternativo al precedente, infatti riguarda il concetto di complementarità delle basi azotate e il meccanismo di replicazione del D.N.A. In questo caso il modello da costruire è più grande e può essere usato anche per far giocare i bambini in gruppo.

Sono state preparate dall'animatore delle forme di colori giallo, verde, rosso e celeste, con geometrie a due a due complementari (Figura 4).

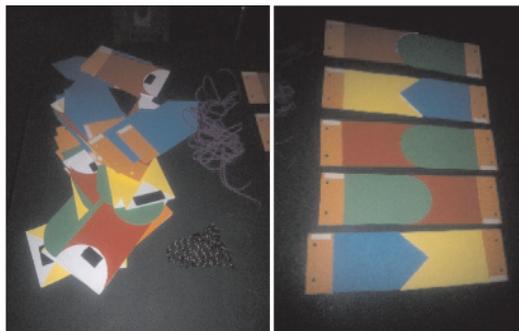


Figura 4. Elementi del gioco legato alla complementarità delle basi azotate che formano il D.N.A.

Queste forme possono essere “unite” attraverso degli adesivi o dei pezzi di feltro. Inoltre, le forme hanno da un lato una parte arancione con due fori attraverso cui deve essere fatta passare una corda. I bambini possono dividersi in due gruppi. Un primo gruppo deve costruire una parte della doppia elica di D.N.A. scegliendo una serie di dieci/quindici basi azotate e unendole in successione tra loro facendo passare una corda attraverso i fori.

L'altro gruppo dovrà scegliere le basi complementari, disporle nell'ordine giusto e far passare una seconda corda attraverso i fori. Insieme i due gruppi uniranno le due eliche di D.N.A. verificando che la complementarità delle basi sia stata rispettata. I bambini possono anche dividere di nuovo le due eliche e costruire nuovi frammenti di D.N.A. a partire da quelli di partenza.

Tempistiche: circa 45 minuti – un'ora.

Materiali: cartoncino, pezzi di feltro o adesivi a strappo, corde da vela.

Prerequisiti: I bambini devono avere alcune basi di geometria piana (es. quadrato, triangolo, cerchio, angolo acuto, angolo ottuso, ...). Inoltre, i bambini devono saper giocare in gruppo e rispettare le regole.

Obiettivi: L'obiettivo specifico di questo gioco è di capire che la doppia elica del D.N.A. è fatta di due parti complementari tra loro. Inoltre, devono consolidare il concetto di complementarità. Se i bambini hanno 8-10 anni, possono capire anche il concetto di duplicazione del D.N.A.

Note: Questo gioco richiede di avere a disposizione una sala abbastanza grande o anche uno spazio aperto.

Gioco 4.

Descrizione: Questo gioco è centrato sull'ereditarietà dei caratteri e sul fatto che il D.N.A. contiene informazioni che riguardano il nostro aspetto. Il gioco può essere fatto sia singolarmente che in piccoli gruppi o squadre. Vengono predisposti su un tavolo una serie di contenitori, uno per ogni carattere che si vuole descrivere (colore degli occhi, tipo di capelli, forma degli occhi, colore della pelle, forma del viso, etc...). In ogni contenitore sono presenti dei frammenti di D.N.A. (pezzi di carta) con dietro scritto il tipo di carattere (es. in corrispondenza del contenitore del “colore degli occhi”, ci saranno pezzi con scritto: neri, blu, verdi, marroni, ...). Ogni bimbo, o ogni gruppo, estrae da ogni recipiente (Figura 5) un frammento di D.N.A. (un pezzo di elica) con l'indicazione del carattere.



Figura 5. Momento dedicato all'elaborazione dei contenuti (in particolare tramite i disegni), svolta con alcune Classi Quinte delle Elementari presso la Scuola “Novaro” di Vada (LI).

Raccolte tutte le caratteristiche i bambini dovranno disegnare un bambino avente le caratteristiche del D.N.A. costruito mettendo insieme i pezzi.

Ai bambini possono essere fatte alcune domande per confrontare i disegni fatti sulla base di frammenti di D.N.A. diversi. Come ulteriore attività possiamo chiedere di immaginare e disegnare i genitori di questo bambino.

Tempistiche: 1 ora – 1 ora e mezza.

Materiali: Recipienti (es. bicchieri di plastica), pezzetti di elica di D.N.A., scotch, fogli, pennarelli e matite per colorare.

Prerequisiti: Questa attività richiede di aver presente cosa è il D.N.A., e potrebbe essere fatto dopo aver lavorato con i modellini di D.N.A. Capacità di lavorare in gruppo e disegnare.

Obiettivi: Lo scopo di questo gioco è far capire che il D.N.A. contiene informazioni su come siamo fatti, e che ogni bambino ha un D.N.A. diverso.

Note: Questa attività oltre ad avere dei contenuti importanti, permette ai bambini di adoperare la fantasia e mettere in pratica abilità diverse, come quella di disegnare, colorare. Per questo motivo, l'attività si adatta a bambini con diverse abilità e risulta un momento piacevole oltre che istruttivo.

Considerazioni finali

Il lavoro presentato in questo articolo è stato sviluppato in buona parte da alcuni studenti (coautori dell'articolo) che hanno seguito il Corso di Didattica della Chimica (anno 2013-2014) e che hanno quindi potuto mettere in pratica quello che veniva loro insegnato, in fatto di metodi e tecniche di apprendimento e di insegnamento. Durante il corso è stato possibile progettare, discutere, affinare e realizzare le attività proposte, che in questo caso, si rivolgevano soprattutto a dei bambini. Un aspetto significativo e utile dal punto di vista didattico è stata la possibilità di mettere in pratica le attività direttamente con dei bambini e con delle classi di studenti. In questo modo è stato possibile verificare le idee pregresse, così come le difficoltà iniziali dei bambini a comprendere alcuni concetti e soprattutto alcuni termini, come “complementare”, “replicazione”, “ereditarietà”. Le attività sono servite molte volte a chiarire questi concetti attraverso il gioco e attraverso la manipolazione di forme e strutture da parte dei bambini.

La capacità di apprendere e di far propri certi concetti con estrema velocità è una caratteristica comune riscontrata con i bambini con cui abbiamo lavorato.

Quasi mai le insegnanti hanno interferito nelle attività svolte, ma, come poi riscontrato, certe idee e concetti sono stati ripresi in seguito, in classe, facendo sì che l'esperienza proposta non rimanesse separata ed isolata da un contesto più ampio di lavoro nell'ambito delle scienze.

Abbinare il gioco all'apprendimento di alcuni concetti ben precisi, senza affollare la mente dei bambini con troppi dettagli che difficilmente possono

rimanere loro in mente, ma semmai riprendere gli stessi concetti in attività leggermente diverse, ci è sembrato un metodo molto efficace. L'attività manuale, così come il disegno e il collage, rientrano una tipologia di attività "laboratoriale" molto utile per l'apprendimento di concetti anche non semplicissimi per i bambini nella fascia 5 – 10 anni.

Riferimenti:

- Autori vari, *"La Chimica alle Elementari"*, Giunti Lisciani Editori: 1996.
- Autori vari, *"Teaching school chemistry"*, Edizione UNESCO (Ed. J. Waddington) 1984.
- Autori vari, *"I musei di Chimica e la Chimica nei Musei della Scienza"*, (curatori: L. Campanella e V. Domenici), Sapienza Università Editrice, Roma: 2014.
- R. Cervellati, D. Perugini *"Guida alla didattica della chimica"*, Zanichelli, Bologna: 1985.
- V. Domenici, *"The role of Chemistry Museums in Chemical Education for the students and the general public: Italy, a case of study"*, Journal of Chemical Education, 85, 1365-1369, 2008.
- V. Domenici, C. Gerardi, E. Parri, A. Lenzi, *"Attività Didattica sul DNA. Parte F"*, La Chimica nella Scuola, (Ed. Aracne), in stampa.
- E. Parri, L. Cetti, M. Macelloni, L. Rossetti, E. Magazzini, A. Lenzi, V. Domenici, *"Studenti delle Classi Terze della Scuola Primaria al Museo: Attività e Feedback in Aula"*, La Chimica nella Scuola, (Ed. Aracne), Vol. 1, p. 15, 2013.
- J. P. VanCleave, *"Chemistry for Every Kid"*, WILEY: 1989.
- J.D. Watson, A. Berry, *"DNA. Il segreto della vita"*, Adelphi Ed; 2006.

Sitografia:

- <http://www.musrosi.org/>
- <https://www.facebook.com/events/279956698827609/?source=1>
- <http://www.raiscuola.rai.it/articoli/il-dna-la-struttura-storia-della-scienza/7708/default.aspx>
- http://www.funsci.com/fun3_it/dna/dna.htm
- <http://www.federica.unina.it/medicina-e-chirurgia/biochimica/struttura-del-dna-struttura-del-rna/>
- <http://it.wikihow.com/Costruire-un-Modellino-di-DNA-usando-Materiale-Comune>

La Tavola Periodica di Hugo Schiff, forse la Prima nel suo genere in Italia – Parte I

Marco Fontani, Mariagrazia Costa, Laura Colli

Dipartimento di Chimica Ugo Schiff-Università di Firenze

via della Lastruccia, 13 - 50019 Sesto F.no

marco.fontani@unifi.it; laura.colli@unifi.it

Introduzione

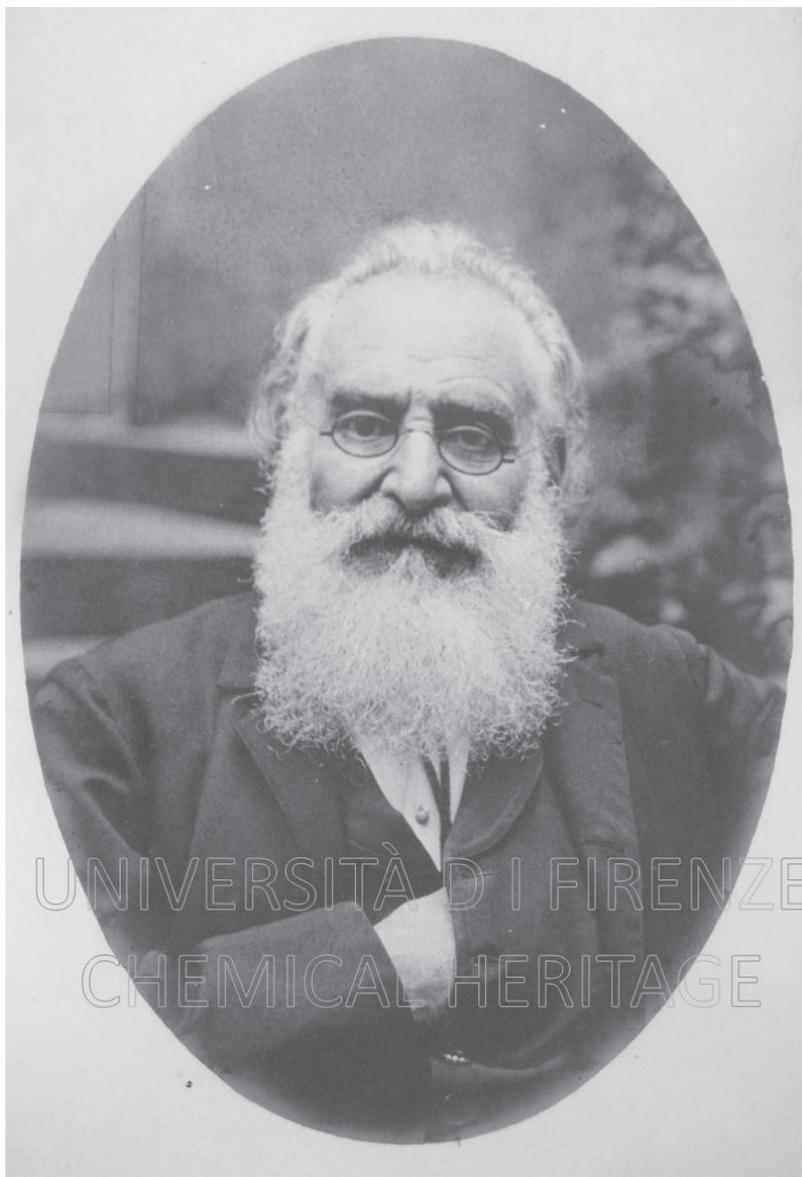
Molto è stato scritto ed ancor più detto della turbolenta città toscana che sorge in riva all'Arno, Firenze. Altrettanto è stato riportato per quanto riguarda la storia dell'uomo che ha contribuito a far nascere e prosperare le discipline chimiche presso l'Ateneo Fiorentino, Hugo Schiff, il quale non ha smesso, dall'anno della sua scomparsa, di destare interesse tra chimici e storici, ritagliandosi sempre un ampio spazio nelle memorie di storia della scienza.¹

La prima cattedra di chimica al mondo fu istituita nel 1609 a Marburgo (Assia, Germania). Per l'Italia si dovette attendere ancora molti anni: la prima ad essere istituita fu, nel 1737, a Bologna; seguirono Roma (1754) e Pisa (1757). Firenze pazientò ancora un secolo.

