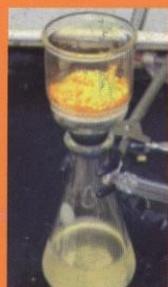
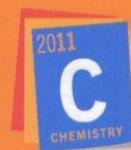


Giornale di Didattica e Cultura della Società Chimica Italiana

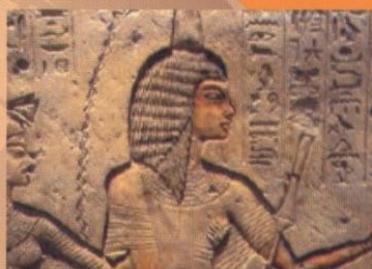
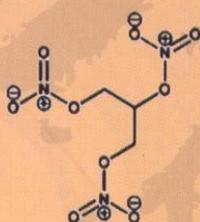
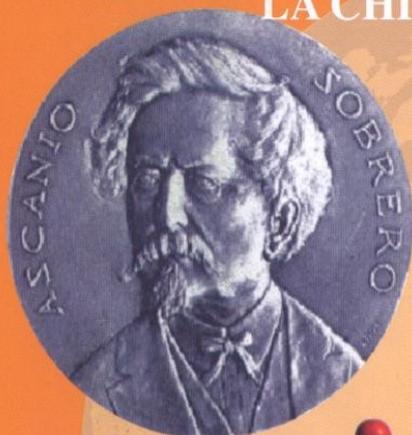


CnS



International Year of
CHEMISTRY
2011

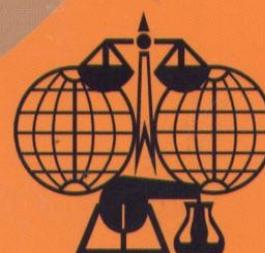
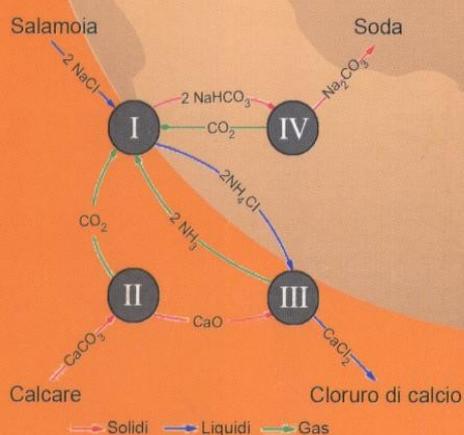
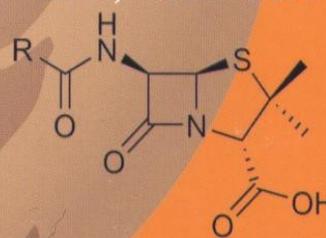
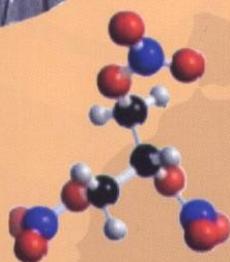
LA CHIMICA NELLA SCUOLA



Anno Internazionale della Chimica

Chimica - la nostra vita, il nostro futuro
Chemistry - our life, our future
Chemie - nos vies, notre future
Química nuestra vida, nuestro futuro
Chemie unser Leben, unsere Zukunft
Química nossas vidas, nosso futuro

Torino



International Union of
Pure and Applied
Chemistry

STORIA E DIDATTICA DELLE SCIENZE
CHIMICA E COMUNICAZIONE
DIDATTICA
EPISTEMOLOGIA
MUSEOLOGIA

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

EDITORIALE		
65	Il ruolo della Chimica per una strategia formativa e gestionale nel campo dei Beni Culturali di Luigi Campanella	S
68	Ascanio Sobrero di Gianmarco Ieluzzi	O
70	Un mondo di trasformazioni...trasformano il mondo. Dalla realtà fenomenica ai modelli interpretativi macroscopici di Alessandro Pezzini, Fabio Olmi	M
82	Grado di avanzamento: un concetto generale per definire stechiometria, grandezze termodinamiche e velocità di una reazione chimica di Giuliano Moretti	M
88	Il caso di un piccolo Museo di Storia Naturale: un equilibrio tra cultura, educazione e salvaguardia del territorio di Valentina Domenici, Alessandro Lenzi	M
93	Accadde a Seveso, 10 Luglio 1976 Ricostruzione storica e conseguenze legislative di Erminio Mostacci, Luigi Cerruti	A
106	Un percorso sperimentale sulle sostanze naturali: estrazione, identificazione e sintesi dell'aldeide cinnamica. di Mapoleone Fabbri, Pierluigi Robino, Gianpaolo Simonelli	R
112	La bufala delle scie chimiche: come un fenomeno assolutamente normale può scatenare bizzarre teorie pseudoscientifiche e complottistiche di Silvano Fuso	I
116	La concentrazione di una sostanza in un sistema. Alcune considerazioni di Claudio Giomini	O
119	21st International Conference on Chemical Education di Liberato Cardellini	O
121	La chimica nel piatto di Dario Bressanini di Valentina Domenici	

67	La Chimica: un'Industria basata sulla Scienza di Claudio Benedetti	F I a S h	Scuola amica della chimica di Luigi Campanella	126
81	Chimica, politica e unità d'Italia di Pietro Greco		Science on Stage di Amtonio Gandolfi	127
92	Chimica sperimentale degli elementi di Luigi Campanella		Dal mondo degli insegnanti scolastici di Luigi Campanella	128
92	Lo spettacolo della Chimica di Luigi Campanella		Tutti pazzi per la chimica di Mariano Venanzi	128
123	Come diventare insegnanti: le nuove regole della Scuola secondaria di I e di II grado di Michele Antonio Floriano		Dalla Commissione Europea: due grandi obiettivi della strategia "Europa 2020" di Luigi Campanella	129
124	Avvenne... di Pasquale Fetto		"Io Amo i Beni Culturali" di Luigi Campanella	129
125	Risorse finanziarie per l'istruzione di Luigi Campanella			

Il contributo della Chimica per una strategia formativa e gestionale nel campo dei Beni Culturali

Dipartimento di Chimica Università di Roma “La Sapienza”

La scienza ci ha messo in condizioni di rispondere praticamente a tutto risolvendo, nel caso, il problema di incompatibilità dei materiali o, comunque, di conservazione di retaggi storici: ovviamente a patto di sapere integrare le forze di cui disponiamo e di cui ci possiamo dotare con adeguati cicli formativi. Disponiamo di tre gambe del grosso tavolo della formazione. Corsi di laurea nelle Facoltà Umanistiche, nelle Facoltà Scientifiche e, infine, i corsi formativi professionali nei campi della conservazione e del restauro da parte del Ministero dei Beni Culturali, a dimostrare che accanto all'integrazione fra cultura umanistica e scientifica si deve anche considerare quello fra scienze sperimentali e scienze e teoria di base.

Ci sono stati anni in cui sostanzialmente il teorico era ritenuto il grande scienziato ovvero la mente, lo sperimentatore soltanto il braccio. Questa divaricazione non ha giovato alla crescita scientifica e, per fortuna, dal secolo scorso siamo riusciti a recuperare questo spazio: c'è stata una rivalutazione delle scienze sperimentali. All'integrazione fra le scienze sperimentali e le scienze teoriche un contributo è di certo venuto dal mondo dei Beni Culturali e da quello dell'ambiente. Questa integrazione costituisce ancora oggi un aspetto importante nella vita di questo settore.

Siamo passati da una concezione e da un modello in cui sostanzialmente l'università non aveva un ruolo di formazione codificato, ad una nuova situazione in cui, viceversa, l'università è stata incaricata, se vogliamo, in qualche modo gli è stato affidato il compito della formazione anche in questo settore. Prima tale formazione era affidata al Ministero dei Beni Culturali, agli enti locali, alle scuole professionali. Ovviamente ci siamo trovati con un settore già sviluppato, ma con un ciclo formativo diciamo di vecchio stampo e la necessità di avviarne uno nuovo.

Il nuovo ciclo formativo, quello dell'università, è ovviamente un ciclo che per sua vocazione tende a preferenziale gli aspetti di base piuttosto che quelli applicativi. Nell'ambito della chimica del restauro vuol dire occuparsi di reazioni chimiche, termodinamica degli equilibri, di cinetica, cioè di stabilità e di inerzia. È vero anche che, insieme con questo aspetto di base, è fondamentale tenere conto che la chimica del restauro implica anche esperienza e competenza che si acquisiscono attraverso gli anni, con prove sul campo che molte volte possono anche contraddire quelle che sono le ipotesi di base. Questo secondo canale formativo ha bisogno di quello universitario come questo di quello. Si assiste a interventi di pulitura di superfici murarie, lapidee o anche pittoriche motivati scarsamente su basi teoriche senza tenere conto di considerazioni logiche per prevedere l'evolversi e lo sviluppo delle reazioni, con ciò sprestando tempo e soldi. È ovvio che esaltare questo discorso vuol dire sottolineare la necessità del tipo di formazione richiesta. Ne deriva che, se da una parte abbiamo una formazione sicuramente molto pratica, molto sperimentale che si è evoluta attraverso gli anni e che ha potuto utilizzare le esperienze, ma che qualche volta è mancata nei concetti di base necessari per questo tipo di attività, d'altra parte stiamo costruendo, con i Corsi di laurea scientifica in Conservazione dei Beni Culturali, un percorso universitario per il quale bisogna evitare che esso presenti un difetto simmetrico rispetto al primo, cioè che sia solo un percorso formativo di base senza quei connotati sperimentali di cui ovviamente un'attività come questa non può fare a meno. Nasce una preoccupazione in questa fase: “Il nuovo si può presentare come una soluzione al problema, ma come garantire che i precedenti canali non si sentano relegati in un ruolo meno importante nell'ambito della formazione?”. È necessario mettere da parte queste impostazioni critiche, perché sarebbe un errore clamoroso nel sistema formativo del nostro Paese. Dobbiamo assolutamente far sì che i due binari attivi continuino a procedere insieme a contatto ognuno dell'altro. Se la formazione di base è prerogativa dell'università, è altrettanto importante appoggiarsi a quelle che sono le strutture consolidate degli istituti di ricerca dei Beni Culturali e delle soprintendenze. Ambiente e Beni Culturali sono due importanti settori di cui la chimica si deve occupare.

La base fondamentale della chimica è la termodinamica che ci spiega quello che può avvenire e quello che non può avvenire. Ci fa capire, per esempio perché, pur tenendo conto che nell'atmosfera è presente l'anidride carbonica – che si scioglie nell'acqua formando acido carbonico, un acido potenzialmente pericoloso per la sua aggressività acida – possiamo tranquillamente bere l'acqua che pure lo contiene o perché mentre alcuni ossidi proteggono i metalli su cui si formano, altri non sono capaci di farlo. La causa principale delle alterazioni dei materiali sono sostanzialmente le sostanze acide. Se partiamo da questo dato, è ovvio che la difesa rispetto a questo tipo di problema non può che provenire da sostanze che si oppongono a questa acidità. Con l'invecchiamento, le sostanze che si producono dall'acidità diventano sempre più stabili perché l'invecchiamento comporta la modificazione della struttura di queste sostanze rendendole meno aggredibili. Quindi dobbiamo combattere l'acidità che deriva sostanzialmente dagli inquinanti diffusi nell'atmosfera, tra cui i più comuni derivano dal traffico, dagli impianti di riscaldamento, dagli impianti industriali. Si tratta di aggressivi i cui danni con l'invecchiamento diventano sempre più difficilmente removibili. Allora i primi due canoni da seguire sono: da un lato contrastare l'acidità con sostanze antiacide e dall'altro evitare che l'invecchiamento comporti che la formazione dei prodotti di alterazione diventi irremovibile, rendendo sempre più difficile la loro eliminazione. Da ciò si può capire come sia importante effettuare la manutenzione con continuità e l'utilizzo di sostanze opportune. Immaginiamo alcune statue di materiale lapideo per esempio, collocate in ambiente esterno, e immaginiamo siano sottoposte a continue aggressioni da piogge acide: certamente è possibile pensare di sostituire la statua con una copia, come peraltro in qualche caso avvenuto. L'opera d'arte però deve essere uno strumento prezioso di formazione e di educazione; se la si chiude all'interno di una struttura, all'interno di un edificio e poi si espone la copia, viene meno questo primo elementare e fondamentale compito di comunicazione e di sensibilizzazione che l'opera d'arte deve avere. Dunque, non è sicuramente questa la soluzione migliore da adottare, così come non lo è nemmeno quella di sistemare l'opera d'arte entro teche trasparenti (è avvenuto anche questo) di vetro o di materiale plastico, perché questo significa precludere la visibilità in modo corretto, omettendo idonei comportamenti nei riguardi della fruizione. L'opera d'arte esposta deve essere reale anche in questo, e come tale confrontarsi con quelle che sono le realtà del nostro ambiente, realtà in cui sono presenti sostanze inquinanti in concentrazioni elevate capaci di interagire con i vari materiali di cui sono costituite le opere architettoniche. Negli ambienti interni il problema è meno drammatico perché le concentrazioni sono inferiori, però, anche in questo caso si possono realizzare condizioni di pericolo. D'altra parte non ha alcun senso effettuare una manutenzione irregolare e casuale: si rischia di compromettere la visione dei retaggi storici che si sono costruiti nel tempo e viene a mancare la possibilità di informazioni circa operazioni di restauro che sono state invece eseguite in tempi programmati. Questo vale soprattutto nelle opere pittoriche. Resta quindi sottolineata la necessità della manutenzione evitando che i prodotti, che si ottengono per effetto delle alterazioni-degradazioni, stratifichino e si trasformino in sostanze in cui la difficoltà di solubilizzazione è molto maggiore rispetto al preliminare stadio di formazione. Una soluzione potrebbe essere quella di effettuare lavaggi periodici usando soluzioni idonee. I carbonati, ad esempio, rispetto ad altri sali, sono più idonei per le operazioni di dissoluzione, producendo infatti anidride carbonica che agevola tali reazioni. Ovviamente si deve utilizzare un carbonato che neutralizzi anche l'acidità di cui prima parlavamo, quindi non il carbonato di ammonio, ma quello di sodio che permette un'azione significativamente antiacida, dopo di che il successivo lavaggio garantisce l'eliminazione del prodotto dato in eccesso. Una pulitura di questo tipo, effettuata periodicamente, potrebbe consentire il rispetto di molte superfici costituendo per alcuni materiali una idonea protezione. Con questo tipo di operazione si può prevenire, ad esempio, la formazione delle croste nere, evitando che i prodotti di alterazione ed il particolato atmosferico si integrino con la struttura del materiale provocando evidenti danni estetici e strutturali. Sono tutte operazioni che progressivamente con l'esperienza si acquisiscono. Ma qui interviene la chimica: un evento inaspettato, un comportamento disomogeneo rispetto alle attese, nuovi rilievi in condizioni ambientali complesse obbligano a dotarsi di una solida base teorica che consente di comprendere e conoscere lo stato attuale e di conseguenza regolarsi per gli interventi di restauro e consolidamento. È opinione diffusa e comune che i materiali dei Beni Culturali subiscano in relazione alla loro natura più o meno sempre, le stesse trasformazioni ed alterazioni legate agli inquinanti presenti. Non è così: i materiali invecchiano e questo avviene anche negli ambienti più puri. I processi di invecchiamento correlati a squilibri energetici e composizionali insiti nel materiale stesso si sommano alle modificazioni ambientali e spesso ne derivano situazioni che soltanto conoscendo fondamentali elementi di chimica, di termodinamica, di scienza dei materiali possono essere letti ed interpretati.



**La foto ritrae i partecipanti al
1° Consiglio Solvay (Bruxelles 1911)**

*M. Brillouin, Marie Curie, Albert Einstein,
F. Hasenoehr, J. H. Jeans, H. Kamerling Onnes, M.
Knudsen, P. Langevin, H. A. Lorentz,
W. Nernst, J. Perrin, Max Planck, H. Poincaré,
H. Rubens, Ernest Rutherford, A. Sommerfeld,
E. Warburg, W. Wien.
Maurice de Broglie, R. B. Goldschmidt,
F. A. Lindemann (segretari scientifici).*

Questi sono gli aspetti che da soli giustificano per la Chimica la necessità di un lavoro comune tra mondo della Scuola e Imprese sui temi della formazione e dell'orientamento.

Non c'è bisogno di aggiungere altro. Questa consapevolezza, infatti, tramuta una debolezza in un punto di forza.

La debolezza è nella difficoltà oggettiva della Chimica per chi la studia e per chi la insegna e negli stereotipi che accompagnano l'Industria, considerata a torto soltanto pericolosa, inquinante e sostanzialmente inutile in quanto lontana dai consumi quotidiani.

Un lavoro comune per dimostrare che dietro le sintesi chimiche ci sono le sostanze che rendono possibili i tanti prodotti di indispensabile utilizzo quotidiano è il modo migliore per far appassionare i giovani alla Chimica, per aumentare le vocazioni scientifiche verso un percorso di studio che garantisce molto più che altri un'occupazione di qualità, e per capire l'importanza di un'industria per tanti versi difficile come quella chimica.

Infatti, tornando al titolo del mio breve intervento, proprio ad un'Industria basata sulla Scienza come quella Chimica può essere affidato un ruolo importante nello sviluppo economico e sociale del nostro Paese.