- l'Università di Pisa ospitò la prima cattedra di chimica in Toscana e per l'insegnamento di questa materia chiamò il medico fiorentino Anton-Nicola Branchi della Torre (1723-1810).

1. Marco Fontani, Mariagrazia Costa, *“La dinastia degli Schiff e l'Italia”*; *La Chimica e l'Industria*, (2011), n° 1 Genn./Febb., 106. Marco Fontani, M. Costa, *“Un demonio alla Specola”*; *Microstoria*, (2007), n° 52, 62. *Hugo (Ugo) Schiff, Schiff Bases, and a Century of b-Lactam Synthesis* Thomas T. Tidwell *Angew. Chem. Int. Ed.* **2007**, 46, 2–7. Mariagrazia Costa, Paolo Manzelli, Carla Tamburini (a cura di). *Atti del seminario internazionale di studi Ugo Schiff e la chimica a Firenze - 17 ottobre 2000 Firenze, Università degli Studi, 2001.* Manzelli Paolo, Costa Mariagrazia, Fontani Marco *‘Le radici storiche della chimica a Firenze’* in *Il Chimico Italiano*, Anno X N.4, pag.22, Luglio-Agosto 1999. Gelsomini N., Costa Mariagrazia, Manzelli Paola, *‘I “luoghi” della chimica nella Firenze dell'800’*, Gianlorenzo Marino (a cura di), *Atti del V Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Roma; *Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL*, p. 383, 1994; Guarna A., Costa Mariagrazia, Colli Laura *‘La conservazione del patrimonio storico della Chimica di Firenze: il progetto CHEMICAL HERITAGE’*, *I Fatti di ECRF*, Anno 14, n.54, Ottobre 2009; Guarna A. Colli Laura, Costa Mariagrazia, *‘Verso un museo di Storia della Chimica a Firenze: il progetto Chemical Heritage’*, *Memorie di Scienze Fisiche e Naturali, Rendiconti della accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL*, *Atti del XIII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Volume 127, pag. 391, Roma, 23-26 Settembre 2009. Sacconi L. *‘Ugo Schiff: ottimo chimico, pessimo carattere’*, *Atti e memorie dell'Accademia fiorentina di scienze morali La Colombaria Vol. 59*, n. 45 p. 217-230, 1994

- Il celebre (e celebrato) Hugo Schiff (1834-1915) insegnò prima a Pisa (1863) e successivamente presso l'Istituto Superiore di Studi Pratici e di Perfezionamento di Firenze² (1864).



2. Marco Fontani, Mariagrazia Costa, ALLIEVI DI UN INGOMBRANTE MAESTRO: MARIO BETTI E ADRIANO OSTROGOVICH, *La Chimica e l'Industria*, (2010), giugno, 116

2. La tavola periodica: “l’invenzione” di un celebre coetaneo di Schiff

La scoperta del sistema periodico di classificazione degli elementi rappresenta il culmine di una lunga serie di sviluppi scientifici e non l'improvvisa ispirazione di un singolo scienziato.

Tuttavia gli storici di solito assegnano come data di nascita del sistema periodico moderno il 17 febbraio 1869, quando un professore di chimica, di nazionalità russa, Dimitri Ivanovich Mendeleev o Mendelejeff (1834-1907), pubblicò la prima di una numerosa serie di tavole periodiche. Essa comprendeva 63 elementi noti, disposti per peso atomico crescente; Mendeleev, cosa estremamente interessante, lasciò anche spazi vuoti dove avrebbero dovuto essere disposti elementi non ancora scoperti, dei quali era però in grado di prevedere il peso atomico. Prima di lui, anche altri scienziati avevano cercato un metodo per descrivere l'organizzazione degli elementi. Per esempio Antoine Lavoiser (1743-1794), nel 1787, coadiuvato da Antoine Fourcroy (1755-1809), Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) e Claude Louis Berthollet (1748-1822), aveva stilato un elenco dei 33 elementi noti all'epoca. Si trattava però solo di rappresentazione unidimensionale. Invece la potenza del sistema periodico moderno consisteva nella rappresentazione bi- oppure tridimensionale di tutti gli elementi conosciuti in un sistema logico di righe e colonne esattamente ordinate. Il chimico tedesco Johann Döbereiner (1780-1849) cercò di fare un primo passo verso l'organizzazione degli elementi in maniera significativa. Nel 1817 osservò che molti degli elementi noti potevano essere disposti, in base alle loro “somiglianze chimiche”, in gruppi di tre, che egli chiamò triadi. Egli individuò la triade di litio, sodio e potassio e quella cloro, bromo, iodio. Se i membri di una triade venivano ordinati per il loro peso atomico, le proprietà dell'elemento centrale erano intermedie fra quelle del primo e quelle del terzo. Nel 1862 Alexandre Émile Béguyer de Chancourtois (1820-1886), mineralogista francese, fu il primo a disporre gli elementi chimici in ordine di peso atomico crescente. Poiché de Chancourtois pubblicò solamente il testo, senza il grafico, la sua scoperta passò nel più completo silenzio. In seguito molti scienziati hanno cercato di riabilitare la sua priorità nella scoperta del criterio ordinatore degli elementi³.

Nel 1864 lo scienziato e garibaldino John A. Reina Newlands (1837-1898) notò che disponendo gli elementi in fila secondo il peso atomico crescente, le proprietà chimico-fisiche tendevano a ripetersi ogni sette elementi, ovverosia l'ottavo elemento presentava caratteristiche simili al primo. In conformità a questa periodicità da lui individuata, Newlands formulò una legge detta “delle ottave”. Questa classificazione tuttavia presentò da subito molte incongruenze. L'intuizione risolutiva nella catalogazione degli ele-

3. Eric Scerri, *A Tale of Seven Elements*, Oxford University Press, 2013, pp. 304.

menti venne da Dimitri Mendeleev e da Lothar Meyer (1830-1895), che s'occuparono rispettivamente delle proprietà chimiche degli elementi, il primo, e di quelle fisiche il secondo. Entrambi arrivarono quasi congiuntamente ad elaborare, intorno al 1869, una legge sul carattere periodico delle proprietà degli elementi, che successivamente venne tabulata nel cosiddetto Sistema Periodico degli Elementi. Anche in questa tabella gli elementi erano disposti in ordine di peso atomico crescente, ma le sequenze orizzontali, che presero il nome di "periodi", erano troncate e disposte l'una sopra l'altra in modo da formare delle sequenze verticali di elementi dalle caratteristiche simili che presero il nome di "gruppi". Mendeleev si rese anche conto che, per rispettare la legge della periodicità delle proprietà degli elementi, ne restavano da scoprire ancora alcuni e lasciò degli spazi vuoti nella sua Tavola.

La tavola periodica di Mendeleev pur essendo la migliore rappresentazione scientifica degli elementi per quell'epoca, non era aliena da presentare delle criticità. Si arrivò ad una forma più soddisfacente e completa di classificazione solo quando si ordinarono gli elementi secondo il numero atomico crescente.

Il numero atomico (indicato solitamente con Z , dal tedesco *zahl*, numero) corrisponde al numero di protoni contenuti in un nucleo atomico e il suo concetto fu chiaro solo a partire dal 1911 anno in cui Ernest Rutherford enunciò un modello di atomo in cui un nucleo centrale comprendeva un determinato numero di cariche positive⁴. A meno di un mese dell'ipotesi di Rutherford, Antonius van den Broek (1870-1926) suggerì formalmente l'intima relazione tra la carica centrale di un atomo ed il suo posto nella tavola periodica⁵.

2.1 Una tavola in continua evoluzione

La continua variazione dei simboli, l'aggiunta di nuovi elementi e la scomparsa di quelli relativi a scoperte errate⁶, ma ancor più la maggior precisione nella determinazione dei pesi atomici di tutti gli elementi, rendevano la tavola periodica un oggetto in continua trasformazione. Il sistema periodico degli elementi è uno degli oggetti più emblematici di tutta la scienza: un singolo documento che racchiude in sé buona parte delle conoscenze di chimica.

Il termine periodico riflette il fatto che gli elementi mostrano andamenti regolari nelle loro proprietà chimiche a intervalli regolari. Come si è visto nel paragrafo precedente, la storia di questo sistema di classificazione co-

4. Ernst Rutherford *Philosophical Magazine*, volume 21 (1911), pages 669-688.

5. Antonius van den Broek, *Nature*, (1911), vol. 87, page 78.

6. M. Fontani, M. Costa, *De Reditu eorum: Sulle tracce degli elementi scomparsi*; A cura della Casa Editrice De Vittoria, Società Chimica Italiana, (2009), pp 545, ISBN 978-88-86208-57-4.

mincia oltre 200 anni fa. In questo lungo arco di tempo il sistema periodico è stato discusso, modificato e migliorato via via che la scienza progrediva e si scoprivano nuovi elementi. Nonostante i cambiamenti radicali che la scienza ha subito nell'ultimo secolo, in particolare con lo sviluppo della teoria della relatività e della meccanica quantistica, non c'è stata alcuna rivoluzione nella natura fondamentale del sistema periodico. In qualche caso, inizialmente parve che le nuove scoperte mettessero in dubbio i suoi presupposti teorici, ma ogni volta si riuscì a incorporare i risultati ottenuti senza compromettere le basi strutturali del sistema. Il sistema periodico è quindi importante tanto per le sue radici storiche che per la sua continua attualità.

3. La tavola chirografa di Ugo Schiff

La tavola periodica di Ugo Schiff conservata presso il Dipartimento di Chimica "Ugo Schiff" di Firenze (Figura 1) è stata redatta su un foglio di carta dalle dimensioni di 21×30,6 centimetri. La carta utilizzata non è delle più pregiate e ciò può far ritenere che lo Schiff avesse in mente di utilizzare questo documento per uso personale o come bozza per una versione definitiva, della quale, se mai sia esistita, oggi non v'è più traccia. Forse la continua evoluzione dell'oggetto, i continui mutamenti dei simboli come dei pesi atomici non hanno mai permesso a Schiff di redigere una versione definitiva di questa tabella periodica.