"Chimica, oltre il luogo comune" è il tema di un video che Federchimica ha realizzato per il Piano Lauree Scientifiche del Ministero dell'Istruzione, che, insieme a tanto altro materiale e a tante iniziative delle singole imprese, è a disposizione del mondo della Scuola.

Il 2011, Anno Internazionale della Chimica, è l'occasione migliore per lavorare insieme, come già si sta facendo per le tante iniziative che permetteranno a tanti Italiani di toccar con mano l'importanza della Chimica.

Direttore Generale Federchimica

Ascanio Sobrero

Casale Monferrato 1812 – 1888

Gianmarco Ieluzzi

gianmarco.ieluzzi@unito.it



Di Ascanio Sobrero è stato scritto che egli «appartiene alla schiera dei chimici che hanno fatto onore all'Italia quando il nostro paese aveva ben pochi cultori della chimica, nella prima metà del secolo XIX». Da parte di alcuni autori, infatti, i prima quarant'anni del Milleottocento vengono considerati anni in cui i chimici italiani di rilievo furono poco numerosi poiché per la maggior parte essi si dedicarono quasi esclusivamente all'insegnamento, oppure furono poco propensi ad allargare il loro orizzonte professionale all'estero o ancora ebbero una produzione scientifica poco paragonabile ai colleghi tedeschi, francesi, svedesi. Sobrero in effetti ebbe una vita professionale intensa e per certi versi dissimile da quella seguita dai suoi colleghi. Egli, infatti, che nacque a Casale Monferrato il 12 ottobre del 1812, compì studi di medicina all'Università di Torino, laureandosi nel 1832 e proseguendo con la specializzazione in chirurgia nel 1833 e conseguendo dieci anni più tardi il permesso all'esercizio della professione medica. Aveva in animo di dedicarsi all'insegnamento, ma non avendo superato l'esame abilitante, detto di aggregazione, non fu idoneo per esser chiamato in cattedra.

Durante il suo iter universitario Sobrero studiò chimica con Giovanni Antonio Giobert, il quale si occupò prevalentemente di chimica applicata alle arti e in particolare di chimica agricola. Dopo la morte di Giobert, avvenuta nel 1834, e probabilmente deluso per la mancata opportunità di insegnare, si risolse a dedicarsi allo studio della chimica, in questo peraltro influenzato dallo zio Carlo Raffaele Sobrero. Costui, generale d'artiglieria, aveva studiato con Berzelius e dirigeva l'Arsenale di Torino, nel quale era possibile fare ricerche in campo chimico all'interno della realtà piemontese, unitamente alla Reale Accademica delle Scienze e dell'Agricoltura. Fu così che Sobrero divenne assistente di Vittorio Michelotti e di Giuseppe Lavini, rispettivamente professore di chimica farmaceutica e assistente alla cattedra e chimica medico-farmaceutica. Frequentando l'ambiente chimico italiano ebbe modo di appurare come in Italia mancasse una solida scuola di chimica e quanto fosse importante formarsi con maestri valenti; dunque all'età di ventotto anni si recò dapprima a Parigi, presso il laboratorio di Pelouze, e poi nel 1843 passò sei mesi nel celebre laboratorio di Justus von Liebig in Gissen, isolando il guaiacolo in forma pura. Sobrero riporta il corso che veniva proposto a un allievo che si avvicinasse per la prima volta al laboratorio di Liebig.

«Il laboratorio di Giessen è destinato a dirigere i novelli chimici nelle applicazioni pratiche dei precetti chimici attinti da essi o nella scuola chimica della stessa università, od in altra qualunque; esso ammette perciò indistintamente alunni nazionali e stranieri. Ricevuti questi nel laboratorio, vi incominciano la loro istruzione pratica coll'applicarsi ai lavori di analisi qualitativa; il dott. Fresenius ne ha special cura, ed è seguendo la scorta della sua operetta che si guida questo primo esercizio, il quale dura ordinariamente quattro mesi: esso consiste nel riconoscere la composizione di miscugli, o composti di complicazione sempre crescente, fatti ad arte, e segnati da numeri d'ordine corrispondenti ai numeri di un registro in cui sta scritta la composizione di ciascun miscuglio, o composto: così i risultati delle operazioni analitiche eseguite dall'allunno si possono sottoporre ad esame critico, e riconoscersi se giusti od erronei. A questo esercizio succede quello della determinazione quantitativa di combinazioni inorganiche, come per esempio dell'acido e della base di un sale, la determinazione degli elementi delle specie mineralogiche, ecc. Finalmente gli alunni fanno passo ai metodi di determinazione degli elementi dei corpi organici, carbonio, idrogene, nitrogene; pel quale esercizio scelgonsi sostanze di composizione conosciuta, come alcool, zucchero, amido, ecc.; sicchè anche a loro riguardo i risultati si possono sottoporre ad esame critico. Egli è dopo questi molteplici esercizi pratici che gli alunni passano ad eseguire ricerche scientifiche su corpi non ancora conosciuti, ed in queste essi sono diretti dalle sollecite cure del professore Liebig, il quale è sempre liberalissimo di suggerimenti e consigli».

Rientrato a Torino nell'ottobre del 1843 continuò la sua attività di applicato presso il laboratorio di Lavini e anche come associato alla cattedra di chimica dell'Università di Torino. In quegli anni Sobrero ebbe una intensa produzione scientifica e tradusse anche una importante opera di Remigius Fresenius (*Guida all'analisi chimica quantitativa*) che riscosse molto successo all'estero e poco in Italia. Nel 1845 la Regia Camera di Agricoltura e di Commercio di Torino stabilì l'istituzione di una Scuola di meccanica e chimica applicata alle arti perché in Piemonte vi fosse un rinnovato impulso professionalizzante e Sobrero fu chiamato come insegnante. In questa scuola poté allestire un laboratorio, sebbene avesse a disposizione ridotta disponibilità economica, e condurre molti esperimenti, alcuni dei quali già iniziati durante il suo periodo di formazione all'estero. In particolare, su suggerimento del collega Schoenbein di Basilea conosciuto e frequentato a Parigi, riprese le ricerche sull'azione dell'acido nitrico. Fu in questo laboratorio che scoprì la nitroglicerina, riconoscendone pure le caratteristiche esplosive e l'attività vasodilatatrice. Era noto, prima degli studi di Sobrero, che la glicerina reagisce con acido nitrico dando acido ossalico; alla fine del 1846 Sobrero, nitrificando con una miscela di acido nitrico e solforico concentrati, ottenne la glicerina fulminante. Ne studiò le proprietà chimico-fisiche e fu consapevole dei rischi che avrebbe comportato una produzione industriale, motivo per cui si limitò all'uso in campo medico. Basandosi su tali ricerche poté leggere alla Reale Accademia delle Scienze di Torino una memoria con i risultati ottenuti, dal titolo: *Sopra alcuni composti fulminanti ottenuti col metodo dell'acido nitrico sulle sostanze organiche*.

Nel 1848 Menabrea lo propose come docente di chimica docimastica e quattro anni dopo fu nominato professore di chimica applicata alle arti sempre all'Università torinese.

Sobrero continuò la sua attività scientifica insieme agli incarichi di analisi di minerali che il Ministero della Guerra gli affidava con intensità.

Successivamente cambiò ancora luogo di insegnamento: dal 1860 al 1882 fu chiamato alla cattedra di chimica docimastica presso la Scuola di applicazione degli ingegneri istituita nel palazzo del Valentino. Va notato che Sobrero non riuscì ad ottenere la cattedra di chimica generale all'Università di Torino, alla quale fu chiamato invece Raffaele Piria, calabrese di origine ma in cattedra a Pisa. Nel 1877 pubblicò il tomo *Lezioni di Chimica Docimastica*.

Sobrero fu legato da profonda amicizia e stima professionale al grande chimico Francesco Selmi, che accolse nel suo laboratorio torinese durante il periodo di esilio in Piemonte, esilio che il vignolese Selmi dovette subire per aver partecipato attivamente ai moti del '48 a Reggio. L'amicizia tra i due grandi chimici produsse tra l'altro la scoperta del tetracloruro di piombo. L'amicizia professionale con Sobrero costò cara anche a Selmi che mai riuscì ad ottenere la cattedra di chimica presso l'Università di Torino, vacante alla morte di Piria; cattedra che rimase non assegnata per anni fino alla chiamata in cattedra di Fileti. L'amicizia con Sobrero, in vista a una parte dei liberali piemontesi, e probabilmente la sua confessione cattolica influenzarono la carriera accademica torinese a Selmi, il quale, come è noto, chiamato in cattedra a Bologna, fece strepitose ricerche nel campo chimico, scoprendo per primo le soluzioni colloidali e fondando la chimica tossicologica.