Sistema periodico degli elementi chimici.

H	R ² O	RO	R ² O ³	RO ²	R ² O ⁵	RO ³	R ² O ⁷	RO ⁴					
=1	1	2	3	RH ⁴	RH ⁵	RH ⁶	RH ⁷	8	9	10	11	12	13
I. Li 7	Be 9,1	B 10,8	C 12	N 14	O 16	F 19							
II. Na 23	Mg 24,3	Al 27,1	Si 28	P 31	S 32	Cl 35,5							
III. K 39,1	Ca 40	Sc 44	Ti 48,1	V 51,2	Cr 52,4	Mn 55	Fe 56	(Co 58,9)	(Ni 58,9)	Cu 63,3			
IV. Zn 65,3	Ga 69,7	Ge 72,6	As 75	Se 79	Br 80								
V. Rb 85,5	Sr 87,5	Y 89	Zr 90,7	Nb 94	Mo 96		Ru 101,5	Rh 104,5	Pd 106	Ag 107,9	Cd 112,4		
VI. Sr 137,8	Ba 137	La 138,9	Ce 140,3	Pr 142,5									
VII. Cs 132,8	Ba 137	La 138,9	Ce 140,3	Pr 142,5									
VIII. - 150	- 150	- 150	- 150	- 150	- 150	- 150	- 150	- 150	- 150	- 150	- 150	- 150	- 150
IX. - 169	- 171	Yb 173	- 178	Ta 182,8	W 184		Os 197	Ir 193	Pt 194,8	Au 196,6			
X. Au 196,6	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208									
XI. - 220	- 224	- 228	Po 209	At 210									

Figura 1 - Sistema Periodico autografo di Ugo Schiff, conservato presso il Chemical Heritage del Dipartimento di Chimica dell'Università di Firenze.

La tabella periodica, o come è indicata da Schiff “il sistema periodico degli elementi chimici”, si compone di una griglia di 12×12 caselle, ossia 12 righe (periodi) per 12 colonne (gruppi). I periodi sono indicati in numeri romani da I a XI (l'idrogeno è a parte) mentre i gruppi sono espressi in numeri arabi e rappresentati con le formule R_2O , RO , R_2O_3 , RO_2 , R_2O_5 , RO_3 , R_2O_7 , RO_4 . La sommità di tre colonne della tavola chirografa risulta sprovvista della generica formula dell'ossido corrispondente (R_xO_y) ed è il caso dei gruppi del cobalto, del nichel e del rame.

Questa formula chimica rappresenta il massimo stato di ossidazione che un determinato elemento indicato con la generica lettera R può raggiungere. Il progressivo aumento dello stato di ossidazione per ogni elemento, spostandosi verso destra nella tavola ed il ripetersi di tale proprietà in ogni periodo, è un chiaro esempio del concetto di “periodicità”. Analogamente agli ossidi, ma riportati con inchiostro rosso, Schiff ha tracciato - per i principali gruppi - la classe degli idruri RH (alogeni), RH_2 (calcogeni), RH_3 (gruppo dell'azoto e gruppo del vanadio) e RH_4 (gruppo del carbonio e gruppo del titanio).

Gli elementi nelle caselle appartenenti ai periodi pari sono stati realizzati utilizzando l'inchiostro rosso mentre per i dispari Schiff ha utilizzato l'inchiostro nero. All'interno di ciascuna casella, corrispondente ad un elemento, Schiff ha riportato solamente due informazioni: il simbolo ed il rispettivo peso atomico.

3.1 Interpretazione e tentativo di datazione della tavola periodica di Schiff

Una possibile datazione della Tavola di Schiff può essere fatta con l'ausilio di un altro documento chirografo: l'elenco dei pesi atomici degli elementi allora noti curato da Schiff. Osservando bene i due documenti, nella tavola periodica chirografa gli elementi sono ordinati in gruppi e periodi utilizzando quegli stessi dati dei pesi atomici che Schiff aveva trascritto nell'elenco alfabetico degli elementi.

Possiamo asserire con certezza la contemporaneità dei due documenti ma inoltre è possibile seguire in letteratura, pur con una certa difficoltà, l'evoluzione e l'affinamento dei valori dei pesi atomici di alcuni elementi i cui pesi atomici furono oggetto di accurate analisi nel corso degli anni, quali il piombo, il tellurio e lo iodio ed utilizzarli per una crono-datazione dei due documenti. Sebbene sappiamo da altri dati, quali la presenza in essa di una casella per il *didimio* (scomparso dal novero degli elementi nel 1885) che la tavola di Schiff sia certamente anteriore al 1900, da un confronto dei pesi atomici di alcuni elementi rappresentativi presi della tavola di Schiff con quelli riportati ad intervalli regolari di tempo da scienziati sparsi per il

mondo⁷ non si ottiene un sostanziale aiuto alla nostra indagine:

Tabelle 1,2- Pesì atomici usati da Schiff confrontati con quelli della Tavola di Catania del 1883 ed elenco dei pesì atomici di alcuni elemeti-chiave riportati dagli anni 1882 a 1925

Elemento	Ge	Hg	Mg	In	Br	Pb	Te	I
valori Tavola autografa di Schiff	72	200,0	24,4	113,7	80	206,9	125	126,9
tavola dei pesì atomici Catania (1883)	---	200	24	113	79,952	207	129	127
Correzioni di Schiff alla tavola stampata a Catania	---	199,8	24,4	113,5	79,8	206,4	127	126,54

Tabella 2

Elemento Anno	Ge	Hg	Mg	In	Br	Pb	Te	I
1882	72,3	200,17	24,01	113,66	79,95	---	---	---
1894	---	200,0	24,3	113,7	---	---	---	---
1896	---	---	24,29	---	---	---	---	---
1897	72,48	---	24,28	113,85	---	---	---	---
1900	72,5	---	24,3	114	---	206,92	127,5	126,85
1903	---	---	24,36	---	79,96	---	---	---
1905	---	---	---	115	---	---	---	---
1909	---	---	24,32	114,8	79,92	---	---	---
1912	---	200,6	---	---	---	---	---	---
1925	72,60	200,61	---	---	79,916	---	---	---

Infatti, se si esaminano il dati della Tabella 2 si può osservare che elementi quali il mercurio e l'indio fanno propendere per l'ipotesi che Schiff

7. F. W. Clarke. In *The Constants of Nature*, National Academy of Sciences, Vol. XVI, Third Memoir, pp. 1-418, Government Printing Office, Washington, DC (1920); Michael E. Wieser, Norman Holden, Tyler B. Coplen, John K. Böhlke, Michael Berglund, Willi A. Brand, Paul De Bièvre, Manfred Gröning, Robert D. Loss, Juris Meija, Takafumi Hirata, Thomas Prohaska, Ronny Schoenberg, Glenda O'Connor, Thomas Walczyk, Shige Yoneda, and Xiang-Kun Zhu; *Pure Appl. Chem.*, Vol. 85, No. 5, pp. 1047-1078, 2013.

abbia iniziato a compilare la sua tavola con i dati a disposizione della comunità dei chimici nel 1882.

Ciò comunque non deve essere preso come unico dato comprovante, poiché se si confrontano i dati della Tavola dei pesi atomici edita a Catania nel 1883 con le aggiunte autografe di Schiff (Tabella 1), si evince che il chimico tedesco non abbia attinto a piene mani da questo documento a sua disposizione. Forse i tre documenti, due chirografi (tavola periodica e tabella dei pesi atomici) e uno a stampa (tavole dei pesi atomici edito a Catania nel 1883) in nostro possesso non erano gli unici esistenti, sebbene siano gli unici arrivati fino a noi. Non è da escludere che egli avesse attinto da dati di prima mano di Augusto Piccini e che questi lo avesse aiutato nel redigere manualmente – se non nella veste grafica perlomeno nella raccolta dei dati – la tavola periodica.

Tuttavia osservando attentamente i valori dei pesi atomici trascritti da Schiff si può notare che essi non presentano mai più di una cifra decimale. Questo fatto si può intendere come una semplice necessità di spazio nelle caselle o una personale forma di approssimazione. In entrambi i casi vorrebbe dire che Schiff aveva compilato questa tavola più per osservare le affinità chimiche degli elementi a livello qualitativo che come un documento nel quale trascrivere i dati più attendibili in un determinato momento.

Tornando alla sua datazione possiamo ritenere che un primo nucleo della tavola sia stato redatto intorno al 1886 e successivamente aggiornato. Un dato significativo è, come abbiamo detto, la comparsa nella tabella chirografa del germanio, elemento scoperto da Clemens Winkler (1838-1904) nel febbraio 1886; il documento stampato a Catania nel 1883 non menziona questo metallo. Una prova del fatto che il primo nucleo di questa tavola periodica potesse essere stato scritto intorno al 1886 è il simbolo del germanio riportato con la grafia Gm. Schiff dovette avere notizia della scoperta prima che Winkler pubblicasse il suo lavoro nel quale suggerì sia il nome che il simbolo "Germanium, Ge, ein neues, nichtmetallisches Element"⁸ poiché nella tabella viene riportato il simbolo inesatto, quindi la datazione propenderebbe per un intervallo di tempo molto breve: primi mesi del 1886.

Il corpo centrale della tavola sembra eseguito come un'opera unica, senza aggiunte. Il germanio (sottolineato, come se Schiff fosse lusingato da questo nome) è stato posto accanto al gallio, la cui scoperta risale al 1875. Un altro elemento chiave nella datazione è lo scandio (Mendeleev aveva predetto l'esistenza di tutti e tre questi elementi per mezzo della sua famosa legge periodica) datato 1879. Anch'esso è ben collocato nella classificazione e pare sia stato riportato nello stesso periodo della realizzazione della tavola. Quindi tutto il corpo centrale della tavola dovrebbe risalire al 1886.

8. Clemens Winkler, (1886), *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* 19: 210–211

Un altro criterio di datazione è quello di ammettere l'ipotesi che Schiff abbia continuato a "riempire il suo casellario periodico" man mano che nuovi elementi vedevano la luce (è fuor di dubbio che essa sia stata aggiornata in più tempi). Questo ragionamento ha i suoi vantaggi nel datare l'ultimo aggiornamento, ma non l'inizio della sua stesura. Inoltre, come vedremo nelle conclusioni, può sollevare dei dubbi.

La tavola periodica di Schiff non contempla in alcun modo la presenza di elementi radioattivi quali il radio, il polonio, l'attinio e il radon, scoperti nell'arco di due anni 1898-1900, dovrebbe quindi essere antecedente al 1898; oppure, come vedremo, potrebbero esserci altre spiegazioni per questa assenza.

Un altro modo per cercare di dare un indizio sull'iniziale stesura della tavola periodica potrebbe essere quello di studiare i falsi elementi all'interno della medesima: ad esempio il didimio. Sappiamo che questo elemento delle terre rare fu scoperto da Mosander nel 1843 e deve il suo nome al fatto curioso che lo scopritore ebbe due coppie di gemelli (didimio infatti significa "gemello"). Nel 1885 Auer von Welsbach si accorse che questo elemento in realtà era un miscuglio di due elementi, che chiamò neodimio e praseodimio. Questa tavola potrebbe quindi essere stata eseguita prima di tale data, il 1885, ma resta il dubbio del perché non sia stata corretta in seguito; la tavola inoltre presenta molte lacune, o caselle vuote, e non sarebbe stato difficile apportare una correzione senza rovinarne la veste grafica.

4. Le idee di Schiff sull'Evoluzione del Sistema Periodico, sulla Radioattività e sulle altre "Diavolerie Moderne" come il Modello Atomico

Prezioso materiale per comprendere l'attività di ricerca e di politica universitaria di Schiff sono le sue pubblicazioni scientifiche e di storia della chimica; per capire la sua visione globale del mondo della scienza e quello della chimica in particolare, possiamo riferirci al suo *Carteggio* e ai documenti relativi alle sue lezioni universitarie. Unitamente a questi documenti, è conservato presso il Dipartimento di Chimica dell'Università di Firenze - intitolato a suo nome - un duplice volume rilegato dove sono riportati gli appunti delle lezioni tenute da Schiff nell'anno accademico 1896/1897 redatti da un suo allievo, Andrea Torricelli⁹.

Le Lezioni di Chimica generale di Hugo Schiff sono un prezioso documento perché è possibile fissare - a quella data - gli argomenti che egli trattava nel corso e la sua particolare visione del fenomeno trattato.

⁹. *Appunti dalle lezioni del Prof. Ugo Schiff compilati dal suo allievo Andrea Torricelli*, Vol. I-II, 1897.

Possiamo affermare che egli non parlò né di raggi catodici (scoperta troppo recente) né di tubi a scarica o tubi a vuoto, ritenuti forse e a buon diritto, argomenti di trattazione del corso di fisica. Non si parla - inspiegabilmente - dei gas nobili, ed in particolare dell'elio scoperto nel 1895, ma egli dedicò l'intera lezione prima delle vacanze natalizie del 1896 alla tavola periodica.

La scoperta della legge periodica fu fatta precedere da un breve accenno sto-riografico, impreciso e fortemente lacunoso. Queste affermazioni debbono essere trattate con la dovuta cautela del caso; difatti, lo zelante discente, Andrea Torricelli, potrebbe non aver appuntato per esteso la lezione o averla malamente compresa. Per esempio la grafia dei nomi è talvolta storpiata. Alcune imprecisioni di carattere chimico riguardano l'uranio, il cui peso atomico passa con eccessiva disinvoltura da 120 a 240, quando in realtà l'aumento non avrebbe potuto essere che di dieci o venti unità al massimo (da 220 a 240). L'errore è tanto più grave, quanto ripetuto e con convinzione, paragonando apertamente il peso dell'uranio a quello dell'antimonio, elemento notoriamente molto più leggero. Tuttavia la descrizione della tavola periodica che se ne ricava leggendo gli appunti di una lezione di Schiff è piuttosto chiara e le linee guida sono inequivocabili: la tavola periodica viene studiata con occhio puntato alle proprietà chimiche degli elementi e se ne ricavano unicamente informazioni chimiche dei corpi che la compongono. Schiff non accennò minimamente alle proprietà fisiche che variano all'interno di un gruppo (come ad esempio la densità), ma fece intendere ai discenti che la tavola poteva svelare la presenza in natura di elementi non ancora scoperti. Il caso curioso è riferito al primo gruppo e Andrea Torricelli fa sue le parole del maestro "Dopo l'idrogeno poneva il litio il cui peso atomico 7, fa supporre che possa esistere un altro corpo di peso atomico minore". Forse fu una intuizione di Schiff, forse fu una profonda conoscenza della letteratura chimica del settore; resta il fatto che Schiff predisse o perlomeno accettò l'idea di un elemento che realmente ha un peso intermedio l'elio, il capostipite della famiglia dei gas nobili. Ed infatti nella tavola periodica autografa, compare il gruppo zero, ossia la colonna dei gas nobili, facendo così propendere gli autori verso l'ipotesi che questo documento potesse in effetti essere stato compilato effettivamente dallo Schiff.

Vibrazioni molecolari e calore specifico: una proposta di attività transdisciplinare

Michele **D'Anna**, Liceo cantonale, Locarno

Paolo **Lubini**, Liceo cantonale, Savosa

Riassunto

In un corso liceale la dipendenza del calore specifico dalla temperatura è solitamente menzionata solo marginalmente, non tanto perché essa è ritenuta priva di importanza, ma perché la sua trattazione, solitamente basata sull'uso esplicito della meccanica statistica quantistica, è fuori portata per studenti del medio superiore. Con questo contributo desideriamo proporre un approccio alternativo, basato da una parte sull'uso del potenziale chimico e delle sue proprietà, dall'altra su un'idea proposta da A. Einstein nel 1914 che, nel caso di un gas biatomico, permette di considerare come appartenenti a specie chimiche diverse molecole che si trovano in stati di eccitazione vibrazionale diversi.

L'applicazione della condizione di equilibrio termodinamico a queste diverse specie chimiche permette di ottenere la loro ripartizione ad una data temperatura e quindi di esprimere il potenziale chimico in funzione della temperatura. Le ben note relazioni termodinamiche generali tra potenziale chimico, entropia specifica e calore specifico permettono poi di ottenere esplicitamente la dipendenza di quest'ultimo dalla temperatura. La nostra proposta è completata dalla determinazione sperimentale dei parametri rilevanti attraverso l'analisi dei dati ottenuti in laboratorio con uno spettrofotometro IR e dal confronto con i valori riportati nella letteratura.

Abstract

In high school courses the dependence of specific heat on temperature is usually mentioned only marginally – not so much because it is considered unimportant, but because its treatment, usually based on the explicit use of quantum statistical physics, is beyond the reach of most high school students. In this paper we wish to propose an alternative approach – based both on the use of chemical potential and its properties, as well as on an idea proposed by A. Einstein in 1914 – which, in the case of a biatomic gas, allows us to consider molecules that are found in different states of vibrational excitation as belonging to different chemical species.

The application of the condition of thermodynamic equilibrium to these different chemical species allows us to obtain their distribution at a given temperature and then to express the chemical potential as a function of temperature. The well-known general thermodynamic relations between che-

mical potential, specific entropy and specific heat allow us then to obtain explicitly the dependence of the latter on temperature. Our proposal is complemented by experimental determination of the relevant parameters through the analysis of the data obtained in the laboratory with an IR spectrophotometer and by comparison with the values reported in the literature.

1. Introduzione

La dipendenza del calore specifico dalla temperatura e l'analisi degli spettri di assorbimento di alcune semplici sostanze sono due aspetti che vengono menzionati con una certa regolarità nei corsi liceali delle opzioni specifiche scientifiche dei nostri licei, generalmente uno nell'ambito delle lezioni di fisica, l'altro in quello delle lezioni di chimica: il primo, nell'ambito della fisica, discutendo i limiti di validità del modello più semplice della teoria cinetica che considera unicamente molecole puntiformi (ossia prive di qualsiasi struttura interna), restando su di un livello prettamente qualitativo e a commento di grafici che riportano in modo spesso solo qualitativo i risultati sperimentali; il secondo, nell'ambito della chimica, soprattutto in relazione ad attività pratiche di laboratorio, proposte agli studenti con l'intento di illustrare le potenzialità offerte da alcune tecniche spettroscopiche a fini analitici, nonché per discutere alcuni aspetti relativi al legame chimico e approfondire la struttura molecolare, così come alcune proprietà macroscopiche ad essa collegate. Di fatto questi due temi restano tra loro disgiunti, sia perché rivolti a gruppi di studenti diversi, sia perché non viene generalmente presentato un quadro interpretativo-esplicativo unitario in cui essi possano essere inseriti. Questo contributo vuole delineare un possibile collegamento tra questi due ambiti: in particolare, desideriamo mostrare come attraverso l'impiego del concetto di *potenziale chimico* sia possibile collegare a livello quantitativo i dati sperimentali che caratterizzano le due fenomenologie.

A questo scopo faremo uso di un approccio basato su due relazioni cardine che riguardano il potenziale chimico: la relazione che descrive la sua dipendenza dalla concentrazione (alla quale ci riferiremo anche come *equazione dell'azione di massa*) e la relazione che caratterizza i vari stati accessibili attraverso le diverse energie di eccitazione (che indicheremo come *equazione di eccitazione*). Con questi strumenti, per ottenere i risultati voluti sarà poi sufficiente imporre la condizione che all'equilibrio tutte le varie componenti del sistema possiedano un medesimo valore per il potenziale chimico.

Dal punto di vista didattico questo approccio risulta particolarmente motivante perché consente di presentare un'applicazione di uno dei risultati più significativi della teoria cinetico-molecolare e della fisica statistica all'inter-

no di un quadro concettuale coerente a livello disciplinare, basato su pochi concetti familiari agli studenti, e che richiede un apparato formale che fa capo a concetti matematici tradizionalmente sviluppati nei nostri corsi dell'opzione specifica *Fisica applicazioni della matematica*.

2. L'idea di Albert Einstein

Quando consideriamo un sistema composto da N particelle, spesso i valori numerici associati ad una grandezza che esprime una determinata proprietà non assumono un valore unico per tutte le particelle, di modo che abbiamo a che fare con una distribuzione di valori. Ciò è vero in particolare per l'energia e proprio questo aspetto è il punto di partenza dell'approccio che vogliamo qui presentare e che ha le sue radici nel lavoro di Albert Einstein del 1914 *Contributi alla teoria quantistica* [1]: a proposito di molecole che possono assumere valori diversi di energia, egli dice:

*Mi prenderò ora la libertà di considerare due molecole come distinte, ossia in linea di principio separabili da pareti semipermeabili, quando l'energia dei risonatori possiede valori ε_σ e ε_τ diversi. Allora il gas originariamente inteso come uniforme potrà essere considerato anche come una miscela di gas chimicamente differenti, le cui componenti sono caratterizzate ciascuna da una specifica energia ε_σ .*¹

Nel seguito applicheremo questa semplice idea al caso delle molecole di un gas biatomico, considerando quindi come appartenenti a *specie chimiche distinte* molecole che si trovano in stati eccitati caratterizzati da livelli energetici diversi, individuati ciascuno da un determinato valore dell'energia di eccitazione ε_j . Il sistema fisico "gas" che si trova in uno stato di equilibrio (sia dal punto di vista termodinamico che da quello chimico) viene allora interpretato come il particolare stato della miscela in cui tutte le varie specie chimiche $B(j)$ sono tra loro in equilibrio. Allo scopo di dare forma concreta a questa congettura, abbiamo bisogno di una grandezza intensiva che ci consenta di descrivere una tale situazione di equilibrio. Questa grandezza esiste, e non è altro che il *potenziale chimico*.

1. Ecco il testo originale dell'articolo pubblicato nel 1914 in tedesco: "Ich will mir nun erlauben, zwei Moleküle als chemisch verschieden, d.h. als prinzipiell durch semipermeable Wände trennbar anzusehen, wenn ihre Resonator Energien ε_σ und ε_τ ungleich sind. Dann kann ich das ursprünglich als chemisch einheitlich aufgefasste Gas auch auffassen als eine Mischung chemisch differenter Gase, deren Bestandteile je durch ein bestimmtes ε_σ charakterisiert sind."