Tra i restanti contributi di Sobrero, nel gruppo chimico dei terpeni è importante la sua osservazione secondo la quale, per azione dell'ossigeno, in presenza di acqua, sull'essenza di trementina, si forma l'idrato di pirrolo (C₁₀H₁₈O₂), detto poi in suo onore, sobrerolo. Studiò anche la melanina, una sorta di variante della dinamite poiché la nitroglicerina veniva fatta assorbire dalla polvere di carbone di legna e da terra di Santa Fiora di Toscana (pressappoco simile alla terra d'infusori). Questa variante fu da Sobrero brevettata il 13 aprile 1873, avendo egli in animo l'intenzione di coprodurla insieme a Garelli, Botto (capita d'artiglieria fiorentino) e Sciacci (docente di balistica e astronomia all'Università torinese); ma la produzione di melanina non fu mai portata a termine per motivi non chiari. Il Dinamitificio Nobel di Avigliana, nei pressi di Torino, lo volle come consulente scientifico negli ultimi anni della sua vita. Gravi problemi di salute lo costrinsero ad allontanarsi dall'insegnamento nel 1882 e successivamente da tutte le cariche pubbliche. Morì il 26 maggio 1888.

Biografia

Icilio Guareschi, Memorie scelte di Ascanio Sobrero pubblicate dall'Associazione chimica industriale di Torino con discorso storico-critico ed annotazioni di I. Guareschi, Torino: UTET, 1914.

Un mondo di trasformazioni...trasformano il mondo

Dalla realtà fenomenica ai modelli interpretativi macroscopici

Alessandro Pezzini*, Fabio Olmi**

* I.C. Scandicci III - scuola secondaria di primo grado "Enrico Fermi".

** Coordinatore del gruppo di ricerca didattica GRDSF

Riassunto

Non c'è dubbio che il concetto di trasformazione e, in particolare, di reazione chimica costituisca uno dei nuclei concettuali essenziali da affrontare per l'apprendimento della Chimica. E' ben noto anche che l'argomento è stato fatto oggetto di numerosissime pubblicazioni e sono state avanzate diverse proposte per un suo apprendimento progressivo fin dalla scuola primaria. Il presente contributo si riferisce ad un percorso progettato e sperimentato nella scuola secondaria di I grado. Esso si sviluppa a livello fenomenologico a partire dalle trasformazioni fisiche evidenziando che, mentre queste non sono accompagnate da cambiamento nella natura delle sostanze interessate, in presenza di una reazione si ha cambiamento tra natura dei reagenti e dei prodotti. Il punto focale del percorso proposto è rappresentato dalla accurata caratterizzazione della diversa natura dei reagenti e dei prodotti e dalla produzione di un modello macroscopico capace di spiegare i fatti.

Seguono alcune essenziali esperienze e considerazioni sulle reazioni (reversibilità/irreversibilità, diversa velocità, costante accompagnamento di scambi di energia tra sistema di reazione e ambiente) sottolineando al termine la loro pervasività nella nostra vita e la loro grandissima importanza.

Abstract

There is no doubt that the notion of transformation, and particularly of chemical reaction, is an essential concept to deal with for the learning of Chemistry. Many publications have been concerning this subject and various suggestions have been proposed about the methods to be adopted to promote the learning of Chemistry since the early years of primary school. This contribution refers to a learning path conceived and tested at the level the junior high school. It proceeds through a phenomenological step pointing out that physical transformations involve no change in the nature of the chemical substances whereas in a chemical reaction reagents and products change their nature. Our approach focuses on a careful description of the nature of reagents and products and on a macroscopic model to exemplify the facts. We also consider some essential aspects of chemical reactions - reversibility/ irreversibility, different kinetics, exchange of energy between the system of reaction and the environment - eventually highlighting their pervasiveness and extraordinary importance in our lives.

Premessa

Questo lavoro fa seguito a quello presentato qualche tempo fa da alcuni membri del GRDSF (*) sulla "natura delle cose" [1] e, sempre rivolto alla scuola secondaria di I grado, ne costituisce il logico proseguimento: dopo l'acquisizione del concetto di sostanza (pura) segue un'ipotesi di percorso sul concetto di trasformazione e in particolare di reazione. Va tuttavia precisato che, nelle classi in cui è stato sperimentato, sono stati affrontati in precedenza (come precondizioni) anche i seguenti concetti: solubilità e soluzioni e i passaggi di stato (esempio acqua).

Come in precedenti proposte avanzate dal Gruppo, la metodologia adottata nel percorso è quella che caratterizza il Piano nazionale Insegnare Scienze Sperimentali (ISS) [2]

Per la comunicazione della ricreazione è stata scelta la *forma narrativa del vissuto di classe/i*, già sperimentata con successo nel contributo precedente a cui si fa riferimento, particolarmente efficace per comunicare le effettive dinamiche del processo di insegnamento/ apprendimento e i tempi effettivamente impiegati nello sviluppo del percorso.

Il concetto di trasformazione costituisce un tema di riflessione e di progettazione di percorsi molto gettonato fin dal livello di scuola primaria [3] e, con riferimento particolare al concetto di reazione, da qualche tempo anche a livello di scuola sec. di I grado. Siamo in pieno accordo con chi sostiene [4] che "Gli ambiti del sapere chimico sono: fenomeni chimici (concetti categoriali), leggi e teorie macroscopiche, teorie e modelli microscopici, linguaggio chimico (trasversale). E' nostra convinzione che nella scuola di base si dovrebbe affrontare il primo aspetto all'interno di una impostazione fenomenologica-operativa; nel biennio della sc. secondaria superiore dovrebbe essere possibile affrontare

(*) Il Gruppo di Ricerca Didattica sulle Scienze di Firenze è nato 4 anni fa per progettare e realizzare nella scuola secondaria di I grado percorsi didattici su tematiche delle diverse Scienze sperimentali. E' costituito da 5 docenti di scuola sec. di I grado di varia formazione coordinati dal prof. F. Olmi ed ha al suo attivo la pubblicazione di 3 articoli relativi a percorsi di Chimica e di Scienze della Terra.

i concetti e le teorie della chimica classica... I tre ambiti non possono essere sovrapposti in modo casuale, né è possibile eliminare i primi due, riducendo l'insegnamento alle teorie e ai modelli esplicativi del XX secolo. ... *Nella scuola media si può gradualmente evidenziare la distinzione tra le trasformazioni fisiche e chimiche... [rispettivamente] caratterizzate da conservazione e non conservazione della sostanza* ". Le "Indicazioni per il Curricolo di chimica" proposte dalla Divisione Didattica della Società Chimica Italiana (DD/SCI) a fine 2008 per tutti i livelli scolari preuniversitari (presenti sul sito della Divisione <http://www.didichim.org>) sono molto chiare a livello di scuola sec. di I grado sul punto che ci interessa: "*L'alunno esegue alcune trasformazioni, ne registra gli eventi osservabili e impiega criteri per distinguere a questo livello trasformazioni fisiche e chimiche con riferimento agli aspetti fenomenologici...*". Poiché il concetto di trasformazione, e in particolare di reazione, costituisce dunque uno dei nuclei concettuali fondanti della chimica, ci sembra di notevole importanza *verificare se si può effettivamente ritenerlo acquisibile, almeno ad un primo livello macroscopico e fenomenologico, da parte di allievi di 12-13 anni*. Per questo motivo lo abbiamo nuovamente fatto oggetto di indagine sia teorica che sperimentale (ricerca) mettendo in luce un elemento che finora sembra assente nelle proposte di percorsi per la scuola sec. di I grado: quello del riferimento ad una *modellizzazione macroscopica* per l'acquisizione significativa del concetto stesso. Osserviamo infine che, esaminando le proposte di ricerca e sperimentazione didattica emerse nel nostro Paese, sempre a livello di scuola sec. di I grado, di questi ultimi venti anni, si ricava una duplice tendenza: da un lato si propongono percorsi in cui il concetto viene "sommerso" sotto un gran numero di esperienze sui diversi tipi di sostanze (acidi, basi e sali) ma non emerge con la necessaria autonomia[5], oppure dall'altro si avanzano proposte a nostro avviso velleitarie per questo livello scolastico, ad esempio, dove si fa riferimento a reazioni di ossidazione accompagnate dalla loro rappresentazione microscopica[6]. Entrambe le linee di sviluppo sono caratterizzate dalla mancanza di riferimento alla esigenza di far riferimento ad un *modello interpretativo di tipo macroscopico* (quello microscopico a questo livello è, non solo a nostro avviso, improponibile): da qui la motivazione di questa nuova proposta del gruppo di ricerca didattica GRDSF. Il progetto di percorso sviluppato è stato finalizzato a fornire strumenti per rispondere alle seguenti domande: Cosa si intende dire quando si afferma che una cosa si è trasformata? C'è un solo modo in cui le "cose" si trasformano? Nel caso si tratti di più modalità quali sono i caratteri distintivi di ciascuna? Sarà inizialmente necessario creare un contesto favorevole ad avviare un'indagine sull'argomento cercando di incuriosire gli allievi sul mondo e l'importanza che hanno le trasformazioni.

L'insegnante racconta...

I parte- Siamo immersi in un mondo di trasformazioni

1/3/10 – 1 ora

Ho cercato di creare emozioni e interesse per il soggetto di apprendimento scelto presentando alcune immagini (power point) relative a vari esempi di trasformazioni che possiamo osservare nel mondo che ci circonda (trasformazione di paesaggi sia naturali che antropizzati, metamorfosi di animali, trasformazioni dovute all'azione di lieviti o muffe, metalli fusi che prendono forme diverse, trasformazioni per esposizione a fonti di calore, ed altri esempi). Dopo aver commentato le immagini dando rilevanza all'ambito a cui queste si riferivano, ho proposto agli alunni di cercare di raggrupparle per tipi facendone una prima classificazione. Senza difficoltà siamo pervenuti a questa prima classificazione: trasformazioni della Terra; trasformazioni della natura vivente; trasformazioni della materia (trasformazioni di stato); trasformazioni di "altro tipo". Sul quarto tipo, non riuscendo a trovare un nome adeguato, abbiamo deciso di rimanere nel vago....

Ho fatto poi riferimento al percorso che è partito dalle sostanze per giungere ai miscugli ed ho domandato agli alunni quali tipi di trasformazioni a loro parere riguardavano una o poche sostanze, e quali tipi riguardavano ambiti più generali. La risposta degli allievi è stata: trasformazioni di stato della materia; trasformazioni di "altro tipo". Abbiamo concordato infine che, per continuare il nostro percorso di indagine, era necessario approfondire questi ultimi tipi di trasformazione e tralasciare il resto.

Ho fatto allora riferimento alla trasformazione dell'acqua in vapore acqueo e ho posto la seguente domanda: nella trasformazione da acqua a vapore, l'acqua cambia la propria natura? Come possiamo fare a darci una risposta su basi sperimentali? Gabriele ha risposto: utilizzando la distillazione! Si prende un distillatore si mette l'acqua nel pallone e si raccoglie il distillato. Poi si confrontano le proprietà dell'acqua distillata con quelle dell'acqua iniziale. L'ipotesi andrà verificata e ho concluso che la volta successiva avremmo chiarito in che senso "si confronta" e avremmo messo alla prova la sua idea.

5/3/10 – 1 ora

Fase 1 – L'acqua che cambia stato fisico è sempre acqua?

Abbiamo recuperato le riflessioni della volta precedente e si è chiarito che il "confronto" doveva essere condotto su quelle caratteristiche specifiche che sono distintive di una sostanza come il peso specifico o la temperatura di ebollizione. Poiché è in dotazione alla scuola un solo distillatore l'esperienza è stata condotta dall'insegnante.

Un mondo di trasformazioni... trasformano il mondo

Esperienza 1 – Qual è il peso specifico e la temperatura di ebollizione del liquido raccolto dalla condensazione del vapor d'acqua?

Ho prelevato circa 100 ml di acqua demineralizzata e l'ho posta in una beuta munita di tappo con collo da distillazione. Posta la beuta sulla piastra riscaldante, quando l'acqua inizia a bollire, i vapori entrano nel collo e "ricondensano" in un becker di raccolta. Dopo circa 30 minuti, abbiamo raccolto una quantità sufficiente di ricondensato per eseguire la misura del peso specifico e della temperatura di ebollizione.

Per la misura del peso specifico abbiamo posto sulla bilancia elettronica il cilindro da 10 ml e fatto la tara. Poi abbiamo versato delicatamente all'interno un certo volume del liquido raccolto (5,8 ml) e il peso registrato è stato 5,8 g. Il peso specifico è risultato 1 g/ml. Poi abbiamo prelevato circa 50 ml del liquido ricondensato e abbiamo portato all'ebollizione. La temperatura registrata è stata di circa 100°C.

Dopo la discussione generale si è concluso che : il cambiamento di stato fisico dell'acqua **non ha** cambiato la sua natura. Se estendiamo esperienze di cambiamento di stato (anche diverso dall'ebollizione) ad altre sostanze troviamo sempre lo stesso risultato.

Concettualizzazione: in una trasformazione fisica la natura di un corpo (sostanza) resta inalterata.

Fase 2- Abbiamo studiato e realizzato vari miscugli, ma tutti i "miscugli" si comportano nello stesso modo?

Durante il tempo in cui si ricondensava il liquido, ho preparato una soluzione di solfato di rame e una soluzione di cloruro di sodio e ho fatto osservare agli allievi cosa succede se le due soluzioni vengono mescolate. A parte una diminuzione dell'intensità di colore dovuta al fattore di diluizione non si apprezzano cambiamenti evidenti.

8/3/10 – 1 ora

Riprendendo il discorso della volta precedente ho preparato altre due soluzioni: una di nitrato di piombo e una di ioduro di potassio. Ho mostrato i due sali solidi agli allievi e fatto notare che sono bianchi e ho aggiunto in ciascuno dei due recipienti acqua demineralizzata: abbiamo osservato che i due sali si sciolgono facilmente e che lo ioduro si scioglie più facilmente del nitrato.

Le soluzioni appaiono trasparenti ed incolore.

Esperienza 2- Cosa accade quando si mescola una soluzione di nitrato di piombo e una soluzione di nitrato di potassio?

Mesco le due soluzioni e si forma immediatamente un miscuglio di colore giallo [Fig.1]

Gli alunni osservano la presenza di un solido giallo che genera con il liquido un miscuglio eterogeneo. Il miscuglio non è trasparente. Stimolo a questo punto alcune riflessioni: cosa è accaduto? Quali ipotesi si possono fare per spiegare il fenomeno? Da dove viene il solido giallo? Giulia dice che il solido giallo deve essere nato dall'unione dei due sali bianchi.

Invito allora gli alunni a pensare a *cosa ci può essere ora nel miscuglio ottenuto.*

Il solido giallo si vede. E poi? Nell'acqua può essere sciolto qualcosa? Tenendo presente l'ipotesi di Giulia, formuliamo con i ragazzi le seguenti ipotesi:

- 1) Nell'acqua non c'è nulla.
- 2) Nell'acqua è presente uno dei due sali (quello che all'inizio era in quantità maggiore, come ha detto Davide)
- 3) Nell'acqua c'è una sale diverso dai precedenti, visto che la sostanza gialla prima non c'era.



Fig. 1 -Mescolando la soluzione di ioduro di potassio con quella di nitrato di piombo si forma immediatamente un miscuglio giallo

Come possiamo fare per verificare le ipotesi?

Daniele dice che bisognerebbe far evaporare l'acqua per vedere se c'è sciolto dentro qualcosa. Però non è sicuro che la filtrazione sia sufficiente a separare il liquido dal solido... A questo punto, però, almeno una cosa risulta chiara:

Concettualizzazione- Alcuni miscugli portano alla formazione di sostanze diverse da quelle che si aveva in partenza.

All'inizio dell'ora ho posto alcune domande agli allievi su quanto detto e fatto la volta precedente (circa 20 minuti) e ho mostrato il becker in cui il solido giallo ottenuto era ormai completamente decantato [Fig.2], così da rendere evidente l'efficacia di una filtrazione per separare i componenti.

11/3/10 – 1 ora

Esperienza 3 - (osservazione). Separiamo il miscuglio solido/liquido ottenuto ed indaghiamo la natura della/e sostanza/e ottenuta/e

Dopo aver eseguito una rapida filtrazione del liquido surnatante [Fig.3], ne ho prelevato circa 50 ml e l'ho posto sulla piastra riscaldante [Fig.4]. Nel frattempo chiedo agli allievi di segnare sul proprio quaderno tutte le osservazioni fatte durante l'esperienza e descrivere dettagliatamente le operazioni svolte.

Chiedo anche di riflettere sui nomi delle sostanze che abbiamo utilizzato per fare le soluzioni di partenza....come sono "costruiti" questi nomi? Perché sono l'insieme di due parole? Cerchiamo di fare alcune ipotesi...

Intanto il liquido in ebollizione era quasi giunto a secco...l'insegnante porta a secco la soluzione prendendo con le pinze il recipiente, allontanandolo e avvicinandolo alla piastra per rendere graduale, lenta l'operazione: alla fine si rende evidente la presenza di una sostanza solida che appare un po' giallognola [Fig.5].

Questo colore giallo chiaro, completamente diverso da quello precedentemente ottenuto, mostra che si tratta di una sostanza diversa da quella gialla precedente, ma non siamo in grado di stabilire se possa trattarsi di una di quelle di partenza o una sostanza nuova. Si avanzano le ipotesi che la sfumatura gialla sia caratteristica della sostanza formata oppure sia dovuta alla presenza di una piccola quantità del solido giallo che forse si è sciolto in base alla sua solubilità ed ha "colorato" un solido bianco...intanto suona la campanella, continueremo l'indagine la prossima volta.