3. L'equilibrio e il potenziale chimico

Desideriamo introdurre il *potenziale chimico* μ come quella grandezza che esprime la tendenza di una data sostanza a reagire, a trasformarsi, a cambiare stato di aggregazione o a migrare (per es. per diffusione) da un posto ad un altro. Analisi sperimentali hanno permesso di stabilire che, in generale, il valore del potenziale chimico di una data sostanza dipende:

- dal *tipo* di sostanza considerato;
- dallo *stato di aggregazione* in cui essa si trova;
- dalle *caratteristiche fisiche* dell'ambiente circostante (*temperatura T , pressione p , concentrazione c*);
- dalle *caratteristiche chimiche* dell'ambiente circostante (tipo di solvente, acidità).

Una introduzione all'utilizzo didattico del potenziale chimico nel senso qui proposto può essere trovata nella letteratura [2] – [6]. In questa sede ci limitiamo all'utilizzo di alcuni risultati lì illustrati.

Per la situazione che qui ci interessa, assumeremo che il gas, nell'insieme, si trovi ad una temperatura T costante, di modo che per la dipendenza dalla sua concentrazione c possiamo porre:

$$(1) \quad \mu(c) = \mu_0 + RT \ln \left(\frac{c}{c^\circ} \right)$$

dove μ_0 rappresenta il valore del potenziale chimico della specie chimica considerata alla temperatura T e alla concentrazione di riferimento c° . Questa relazione, che indicheremo come *equazione dell'azione di massa*, permette di ottenere la cosiddetta *legge dell'azione di massa*, ossia la relazione che descrive gli effetti dell'“ammassamento” delle varie specie chimiche coinvolte in una trasformazione chimica, e costituisce la base, come vedremo, per ottenere la ripartizione delle concentrazioni all'equilibrio (e quindi anche la cosiddetta *costante d'equilibrio* che lo caratterizza).

Per completare il nostro modello ci occorre ancora la cosiddetta *equazione di eccitazione*, ossia la relazione che indica come ampliare la relazione per il potenziale chimico di una data specie chimica, in modo da tener conto dell'energia di eccitazione ε_j assunta dalle sue molecole:

$$(2) \quad \mu(j) = \mu(0) + N_A \varepsilon_j \quad \text{per } j = 0, 1, 2, 3 \dots$$

dove $\mu(0)$ indica il valore del potenziale chimico allo stato fondamentale ($j=0$) alla temperatura T e alla concentrazione c considerata.

Complessivamente, quindi, per il potenziale chimico della specie chimica B(j) quando essa si trova alla concentrazione c_j otteniamo:

$$(3) \quad \mu(j) = \mu_0 + RT \ln \left(\frac{c(j)}{c^0} \right) + N_A \varepsilon_j \quad \text{per } j = 0, 1, 2, 3 \dots$$

La *condizione di equilibrio* impone una relazione di uguaglianza tra i potenziali chimici di tutte le diverse specie chimiche B(j):

$$(4) \quad \mu^{eq}(j) = \mu^{eq}(0) = \mu^{eq}$$

ossia

$$\mu_0 + RT \ln \left(\frac{c^{eq}(j)}{c^0} \right) + N_A \varepsilon_j = \mu_0 + RT \ln \left(\frac{c^{eq}(0)}{c^0} \right)$$

Da questa relazione, ricordando che $k_B = R / N_A$, possiamo ricavare la condizione che deve essere soddisfatta dalle concentrazioni nella situazione di equilibrio, ossia la cosiddetta *legge di distribuzione di Boltzmann*:

$$(5) \quad \frac{c^{eq}(j)}{c^{eq}(0)} = \exp \left(- \frac{\varepsilon_j}{k_B T} \right)$$

4. Il caso delle vibrazioni molecolari

Possiamo ora applicare questo modello ad un caso concreto²: quello di un gas B costituito da molecole biatomiche. L'obiettivo è quello di determinare quantitativamente il contributo al calore specifico molare dei movimenti vibrazionali delle molecole.

Per prima cosa, occorre avere un modello per la descrizione *dei livelli energetici*: nel caso considerato, sperimentalmente è possibile accertare ([7], [8], [9]) che, almeno in prima approssimazione e per temperature non troppo elevate, le vibrazioni possono essere considerate approssimativamente armoniche e indipendenti dagli altri movimenti delle molecole, di modo che i valori dell'energia degli stati eccitati costituiscono nell'insieme – tralasciando l'energia di punto zero – lo *spettro dell'oscillatore armonico*:

2. Questo modello ha di per sé carattere molto generale, e può essere applicato a svariati tipi di sistemi, purché i valori degli stati eccitati dell'energia e i relativi numeri di occupazione siano convenientemente presi in considerazione. Dal punto di vista storico è interessante osservare che Einstein, nell'articolo citato [1], ha applicato questa procedura per ricavare il valore medio dell'energia dell'oscillatore armonico ad una data temperatura, arrivando alla ben nota relazione:

$$\bar{\varepsilon} = hv / (e^{hv/k_B T} - 1)$$

$$(6) \quad \varepsilon_j = h\nu \cdot j \quad \text{per } j = 0, 1, 2, 3 \dots$$

dove $h\nu$ rappresenta l'intervallo di energia tra due livelli energetici adiacenti. Nei limiti di validità di questa approssimazione, inglobando sia la dipendenza dalla concentrazione, attraverso l'*equazione d'azione di massa*, sia l'*equazione di eccitazione* possiamo quindi scrivere il potenziale chimico per la singola specie chimica B(j) nel modo seguente:

$$(7) \quad \mu(j) = \mu_0(0) + RT \ln \left(\frac{c(j)}{c^\circ} \right) + N_A h\nu \cdot j \quad \text{per } j = 0, 1, 2, 3 \dots$$

All'*equilibrio*, secondo il modello sviluppato in precedenza, ci aspettiamo che il valore raggiunto dal potenziale chimico μ^{eq} possieda il *medesimo valore* per tutte le singole specie chimiche B(j). Ciò, dopo qualche manipolazione algebrica, ci permette di esprimere le *concentrazioni d'equilibrio* $c^{eq}(j)$ delle singole specie chimiche B(j) con la seguente relazione:

$$(8) \quad c^{eq}(j) = c^{eq}(0) \left[\exp \left(-\frac{h\nu}{k_B T} \right) \right]^j = c^{eq}(0) q^j$$

dove abbiamo posto:

$$(8a) \quad c^{eq}(0) = c^\circ \exp \left(\frac{\mu^{eq} - \mu_0(0)}{RT} \right)$$

$$(8b) \quad q = \exp \left(-\frac{h\nu}{k_B T} \right) < 1$$

Dato che la somma di tutte le concentrazioni *parziali* c_j deve corrispondere alla concentrazione *reale* c del gas e che all'*equilibrio* le varie componenti della miscela possiedono tutte il medesimo potenziale chimico μ^{eq} (v. eq. (4)), con la relazione precedente otteniamo:

$$(9) \quad c = \sum_j c^{eq}(j) = c^{eq}(0) \sum_j q^j = c^{eq}(0) \frac{1}{1-q} = c^\circ \exp \left(\frac{\mu^{eq} - \mu_0(0)}{RT} \right) \cdot \frac{1}{1 - e^{-h\nu/k_B T}}$$

dove nella sommatoria si è fatto uso della ben nota proprietà della serie geometrica. Si noti che l'ultimo termine non è altro che la *funzione di partizione* per l'oscillatore armonico.

Ricordando inoltre che all'*equilibrio* il valore del potenziale chimico $\mu(c)$ del *gas* deve ovviamente coincidere con quello assunto da ognuna delle singole *j*-specie chimiche:

$$(10) \quad \mu(c) = \mu^{eq}$$

risolvendo rispetto a $\mu(c)$, dalla relazione (9) è quindi immediato ottenere esplicitamente il *potenziale chimico* per il *gas* che si trova alla concentrazione considerata *c*:

$$(11) \quad \mu(c) = \mu_0(0) + RT \ln\left(1 - e^{-h\nu/k_B T}\right) + RT \ln\left(\frac{c}{c^\circ}\right)$$

5. Il contributo delle vibrazioni al calore specifico

Questo risultato, unitamente a due relazioni termodinamiche del tutto generali, ci consente di ottenere in modo diretto il contributo dei movimenti vibrazionali al calore specifico molare. Infatti noi sappiamo che la *derivata prima* del potenziale chimico rispetto alla temperatura *T* (a pressione *p* e quantità chimica *n* costanti) ci dà l'*entropia molare* S_m :

$$(12) \quad S_m = -\left(\frac{\partial \mu}{\partial T}\right)_{p,n}$$

mentre la *derivata seconda* del potenziale chimico rispetto alla temperatura *T* (sempre a pressione *p* e quantità chimica *n* costanti) ci permette di ottenere il calore specifico molare $C_{p,m}$:

$$(13) \quad C_{p,m} = -T \left(\frac{\partial^2 \mu}{\partial T^2}\right)_{p,n}$$

Applicando questa procedura alla relazione (11) per il potenziale chimico, otteniamo allora il contributo delle vibrazioni molecolari alle quantità sopra indicate (12) e (13). Il calcolo esplicito ci consente infine di ricavare la seguente relazione costitutiva:

$$(14) \quad C_{\text{vib}} = R \frac{[h\nu/k_B T]^2 e^{h\nu/k_B T}}{[e^{h\nu/k_B T} - 1]^2}$$

Dal punto di vista *sperimentale*, per ricavare una previsione per il contributo delle vibrazioni molecolari al calore specifico molare è quindi necessario determinare il valore dell'energia caratteristica di eccitazione $h\nu$.

Questo in generale può avvenire per via spettroscopica.

La figura 1 sottostante mostra, quale esempio, uno spettro IR ottenuto con vapori di acido bromidrico (HBr). Nella registrazione sono ovviamente sovrapposti gli effetti sia delle rotazioni che delle vibrazioni: il valore che qui ci interessa è quello centrale (che determina il valore attorno al quale sono visibili i contributi delle rotazioni) [9].

Dal punto di vista *sperimentale*, per ricavare una previsione per il contributo delle vibrazioni molecolari al calore specifico molare è quindi necessario determinare il valore dell'energia caratteristica di eccitazione $h\nu$.

Questo in generale può avvenire per via spettroscopica.

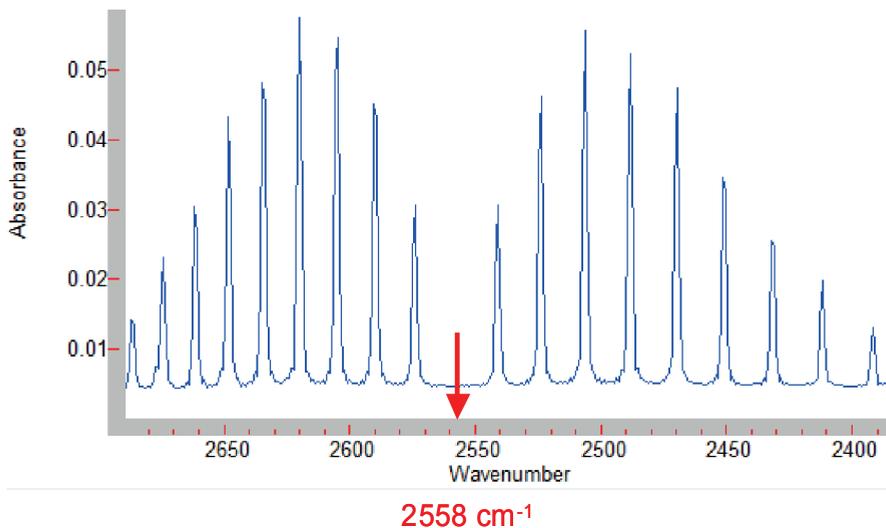


Figura 1 – Spettro IR di HBr in condizioni normali di pressione e temperatura registrato con uno spettrofotometro FT-IR Cary 640 Agilent.