Fig. 2 -Il solido giallo decanta sul fondo



Fig. 3 -Un allievo segue la filtrazione del miscuglio



Fig. 4 -Il liquido raccolto dalla filtrazione viene posto su piastra riscaldante



Fig. 5 -La vaporizzazione del liquido rivela che al suo interno era presente una sostanza solida

15/03/10 – 1 ora

Fase 3 – Riflettiamo sulla natura delle sostanze ottenute e ragioniamo per modelli.

Anche oggi alcuni minuti sono stati dedicati a fare “il punto della situazione”.

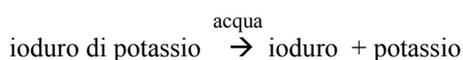
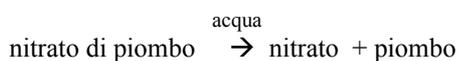
Dopodichè chiedo agli alunni i risultati delle loro riflessioni sui nomi delle sostanze di partenza. Viene fuori la particolarità che ciascuna sostanza da noi impiegata possiede “due nomi nel nome”....sembra che ciascuna sostanza sia costituita dall’unione di due parti distinte.

Propongo allora un possibile *modello* ipotetico per dare un senso a ciò che abbiamo osservato cominciando con alcune premesse:

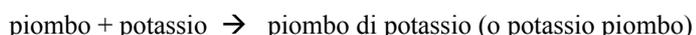
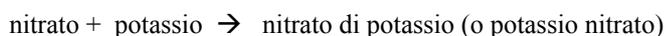
-dalla struttura del loro nome possiamo ragionevolmente immaginare che la prima sostanza sia costituita da una parte chiamata “ioduro” e una chiamata “potassio”. Lo stesso possiamo dire per il nitrato di piombo. Occorre sottolineare che in entrambi i casi *tali “parti” non formano un miscuglio ma costituiscono insieme una sostanza* (che infatti ha un proprio nome)! Cioè si suppone che una sostanza, con le sue caratteristiche specifiche ed invariabili, *possa essere costituita nella sua struttura da parti differenti tra loro.*

- possiamo allora immaginare che, quando tali sostanze formano una soluzione in acqua, esse si suddividano, disperdendosi nell’acqua, in parti così piccole da non essere più visibili (questo spiega la limpidezza delle soluzioni) e possiamo pensare che le parti che le costituiscono siano “libere” di circolare nell’acqua in modo indipendente....

Ricorrendo ad un modello grafico possiamo rappresentare alla lavagna ciò che potrebbe succedere nell’acqua nel modo seguente:



Secondo quanto detto prima, si può ipotizzare allora che, in una eventuale ricombinazione di queste parti, accada che *si formino delle sostanze diverse* da quelle di partenza: sembrerebbero possibili, cioè, varie “ricombinazioni”, come illustra lo schema seguente:



Per comprendere se le nostre ipotesi possono essere ragionevoli, **potremmo consultare** apposite tabelle che i chimici hanno costruito studiando accuratamente tutte le sostanze conosciute. Più semplicemente vi dò la seguente consegna per casa: cercate in rete l'esistenza delle sostanze ipotizzate e scrivete almeno le caratteristiche di stato fisico, colore e solubilità in acqua.

18/03/10 – 1 ora

Dalle revisioni dei lavori fatti a casa è risultato che sostanze dal nome “piombo di potassio” o “potassio di piombo” e “nitrate di ioduro” o “ioduro di nitrate” **non si trovano**: ciò significa che non è possibile ottenerle.

Invece esiste lo ioduro di piombo. Le caratteristiche registrate sono state le seguenti: solido giallo brillante, nocivo per l'ambiente. La solubilità è pari a 0,0016 g/100ml a 25°C: ciò significa che è praticamente insolubile in acqua.

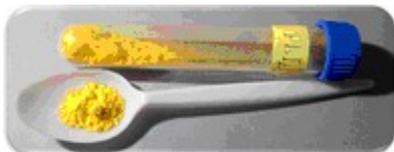


Fig. 6 – L'aspetto dello Ioduro di Piombo

Qualcuno ha trovato in internet quanto abbiamo svolto in classe, una **reazione**, rilevando che dovrebbe formarsi anche il nitrate di potassio. Il nitrate di potassio possiede le seguenti caratteristiche: a temperatura ambiente è un solido cristallino bianco, molto solubile in acqua: la solubilità risulta 13,3 g/100ml a 0°C. È comunemente noto anche con il nome di **salnitro** o **nitro**.

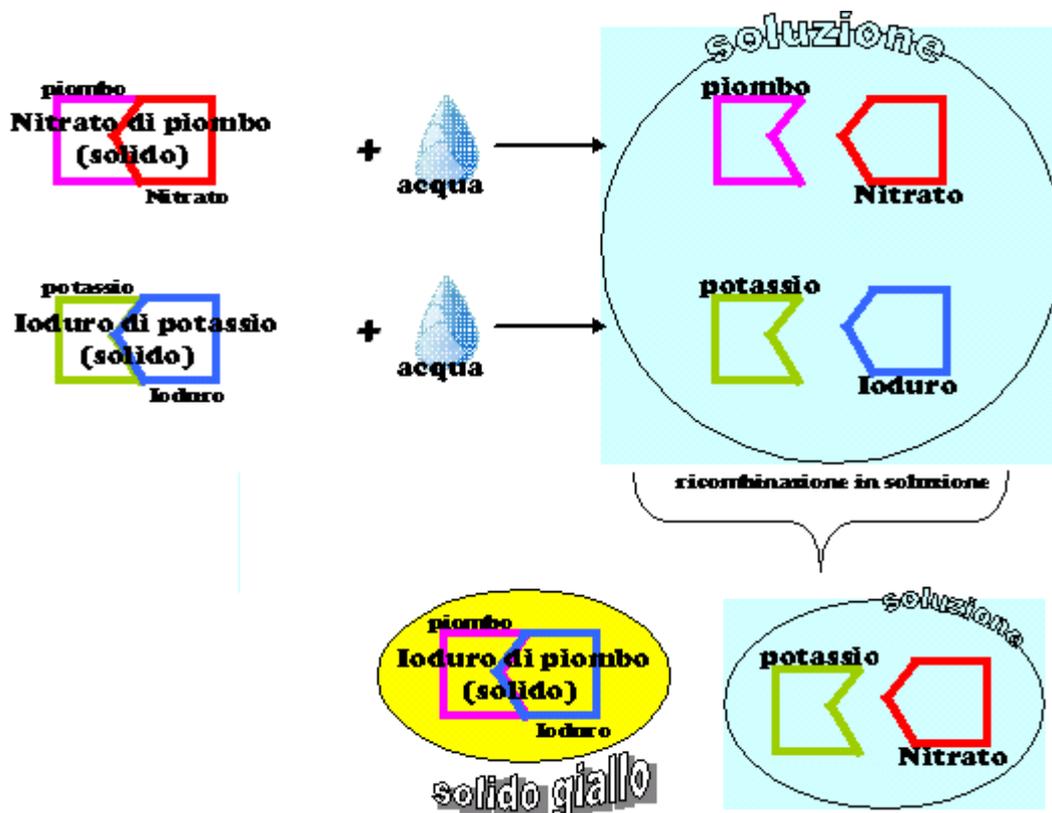
Raccogliamo allora le idee: mescolando nitrate di piombo e ioduro di potassio **si formano solo DUE sostanze diverse**: lo ioduro di piombo, pochissimo solubile (sido giallo che si raccoglie sul fondo) e il nitrate di potassio che, essendo molto SOLUBILE in acqua, resta in soluzione e non lo vediamo. Ma se mandiamo a secco il liquido filtrato dal miscuglio realizzato otteniamo anche il solido bianco nitrate di potassio: il fatto che fosse giallastro si può spiegare con l'essere mescolato a piccolissime quantità di ioduro di piombo, giallo, pochissimo solubile.

Concludendo abbiamo realizzato una **reazione chimica, una trasformazione in cui la natura della/e sostanza/e viene modificata**.

*Concettualizzazione: mescolando alcune sostanze si ottengono altre sostanze diverse da quelle del miscuglio di partenza. Il mescolamento in questo caso dà luogo ad una **trasformazione chimica o reazione**.*

*In altre parole, una trasformazione chimica o reazione è una trasformazione nella natura della materia, cioè porta alla formazione di sostanza/e diversa/e da quella/e di partenza. Le sostanze di partenza si chiamano **reagenti**, le nuove sostanze ottenute **prodotti**.*

Nessuno degli allievi aveva tentato di immaginare un modello macroscopico di spiegazione di quanto accaduto. Ho rappresentato allora alla lavagna con gessetti colorati il seguente schema:



Un mondo di trasformazioni... trasformano il mondo

Alla fine delle nostre ricerche abbiamo potuto concludere che il modello interpretativo si adatta ai dati sperimentali ed è in linea con quanto trovato in "letteratura".