Per il numero d'onda dell'eccitazione vibrazionale dalla figura otteniamo $(2558 \pm 25) \text{ cm}^{-1}$, in ottimo accordo con il valore riportato dalla letteratura di 2562 cm^{-1} (si veda [9], p. 469). Esso ci permette di determinare la cosiddetta *temperatura caratteristica di vibrazione* (vedi [8], p. 201 e seguenti), che nel caso in esame risulta essere $T_{\text{vib}} = h\nu/k_B = hc/\lambda k_B = (3680 \pm 37) \text{ K}$. Questo valore è compatibile con quello determinato sperimentalmente attraverso misure termodinamiche: $T_{\text{vib}} = (3626 \pm 69) \text{ K}$ (vedi [10]).

Questo valore, inserito nella relazione (14), ci permette di ottenere *previsioni quantitative* per il contributo delle vibrazioni molecolari al calore specifico molare; qui sotto (vedi figura 2, linea continua rossa) è riportato il risultato nel caso dell'acido bromidrico.

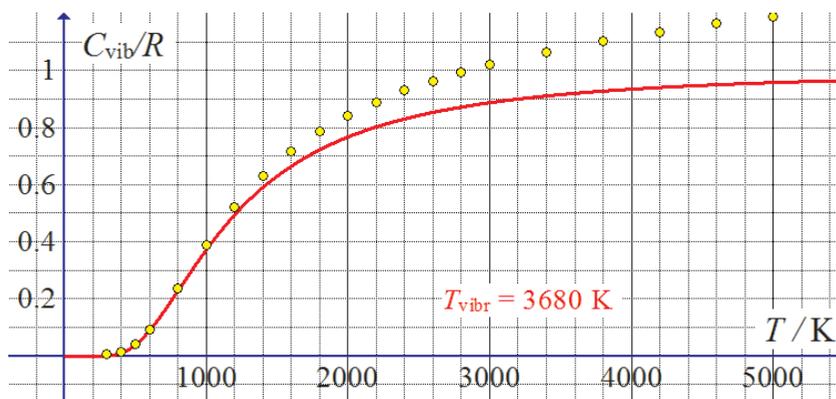


Figura 2 – Il contributo delle vibrazioni molecolari al calore specifico molare per i vapori di HBr: la linea continua rappresenta le previsioni del modello secondo la relazione (14) con $T_{vib} = 3680$ K, mentre i valori sperimentali (pallini) sono stati ottenuti a partire dai dati riportati da E. Lax [11] e JANAF [12].

A questo punto è senz'altro doveroso un confronto tra le previsioni del modello adottato e i valori sperimentali. Esso non è tuttavia immediato, dato che i valori tabellati generalmente si riferiscono al calore specifico molare C_p . Una prima possibilità consiste nell'utilizzare la relazione di R. Mayer che collega il calore specifico molare a pressione costante con quello a volume costante ($C_p = C_v + R$), ipotizzando inoltre ([10]) che le vibrazioni molecolari siano completamente disaccoppiate dagli altri movimenti molecolari e che non vi sia alcun contributo delle eccitazioni elettroniche.

Allora, nel caso di un gas biatomico come quello in esame, per ottenere il contributo originato dalle vibrazioni molecolari, ai valori tabellati per il calore specifico molare C_p occorre sottrarre $(1 + 5/2) R$. In figura 2 sono riportati alcuni risultati (pallini), ottenuti in questo modo dai dati sperimentali: si vede chiaramente che il modello adottato dà previsioni quantitativamente accettabili solo per temperature relativamente basse (ossia fino a ca. $0.5 T_{vib}$): ciò è essenzialmente riconducibile all'anarmonicità dell'interazione intramolecolare ([13], [14]), che, attraverso un accoppiamento roto-vibrazionale di intensità crescente con l'aumentare della temperatura, provoca un progressivo aumento del calore specifico.

Un'analisi dettagliata di questi aspetti non ci sembra tuttavia rientrare negli obiettivi per studenti di scuola media superiore: al contrario, la situazione fornisce un interessante esempio per mostrar loro come procede il fitto e mai prevedibile dialogo tra teoria ed esperimento nella ricerca scientifica.

6. Conclusioni e prospettive

L'approccio qui presentato, basato sull'equazione dell'azione di massa, l'equazione di eccitazione e la condizione che all'equilibrio impone un medesimo valore per il potenziale chimico per tutte le diverse specie chimiche $B(j)$, può essere applicato con successo per la descrizione sia qualitativa che quantitativa del contributo delle vibrazioni molecolari al calore specifico di gas biatomici.

Un motivo di interesse per questo approccio sta sicuramente nel fatto che esso, come messo in evidenza da G. Job [6], può essere esteso senza modifiche sostanziali a molte altre situazioni, come la distribuzione di Maxwell-Boltzmann delle velocità molecolari, la legge barometrica, la radiazione di corpo nero (formula di Planck), la sedimentazione in una centrifuga, il contributo al calore specifico per molecole poliatomiche delle vibrazioni e delle rotazioni, semplici reazioni nucleari come la formazione di nuclei di elio, le reazioni chimiche sia di ossido-riduzione sia acido-base, ecc.

Considerando gli stati dei sistemi come "posti" che possono essere liberi o occupati, questo approccio, premesso che si conoscano i valori dei livelli energetici e che i possibili valori dei numeri di occupazione siano correttamente presi in considerazione, permette inoltre di discutere molte altre situazioni, tra le quali la legge di Debye T^3 per il calore specifico dei solidi nelle vicinanze dello zero assoluto, i fenomeni di adsorbimento da parte di strutture sia mono- che multi-strato, il gas elettronico sia nei metalli che nei semiconduttori.

Ringraziamenti

Siamo riconoscenti a G. Job per il sostegno e le stimolanti discussioni avvenute durante l'elaborazione di questo lavoro, nonché a T. Corridoni per l'attenta lettura critica di una prima stesura del testo.

Nota

Desideriamo precisare che la motivazione principale per questa nostra proposta è quella di continuare a stimolare la riflessione didattica dei colleghi di chimica e fisica (e, perché no, di matematica). Siamo ben consapevoli che essa non può essere considerata rappresentativa del livello medio dei corsi proposti nei cinque licei del Canton Ticino: infatti nel nostro sistema liceale ad opzioni (tra loro esclusive) solo circa il 10-15 % degli allievi sceglie l'opzione specifica *Fisica e Applicazioni della Matematica* (FAM, dove temi come funzioni a più variabili e derivate parziali possono senz'altro trovare spazio, ma dove la termodinamica viene comunque poco sviluppata) e circa il 25-30 % degli allievi sceglie l'opzione specifica *Biologia e Chimica* (BIC, dove il concetto di potenziale chimico è

sostanzialmente assente, e dove di fatto nessun allievo possiede gli strumenti matematici per affrontare sul piano quantitativo questo argomento). Un po' diversa potrebbe essere la situazione all'interno di un *Lavoro di Maturità* (LAM) dove un singolo studente, seguito da un docente interessato, potrebbe cimentarsi con questo tema: ed è piuttosto in questa prospettiva che ci sembra interessante proporre attività trasversali e innovative.

Per quanto riguarda la questione del potenziale chimico, desideriamo aggiungere che, nonostante gli sforzi non indifferenti profusi negli anni scorsi per produrre materiali a sostegno dei docenti interessati (v. per esempio ref. [6]), esso viene purtroppo ancora ritenuto dalla stragrande maggioranza dei colleghi un tema a sé stante, difficile e di poca utilità.

Ringraziamo gli anonimi referee per averci suggerito l'inserimento di questa precisazione che dovrebbe permettere al lettore di meglio inquadrare la proposta nella nostra realtà scolastica ticinese.

Referenze

- [1] A. Einstein, 1914, *Beiträge zur Quantentheorie*, Verhandlungen der Deutsche Physikalische Gesellschaft, XVI, p. 820. Si veda anche: *The Collected Papers of Albert Einstein*, Volume 6 Princeton University Press, 1997 *Contributions to Quantum Theory* pag. 20-26.
- [2] G. Job, R. Rüffler, 2011, *Physikalische Chemie*, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, (edizione inglese in preparazione).
- [3] G. Job, F. Herrmann, 2006, *Chemical potential - a quantity in search of recognition*, Eur. J. Phys. **27**, 1–19.
- [4] M. D'Anna, U. Kocher, P. Lubini, S. Sciarini, 2006, *Il potenziale chimico: potenzialità didattiche di una grandezza poco conosciuta ma di grande utilità*, CnS, **XXVIII**, 12.
- [5] M. D'Anna, P. Lubini, 2014, *Il coefficiente di ripartizione: dalle relazioni fenomenologiche alla descrizione attraverso il potenziale chimico*, CnS, **XXXIV**, 1-3.
- [6] M. D'Anna, G. Laffranchi, P. Lubini, 2011, *Strumenti per l'insegnamento interdisciplinare della termodinamica nelle scienze sperimentali*, Volume I - *Il quadro concettuale*, DECS, Bellinzona. Il testo può essere reperito al seguente indirizzo web: http://www.scuoladecs.ti.ch/StrIIT2011/scarica/StrIIT_11.pdf [ottobre 2014].
- [7] G. Job, 2007, *An Elementary Approach to Quantum Statistical Problems*, Eduard-Job Foundation preprint (la serie di tre articoli può essere richiesta al seguente indirizzo: sekretariat@job-stiftung.de).
- [8] K. Dill, S. Bromberg, 2002, *Molecular driving forces*, Garland Science, New York.
- [9] J.E. Mayer, M.G. Mayer, 1961, *Statistical Mechanics*, Wiley&Sons, New York.
- [10] J.J. Hurly, 2000, *Thermophysical properties of gaseous HBr and BCl₃ from speed-of-sound measurements*, Int. J. Therm., **21**, p. 805.

- [11] E. Lax, 1967, *Makroskopische physikalisch-chemische Eigenschaften*, in *Taschenbuch für Chemiker und Physiker* (Ed. J. D'Ans, E. Lax), Vol. 1, p.1266 Springer, Berlin – New York.
- [12] JANAF, 1971 *Thermochemical tables*, National Bureau of Standards, 2nd ed., Washington. Per dati aggiornati vedi anche: <http://kinetics.nist.gov/janaf/html/Br-010.html> [ottobre 2014].
- [13] D. McQuarrie, J. Simon, 2000, *Chimica Fisica – un approccio molecolare*, Zanichelli, Bologna.
- [14] B.H. Bransden, C.J. Joachain, 1983, *Physics of atoms and molecules*, Longman, Harlow.

TRA PASSATO E FUTURO

a cura di **Marco Ciardi** (marco.ciardi@unibo.it)

La pietra dell'orlo

Maura **Andreoni**

andreotti.andreoni@inwind.it

In inglese è detto anche *brimstone*, la “pietra dell'orlo”, perché lo si trova facilmente sul bordo dei crateri dei vulcani. Si tratta dello zolfo, il *sulphur* latino, non-metallo inodore, insapore e molto abbondante in natura, dove si trova sotto forma di solfuri e solfati in molti minerali e puro (zolfo nativo) nelle regioni con vulcani attivi. Il termine *zolfo* deriva quasi certamente dall'arabo *sufra*, che vuol dire giallo, perché giallo intenso è il suo caratteristico colore.

E' noto all'uomo praticamente da sempre ed è citato dalle fonti più antiche: nel IX sec. a.C., Omero lo menziona usato come sostanza purificatrice dopo la strage dei Proci (Hom. *Odys*, XXII, 481, e XXIII, 50) e nella Bibbia è nominato più volte, sia nel Vecchio che nel Nuovo Testamento, sempre con un'accezione di castigo e/o purificazione.

Greci e Romani conoscevano solo lo zolfo nativo e Plinio, che ne parla in due libri della sua *Naturalis Historia* (Plin. *Nat. Hist.* XVIII, 114; XXXV, 174), lo definisce una “*terra particolare*” di estremo interesse perché “*esercita un grande potere su moltissime altre sostanze*”. Lo zolfo più famoso si trovava nell'isola di Melo, ma buone qualità si estraevano anche in Campania, sui colli Leucogei (oggi Campi Flegrei); Plinio non parla invece delle ricche miniere della Sicilia note però da altre fonti.

Secondo il naturalista (morto a 56 anni probabilmente soffocato proprio dalle esalazioni sulfuree che lo investirono mentre osservava l'eruzione del Vesuvio da una barca nei pressi di Stabia), vi sarebbero quattro tipi di zolfo: uno allo stato solido (l'*apryon* dei Greci, l'unico che si estraeva vivo e il solo utilizzato a scopo medico) e tre allo stato liquido utilizzati dai tintori, dai lanaioli e dai produttori dei lucignoli per le lampade.

Se messo sul fuoco lo zolfo emana esalazioni così forti che le fonti ricordano perfino casi di epilessia. Con esperimenti del genere pare si divertisse Anassilao di Larissa, filosofo neopitagorico di età augustea: “[...] *aggiungendone un poco in un calice di vino e facendolo girare in tondo sopra la brace, otteneva che il riflesso dello zolfo ardente diffondesse sui convitati un terribile pallore, come di morte.[...]*. (Plin. *Nat. Hist.* XXXV, 50).

Gioco pericoloso. Del resto Anassilao (che scrisse “*Magica proprietà dei farmaci derivati dai minerali, erbe, e altre sostanze*”, opera a noi non pervenuta ma citata da Plinio) si occupò sia di scienze naturali che di magia e secondo Eusebio di Cesarea (III/IV sec. d.C.), nel 28 a.C. fu bandito da Roma da Ottaviano (da lì a poco Augusto), proprio con l'accusa di praticare la magia.

Le esalazioni dello zolfo avevano anche una divinità specifica: la dea Mefite, antica e complessa dea osco-sabellica assorbita in seguito nel *pantheon* romano, che lo storico Dumézil accosta addirittura alle rare divinità negative concepite dalla “poco conosciuta demonologia romana”. Era fonte di vita e di morte essendo collegata sia alle esalazioni di gas provenienti dalle mofete (il termine deriva proprio dal nome della dea) ed evocata contro i miasmi come a Roma dove, fin dal III sec. a.C. aveva un tempio (*aedes Mephitis*) ed un boschetto sacro (*lucus Mephitis*) in una zona poco salubre dell'Esquilino (Varr. LL V 49; Fest. *Sept.*), sia alla *sanatio* ottenuta mediante l'utilizzo delle acque sulfuree. In questo caso era adorata come *Physica*, cioè dispensatrice del benessere fisico, come attestano alcuni *ex voto* (donne e uomini oranti, vasellame miniaturistico, melograni e pesi da telaio, Eros danzanti, ecc.) rinvenuti nei pressi di santuari a lei dedicati.

Ma molti altri erano i teonimi attestati dalle iscrizioni: *Aravina* (che la collegherebbe al ciclo agreste della coltivazione dei campi), *Kaporoinna* (appellativo legato ai riti della fertilità), *Utiana* (con riferimento alla funzione regale, quindi sacra, di dea) e altri, che connotano la dea nella sfera matronale, matrimoniale e funeraria.

Il centro di culto era nell'*Ampsancti valles*, la Valle d'Ansanto in provincia di Avellino, (cfr. Plin. *Nat. Hist.* II, 95, 208), territorio “*omni parte sanctus*”, cioè “difeso sacralmente da ogni parte” (Serv. *Aen.* VII, 563 e ss.), dove un *locus Mephitis* era perfino sede oracolare (cfr. Virg. *Aen.* VII, 563-569), ma le fonti ricordano santuari a lei dedicati anche fuori dell'area osco-sabellica come a Cremona (Tacito *Hist.* III 33, 6), Lodi (C.I.L. V 5363).

Spesso i centri religiosi legati a fonti sulfuree erano ubicati a ridosso dei percorsi tratturali della transumanza, a testimonianza dell'antica consapevolezza dell'efficacia terapeutica delle acque solforose per gli animali oltre che per gli uomini (cfr. Varrone, Catone e Columella). La relazione di Mefite con i culti legati alla transumanza è tuttavia ancora incerta.

L'aggettivo “mefitico”, rimasto comunque nell'uso corrente col significato negativo di “puzzolente, malsano” è chiaramente spiegato dalle parole di Servio, grammatico e commentatore del IV sec. d.C.: “*Mefite è propriamente il puzzo della terra che esala dalle acque solforose e nei boschi è reso più pungente per la densità delle selve...*”. Sempre Servio racconta che gli

animali sacrificali dedicati alla divinità non venivano immolati ma semplicemente esposti abbastanza a lungo all'odore soffocante (Serv., *Aen.* VII, 563 ss.).

Il prelievo dello zolfo di affioramento risale a tempi molto antichi, forse addirittura alla preistoria, ma le vestigia minerarie più antiche ritrovate risalgono al III sec. a.C.. Sono state rinvenute in Lazio, su alcune strutture murarie della costa anziata, e testimoniano di come si procedesse alla fusione *in situ* della roccia mineralizzata con la produzione di pani di zolfo soprattutto in epoca domiziana (I sec. d.C.), mentre ad un'epoca posteriore (II-III sec. d.C.) risalgono i primi reperti che testimoniano l'estrazione dello zolfo nel territorio di Caltanissetta e Agrigento.

Dalle grandi quantità di frammenti di olle e coperchi, cannelli, ceramiche varie per il trattamento del greggio solfifero e la sua distillazione e soprattutto di *tegulae mancipum sulphuris* (tavole di argilla che, a stampo, imprimevano nei pani di zolfo il nome del degli appaltatori), è anche noto il nome di una delle più importanti officine della zona di Agrigento: l'*officina Cassiana*, certamente da collegare alla *gens Cassia* e la *gens Annia*, che aveva il monopolio sia dell'estrazione dello zolfo della zona che della sua esportazione in Africa.

Nelle *sulphuriae* romane, così come negli altri campi di lavoro dell'Impero, erano mandati a lavorare i condannati ai lavori forzati a scontare la temutissima *damnatio ad metalla*, pena terribile, leggermente inferiore soltanto alla *damnatio ad bestias*. Le condizioni di vita dei condannati erano così disumane e dolorose che Diodoro Siculo ne scrisse in termini di "inferno in Terra"-

I pani di zolfo venivano commercializzati e il minerale utilizzato per molteplici scopi: per avvolgere fiaccole, produrre fuochi e, miscelato con catrame, resina, bitume e altri combustibili, giochi pirotecnici durante le rappresentazioni al circo o negli anfiteatri.

Si utilizzava anche come componente dei mastici con i quali si incollavano gli oggetti di ceramica, per sbiancare le stoffe di lana mediante l'anidride solforosa ottenuta con la combustione, per la concia del pellame, per combattere gli insetti nocivi, come fungicida in agricoltura (soprattutto nella coltura della vite fin dal III sec. a.C.) e per la chiarificazione dei vini.

In cosmetica veniva usato quale ingrediente di pomate e unguenti ed in medicina era utilizzato già dagli antichi Egizi per trattare le infezioni agli occhi (uso attestato già dal papiro Ebers, risalente al 1550 a.C.), per ridurre infiammazioni e dolori, migliorare l'elasticità delle articolazioni, preparare cerotti, unguenti, cataplasmi, per curare le malattie della pelle e per liberare da parassiti sia uomini che animali (cfr. Col. *Re Rust.* VI, 13, 15).

A causa del suo potere esplosivo, era ovviamente usato anche a scopo bel-

lico e a questo riguardo le testimonianze nelle fonti sono abbastanza numerose: dai fumi nocivi, usati durante la Guerra del Peloponneso da Spartani e Beoti, prodotti bruciando legna impregnate di catrame e zolfo (Tuc. IV, 100, 2-4); ai proiettili infuocati messi a punto dal greco Enea Tattico (IV sec. a.C.), composti da un un miscuglio di segatura, pece, incenso, zolfo e acuminate punte di ferro (*Pol. XXXII*); al “fuoco greco” di Callinico (VIII sec. d.C.), che i Bizantini in realtà chiamavano “fuoco romano”, o “artificiale”, o “liquido”, micidiale miscela di pece, salnitro, zolfo, nafta e calce viva, contenuta in grandi otri di pelle o di terracotta (*sifones*) e lanciata infuocata sul nemico.

Riferimenti bibliografici

- ANTONINI ROBERTO, *Dedica osca a Mefite Aravina dalla Valle d'Ansanto* in *Annali dell'Istituto universitario Orientale di Napoli*, Seminario di studi del mondo classico. Sezione di Archeologia e Storia Antica» (Napoli) 3, 1981, pp. 55 e ss.
- DE SALVO LIETTA, *Produzioni e flussi commerciali fra l'Africa e la Sicilia in età imperiale e tardoantica* in *L'Africa romana. Le ricchezze dell'Africa. Risorse, produzioni, scambi*. Atti del XVII Convegno di studio. Sevilla, 14-17 dicembre 2006, a cura di J. González, P. Ruggeri, C. Vismara, R. Zucca, Roma, Carocci Editore, 2008.
- DUMÉZIL GEORGE, *La religione romana arcaica*, Rizzoli Ed. Milano, 1977.
- GIARDINO CLAUDIO, *I metalli e le leghe: archeometria e metallotecnica*, in *Le tecniche e i materiali di produzione*, Enciclopedia Archeologica, vol. 2, Treccani, Roma, 2002.
- HALDON JOHN, *Greek fire revisited: recent and current research*, in *Byzantine style, religion and civilization*, a cura di E. Jeffreys, Cambridge 2006.
- ONORATO G. O., *La ricerca archeologica in Irpinia*, Amministrazione Provinciale di Avellino, 1960.
- SALMERI GIOVANNI, *Sicilia romana. Miniere di zolfo in Sicilia e in Grecia nell'età imperiale* in *Dalle capanne alla Robbe. La lunga storia di Milocca-Milena*, Pro loco Milena, 1997.
- SANTILLO FRIZELL BARBRO, *Lana, carne, latte. Paesaggi pastorali tra mito e realtà*, Mauro Pagliai Ed. 2010.
- SCHOLL REINHOLD, *Der Papyrus Ebers. Die größte Buchrolle zur Heilkunde Altägyptens*, Leipzig 2002.
- WHITEHEAD DAVID, *Aineias the Tactician. How to Survive under Siege*, Oxford University Press, 1990.
- VALVO ALFREDO e MANZONI G. ENRICO (cur.) *Analecta Brixiana*, Vol. 1, V&P Ed. Milano, 2004.

Sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti

SISTRI è il “Sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti”, che nasce nel 2009 su iniziativa del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e la cui gestione è stata affidata al Comando dei Carabinieri per la Tutela dell’Ambiente.