Si può rappresentare una generica reazione chimica in termini di **reagenti** che formano i **prodotti** nel modo seguente:



Per la volta successiva l'insegnante chiede di sistemare il quaderno di laboratorio [Fig. 7] e di pensare a quella freccia...non potrebbe essere rivolta anche al contrario? cioè, i prodotti, una volta formati, potrebbero riformare i reagenti?

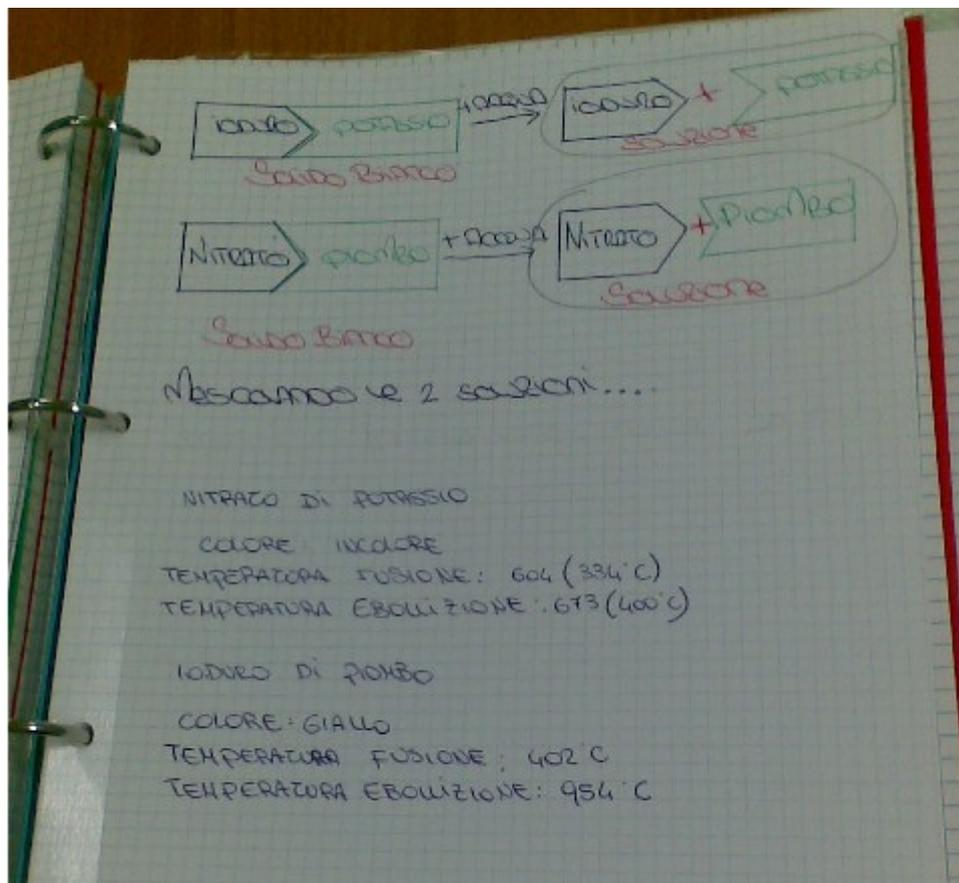


Fig.7- Appunti da un quaderno di lavoro di un allievo

22/03/10 – 1 ora

Fase 4 – Le reazioni avvengono solo in un senso o possono anche avvenire in entrambi i sensi (riottenere, cioè, i reagenti dai precedenti prodotti)?

Esperienza 4 : il cambiamento di colore di una sostanza....

Ci trasferiamo nell'aula di scienze e presento una esperienza per mettere in evidenza la reversibilità delle reazioni chimiche.

Materiali: ammoniaca, fenolftaleina, acido cloridrico diluito.

Pongo dell'acqua demineralizzata in un becker e ne determino approssimativamente il pH mediante un cartina colorimetrica universale: il pH risulta essere leggermente acido.

Poi introduco una punta di fenolftaleina nell'acqua. La soluzione ottenuta risulta incolore. A questo punto, mediante un contagocce prelevo una piccola porzione di ammoniaca diluita e la aggiungo alla soluzione: la soluzione diviene color porpora. Si saggia il pH di nuovo e questo risulta adesso nettamente basico.

Intervistando gli alunni risulta che a parere loro, la fenolftaleina + l'ammoniaca formano una sostanza color porpora.

Allora preparo una nuova soluzione di fenolftaleina e vi aggiungo un paio di gocce di idrossido di sodio. La soluzione diventa di nuovo porpora.

L'insegnante chiede se è ragionevole pensare che una sostanza reagendo con sostanze diverse possa dare la stessa cosa? Cosa c'è in comune nelle due situazioni? Testando di nuovo con la cartina vediamo che anche nel secondo caso il pH è passato da acido a basico.

Concludiamo che è ragionevole pensare che la sostanza rossa sia il frutto del cambiamento del pH.

Vediamo che succede se facciamo ritornare il pH alla situazione di partenza..... Aggiungo alcune gocce di acido cloridrico nelle due soluzioni ed entrambe tornano incolori.

Si conclude che la reazione studiata può manifestarsi in una direzione ma anche in quella inversa, si dice pertanto che la *reazione è reversibile* e si può rappresentare nel modo seguente:



Domando: ma le reazioni sono sempre reversibili? La classe si divide in due: c'è chi sostiene che le reazioni sono sempre reversibili, altri invece sostengono che solo alcune volte si può riottenere i reagenti dai prodotti, ma altre è impossibile, come ad esempio, nella combustione: non possiamo riottenere il legno dalla cenere e dal "fumo"!

Senza entrare nei dettagli su quali siano esattamente i reagenti ed i prodotti di una combustione, appare evidente che si tratti di una reazione chimica, visto che si formano sostanze o miscele di sostanze diverse da quelle di partenza (cenere, fumo, etc...) e che non è possibile (ad esempio raffreddando) ritornare ad avere la carta di partenza: concludiamo che **alcune reazioni sono reversibili ma altre sono irreversibili**

Concettualizzazione. Esistono reazioni reversibili e irreversibili: non sempre una reazione può essere reversibile.

25/03/10 – 1 ora

Fase 5- Quanto sono diffuse e quindi importanti le reazioni chimiche?

Inizio la lezione chiedendo agli alunni di fornire qualche esempio di reazione chimica che possiamo rintracciare nell'esperienza quotidiana. Tutti cercano di intervenire, queste sono state alcune proposte degli alunni:

Formaggio/ muffa: formaggio che forma una muffa

Mela/aria: mela che all'aria forma una patina bruna sulla superficie

Pane/aria: pane con l'aria forma pane indurito

Latte/aria: latte ed aria che formano il latte "accagliato"

Cibo/calore: la cottura di un cibo (ad esempio una torta)

Pasta/lievito: la lievitazione della pasta.

Mosto/vino: il mosto che si trasforma in vino.....

A questo punto è iniziata una discussione guidata per determinare quali delle proposte avanzate fossero da ritenersi corrette, cioè costituissero esempi di reazioni chimiche. Il criterio era quello di *stabilire se la trasformazione portava ad almeno una sostanza diversa da quelle di partenza* (la valutazione non può che essere intuitiva, ipotetica ma ragionevole, giacché è impossibile andare a compiere misure di grandezze su tali insiemi di sostanze...)

Ad esempio: è parso a tutti chiaro che il pane indurito fosse sempre "pane" e pertanto tale proposta è stata scartata. Sulla formazione della muffa abbiamo convenuto che si tratta della formazione di "qualcosa di nuovo"...ma è corretto parlare della muffa come una sostanza? Le muffe furono studiate in prima media tra gli organismi viventi...conveniamo che non si tratta di trasformazioni di sostanze e stabiliamo di classificare questo caso tra le trasformazioni "biologiche".

Anche il latte che si "accaglia" naturalmente non è una semplice trasformazione chimica: senza entrare nei dettagli, abbiamo detto che si tratta di un processo complesso e il coagulo si forma non per presenza di aria ma per azione di particolari sostanze o per acidificazione del latte (cosa che può accadere, specie d'estate, se il latte non viene conservato in frigo).

Sulla cottura della torta c'è stato da discutere. Alcuni ritenevano che si trattasse della stessa torta...altri che la "torta cotta" non fosse la stessa cosa della "torta cruda". Essendo evidente a tutti che la torta costituisce un miscuglio di varie sostanze, non è possibile utilizzare gli strumenti di valutazione adatti al riconoscimento di esse (come peso specifico, ecc...), la cottura porterà alla trasformazione di vari componenti (uovo, latte,...) con formazione di nuove sostanze. Sono state accettate come reazioni anche la lievitazione della pasta: nella lievitazione si deve sviluppare un gas che prima non era presente e fa "rigonfiare" la pasta e forma la mollica; la mela che imbrunisce: a contatto con l'aria qualche sostanza presente nella mela cambia colore...è ragionevole pensare che si tratti di una sostanza nuova e quindi anche questa può essere considerata una reazione.