Il Sistema è stato istituito con il duplice obiettivo di:

- sostituire il vigente sistema cartaceo di gestione dei rifiuti (costituito da Registro di carico e scarico, Formulario di identificazione dei rifiuti e Modello unico di dichiarazione ambientale - MUD) passando ad una gestione informatica della documentazione, attraverso l’utilizzo – da parte dei soggetti obbligati – di uno o più token USB, equipaggiati con un software per l’autenticazione e la firma elettronica, e di una cosiddetta "black box", da montare sugli automezzi adibiti al trasporto dei rifiuti per tracciarne i movimenti;
- garantire un maggior controllo della movimentazione dei rifiuti speciali (in particolare i rifiuti prodotti da attività industriali e artigianali e da attività di recupero e smaltimento).

SISTRI è nato ufficialmente con il DM 17 dicembre 2009 (ora sostituito e abrogato dal DM 52/2011), che è entrato in vigore il 14 gennaio 2010.

All’inizio la normativa prevedeva l’assoggettamento di tutte le imprese, grandi e piccole, che producono, trasportano o recuperano/smaltiscono rifiuti speciali, sia pericolosi che non pericolosi.

Dal lontano gennaio 2010, sono intervenuti 24 provvedimenti a modificare le disposizioni relative al SISTRI e 7 rinvii della partenza dell’operatività del Sistema. A testimonianza del fatto che il SISTRI, fin dall’inizio, ha presentato numerose criticità e ostacoli per l’utilizzo da parte delle imprese.

Qual è il quadro oggi?

Innanzitutto ora l’uso di SISTRI è obbligatorio solo per i rifiuti pericolosi e sono esclusi i “piccoli” produttori di rifiuti (fino a 10 dipendenti).

Inoltre, è stata definita una partenza scaglionata per l’uso del Sistema: trasportatori e gestori di rifiuti hanno iniziato ad usare il SISTRI dal 1° ottobre 2013, i produttori dal 3 marzo 2014.

Va evidenziato che, per assicurare una sorta di “fase di sperimentazione”, le sanzioni relative a SISTRI saranno applicabili dal 1° gennaio 2015 e che ad oggi il sistema sanzionatorio è riferito ai registri di carico e scarico e ai formulari di trasporto (tutt’ora da compilare, in parallelo a SISTRI).

Allora è tutto a posto per le imprese?

No, i problemi per le imprese sussistono ancora e non sono trascurabili. Innanzitutto va evidenziato che il primo ostacolo è rappresentato da una normativa assai articolata e complessa, che rende difficile per le imprese comprendere quali sono gli adempimenti vigenti cui ottemperare e quali sono soggetti sono tenuti a tali obblighi.

Inoltre l'applicazione di SISTRI solo ai rifiuti pericolosi e solo ad alcuni soggetti, se da un lato ha ridotto il numero di operatori coinvolti, dall'altro ha reso necessario per i soggetti obbligati un raddoppio degli oneri di gestione dei rifiuti (differenziazione tra rifiuti pericolosi e non pericolosi, doppia registrazione per i rifiuti pericolosi fino al 31 dicembre 2014).

Infine, ma non ultimo, sono ancora numerose le modifiche ad apportare al Sistema per renderlo aderente alle esigenze operative delle imprese.

Sono semplificazioni che richiedono la modifica del quadro informatico e alcune modifiche del quadro regolamentare. Sostanzialmente esse costituiscono un rimedio a difetti progettuali, dovuti alla scarsa considerazione iniziale data alle esigenze degli utilizzatori obbligati a utilizzare il SISTRI.

Assemblea annuale di Federchimica

Ecco in sintesi i dati presentati nella nota congiunturale di Federchimica nel corso dell'Assemblea annuale. Il documento completo è disponibile nella sezione Dati e Analisi.

La produzione chimica in Italia mostra un consistente rialzo, +2.9% nel primo quadrimestre su base annua, e conferma un andamento più favorevole rispetto alla media manifatturiera nazionale (+1.6%).

Finalmente la domanda interna di chimica offre i primi spunti di crescita, +1.0% in volume, ma il ritmo rimane complessivamente lento e non mostra chiari segnali di accelerazione. Tra i principali clienti, non si arresta la caduta delle costruzioni e i consumi finali rimangono deboli.

L'export chimico italiano si conferma in espansione (+4% in volume, +1.5% in valore) e spicca la performance della chimica fine e specialistica in crescita del 4.5% in valore dopo il risultato già brillante dello scorso anno (+3.7%). Dal 2007 l'export è cresciuto ad un ritmo doppio rispetto alla media industriale (+14% contro +7%), portando la chimica ad affermarsi quale secondo settore esportatore italiano dopo la meccanica.

Si prevede che, dopo il marcato recupero di inizio d'anno amplificato dalla ricostituzione delle scorte, la produzione chimica in Italia proseguirà la risalita e chiuderà il 2014 con una crescita pari al 2% circa dopo il -1.8% dello scorso anno.

Potrà così lasciarsi alle spalle la fase più dura della recessione le cui conseguenze continueranno, tuttavia, a farsi sentire soprattutto per le imprese chimiche dipendenti dal mercato interno. La crisi ha comportato la chiusura di migliaia di imprese clienti e il definitivo ridimensionamento di importanti settori utilizzatori italiani con alcuni strascichi ancora in corso.

Il settore chimico è riuscito complessivamente a tenere – come testimonia l'incidenza delle sofferenze sui prestiti bancari più bassa di tutto il panorama industriale italiano (5.5%) – allo stesso tempo rinnovandosi e cambiando pelle. Un nucleo consistente di imprese si va emancipando dal mercato domestico, spesso poco dinamico e remunerativo: il 37% deriva oltre la metà del fatturato dalle esportazioni e oltre 130 possiedono stabilimenti produttivi all'estero.

Notizie Flash

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America



October 29, 2013 vol. 110 no. 44

Water's second glass transition

Katrin Amann-Winkel, Catalin Gainaru, Philip H. Handle, Markus Seidl, Helge Nelson, Roland Böhmer, and Thomas Loerting

Significance

Water is not only the most important liquid for life on Earth, but also one of the most anomalous liquids. These anomalies become most evident in the supercooled state at subzero temperatures. We show from dielectric and calorimetric studies that water in the deeply supercooled regime, below -120 °C, can even exist as two distinct, ultraviscous liquids at ambient pressure, a low- (LDL, 0.92 g/cm³) and high-density liquid (HDL, 1.15 g/cm³), which can both remain in the metastable, equilibrium liquid state for many hours above their calorimetric glass transition temperatures of -137 °C (136 K) and -157 °C (116 K). LDL is identified as the strongest of all liquids, and also HDL is a strong liquid at record low temperature.

Abstract

The glassy states of water are of common interest as the majority of H₂O in space is in the glassy state and especially because a proper description of this phenomenon is considered to be the key to our understanding why liquid water shows exceptional properties, different from all other liquids. The occurrence of water's calorimetric glass transition of low-density amorphous ice at 136 K has been discussed controversially for many years because its calorimetric signature is very feeble. Here, we report that high-density amorphous ice at ambient pressure shows a distinct calorimetric glass transitions at 116 K and present evidence that this second glass transition involves liquid-like translational mobility of water molecules. This "double T_g scenario" is related to the coexistence of two liquid phases. The calorimetric signature of the second glass transition is much less feeble, with

a heat capacity increase at $T_{g,2}$ about five times as large as at $T_{g,1}$. By using broadband-dielectric spectroscopy we resolve loss peaks yielding relaxation times near 100 s at 126 K for low-density amorphous ice and at 110 K for high-density amorphous ice as signatures of these two distinct glass transitions. Temperature-dependent dielectric data and heating-rate-dependent calorimetric data allow us to construct the relaxation map for the two distinct phases of water and to extract fragility indices $m = 14$ for the low-density and $m = 20-25$ for the high-density liquid. Thus, low-density liquid is classified as the strongest of all liquids known (“superstrong”), and also high-density liquid is classified as a strong liquid.

Il testo completo è visibile al seguente indirizzo:

<http://www.pnas.org/content/110/44/17720.full.pdf+html>

Pasquale Fetto

Giornata dell'acqua

Il Consiglio regionale del Lazio ha festeggiato nel modo migliore la Giornata dell'Acqua, votando all'unanimità (32 voti, tanti quanti erano i presenti in aula) la legge sull'acqua pubblica. Il provvedimento di iniziativa popolare, promosso dal Comune di Corchiano (Vt) e da altri 38 Comuni, stabilisce le disposizioni con cui deve essere governato il patrimonio idrico della regione e ha l'obiettivo di “favorire le condizioni per la definizione e lo sviluppo di un governo pubblico e partecipativo dell'intero ciclo integrato dell'acqua, in grado di garantirne un uso sostenibile e solidale”. In parole semplici, viene ribadito quanto emerso a seguito del referendum del 2011, che “l'acqua è un bene naturale e un diritto umano universale” e che Comuni e cittadini, potranno partecipare attivamente svolgendo un ruolo di controllo della gestione, che deve essere “svolta nel rispetto dei principi costituzionali, degli esiti referendari e della legislazione statale e vigente” e “senza finalità lucrative”, con l'obiettivo del pareggio di bilancio. Vengono aboliti quindi i vecchi ATO. L'ambito territoriale ottimale (ATO), è un territorio su cui sono organizzati servizi pubblici integrati, ad esempio proprio quello idrico o quello dei rifiuti (vedi Codice dell'Ambiente, D. Lgs 152/2006 e successive modifiche). Tali ambiti sono individuati dalle regioni con apposita legge regionale (nel caso del Servizio idrico integrato con riferimento ai bacini idrografici), e su di essi agiscono le Autorità d'ambito, strutture dotate di personalità giuridica che organizzano, affidano e controllano la gestione del servizio integrato. Secondo la legge 42/2010, le Autorità d'Ambito avrebbero dovuto essere abolite entro marzo 2011 e le funzioni riattribuite dalle regioni; la tematica è tuttavia connessa con i referendum abrogativi del 2011

in Italia. Con la loro abolizione la gestione dell'acqua dovrà avvenire nel bacino idrografico. Gli ambiti del bacino idrografico verranno individuati da un'altra legge regionale entro 6 mesi. Per la stesura di quest'ulteriore provvedimento parteciperanno gli enti locali dei vari territori interessati.

Luigi Campanella

AREE SCIENTIFICO–DISCIPLINARI

AREA 01 – Scienze matematiche e informatiche

AREA 02 – Scienze fisiche

AREA 03 – **Scienze chimiche**

AREA 04 – Scienze della terra

AREA 05 – Scienze biologiche

AREA 06 – Scienze mediche

AREA 07 – Scienze agrarie e veterinarie

AREA 08 – Ingegneria civile e architettura

AREA 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione

AREA 10 – Scienze dell'antichità, filologico–letterarie e storico–artistiche

AREA 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche

AREA 12 – Scienze giuridiche

AREA 13 – Scienze economiche e statistiche

AREA 14 – Scienze politiche e sociali

Il catalogo delle pubblicazioni di Aracne editrice int.le è su

www.aracneeditrice.it

Compilato il 25 novembre 2014, ore 09:28
con il sistema tipografico \LaTeX 2 ϵ

Finito di stampare nel mese di novembre del 2014
dalla «ERMES. Servizi Editoriali Integrati S.r.l.»
00040 Ariccia (RM) – via Quarto Negroni, 15
per conto della «Aracne editrice S.r.l.» di Roma