Ai contributi dei ragazzi aggiungo infine altri esempi:

Schiarimento dei tessuti con candeggina

Schiarimento del the con il limone

Formazione della ruggine sul ferro

L'acqua ossigenata che schiarisce i capelli

Il marmo (carbonato di calcio) a contatto con acidi dà effervescenza (sviluppa un gas)

.....

Come si può osservare il mondo delle reazioni...è molto vasto!

L'insegnante propone di pensare quali degli esempi fatti avessero carattere di reversibilità.

Un mondo di trasformazioni... trasformano il mondo

Solo l'esempio del the con il limone, per affinità con l'esperienza della fenolftaleina, è stato ritenuto rappresentare una trasformazione reversibile.

Concettualizzazione: esistono tantissime reazioni e molte di esse hanno grande importanza per la nostra vita e le attività umane

29/03/10 – 1 ora

Fase 6- Le reazioni avvengono tutte alla stessa velocità?

Inizio la lezione chiedendo agli alunni se, secondo loro, le reazioni avvengono tutte ad una stessa velocità. E' un coro di no e qualcuno suggerisce la velocità dello scoppio di un petardo, i fuochi d'artificio, altri il lento arrugginimento della ringhiera del terrazzo in ferro,...Se ne conclude che differenti reazioni avvengono a differenti velocità. Allora chiedo: ma fissata la natura dei reagenti una reazione chimica può avvenire a velocità differenti? Dopo un po' di smarrimento nessuno se la sente di intervenire.

Proseguo: vediamo allora se questo è possibile e se sì da cosa dipende la velocità di reazione più o meno elevata.

Esperienza 5 – Realizziamo (osserviamo) una interessante reazione “colorata”

Dopo aver raccomandato di registrare tutto quello che si osserva, preparo in due becker due soluzioni identiche di acido ossalico (circa 0,1 M) e aggiungo in ciascuna lentamente e con attenzione 2 ml di acido solforico goccia a goccia. In uno dei becker precedenti introduco 5 ml di permanganato di potassio diluito (di colore intensamente violetto) preparato in precedenza (anche questo circa 0,1 M) lasciando a temperatura ambiente. In questo istante un allievo fa partire un cronometro. La soluzione appare color rosso violaceo.

Prendo successivamente il becker con l'altra soluzione di acido ossalico e la pongo per qualche minuto sulla piastra riscaldante introducendo all'interno un termometro. Quando la soluzione raggiunge una temperatura di circa 50°C, la tolgo dalla piastra ed aggiungo anche a questo 5 ml di soluzione di permanganato mentre un altro allievo fa partire un altro cronometro. Si osserva che la soluzione rosso-violaceo si decolora questa volta immediatamente (cronometrati 5 secondi).

Frattanto l'altro cronometro misura circa 8 minuti dall'inizio della reazione a temperatura ambiente quando la soluzione inizia a decolorarsi. Dopo circa 35 minuti la soluzione a temperatura ambiente è quasi incolore.

L'insegnante spiega che la sostanza permanganato (rosso-violetta) in presenza di acido ossalico in un ambiente molto acido si trasforma in un'altra sostanza che non è colorata.

Questa esperienza mette in evidenza che *umentando la temperatura dell'ambiente di reazione la velocità di trasformazione risulta maggiore. In altre parole, una stessa reazione può avvenire a velocità diverse a seconda della temperatura.*

Prima del suono della campanella c'è ancora tempo per mettere a contatto lo zinco con acido cloridrico in tre situazioni differenti. Avevo preparato in precedenza tre becker: in un primo becker era stata introdotta una sbarretta di zinco, in un secondo becker dello zinco in trucioli, nel terzo becker polvere di zinco. Quando si introduce una stessa quantità di acido cloridrico (circa 1 M) nei tre recipienti, si evidenzia una differente vivacità nell'effervescenza (emissione di gas idrogeno) che manifesta *differenti velocità di reazione*. Cosa cambia nei tre casi? Gli alunni hanno avuto difficoltà di interpretazione...

Spiego allora che *più la sbarretta viene frammentata e maggiore sarà la superficie che il materiale espone all'aria.*

Poiché inizialmente ciò sembrava non fosse compreso dagli alunni, ho preso un gessetto e ho fatto osservare quale sia la sua superficie esterna. Poi ho spezzato il gessetto in due parti mettendo in evidenza le superfici che vanno ad aggiungersi, e così via...

La lezione termina mettendo bene in evidenza che due sostanze possono reagire solo se i reagenti entrano in contatto tra loro...e quanto maggiormente possono farlo, tanto più velocemente avverrà la reazione. Ad esempio, affinché qualcosa possa bruciare dovremo far sì che la sua superficie all'aria sia la più ampia possibile: per accendere un caminetto non partiamo da un tronco di legno (!) ma con rametti e frasche piccole....

Concettualizzazione: una stessa reazione può avvenire a velocità diverse a seconda della temperatura e della superficie di contatto tra i reagenti

8/04/10 – 1 ora

Fase 7- Le reazioni comportano variazioni di energia?

In questa lezione ci proponiamo di mettere in evidenza che nelle trasformazioni chimiche c'è sempre in gioco energia, ad esempio del calore. Poiché intendevo evitare reazioni con reagenti pericolosi, ho cercato su internet qualche suggerimento e ho trovato su alcuni video che girano su “you tube” [7] l'esperienza del “dentifricio dell'elefante” che, oltre ad essere particolarmente spettacolare, permette di rilevare incrementi di temperatura molto significativi tra reagenti e prodotti.

Esperienza 6- Prepariamo un dentifricio..... per un elefante!!!

In un cilindro graduato di plastica da 500 ml posto sopra un foglio di carta plastificata da un lato (di almeno 40x50 cm), verso circa 70 ml di soluzione saponosa (si può impiegare shampoo, detersivo per piatti e simili) e 80-100 ml di acqua ossigenata. Si mescola con un normale termometro da laboratorio e si aggiunge una soluzione (circa 10 ml) contenente 1 grammo di ioduro di potassio. Immediatamente, ed in modo molto spettacolare, si genera una grande quantità di schiuma che fuoriesce dal cilindro [Figg 8,9]. Si vede anche comparire del fumo. Inserendo nella schiuma il termometro si registrano temperature fino a 70-80°C. Possiamo concludere che da questa trasformazione si è generata una quantità di calore non trascurabile!

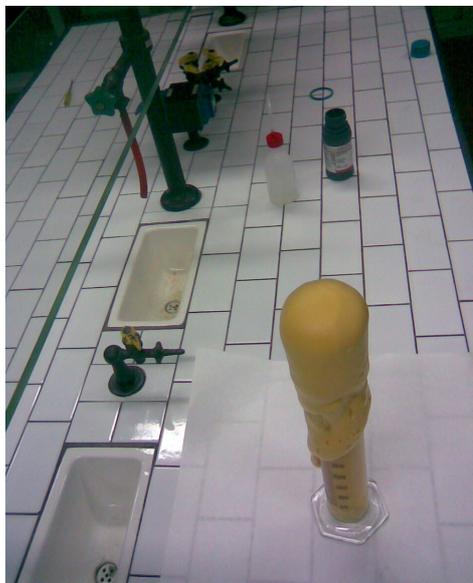


Fig. 8



Fig.9

Sviluppo della reazione del “dentifricio dell’elefante”

L’insegnante spiega agli allievi che la schiuma deriva dal fatto che l’acqua ossigenata, reagendo, si trasforma in acqua e ossigeno. La schiuma pertanto contiene ossigeno come si può evidenziare avvicinando alla schiuma uno stecchino con la punta incandescente e verificare il ravvivarsi della fiamma!

Prima di terminare la lezione c’è il tempo per approfondire l’argomento facendo riferimento a quei fenomeni che utilizzano l’energia in gioco delle reazioni con intenti distruttivi (bombe, polveri da sparo) o di produzioni di energia (centrali termiche che bruciano carbone, olio combustibile o gas metano...).

Concettualizzazione- Una reazione in quanto tale o emette o assorbe energia. Talvolta la quantità di energia emessa, ad esempio termica, è talmente rilevante che questa rappresenta il “prodotto” principale della reazione stessa e viene impiegata su larga scala per usi domestici e/o industriali (ad esempio la combustione del metano nelle cucine a gas e in molte centrali termiche, la combustione della benzina nelle nostre automobili, ecc.)

Risultati

Sono stati impiegati diversi strumenti di verifica (controllo della comprensione di quanto sviluppato ad ogni lezione, controllo in itinere dei quaderni di lavoro degli allievi e verifica finale con questionario a domande aperte). La sperimentazione è stata sviluppata in 2 classi: qui riportiamo i risultati ottenuti in una seconda media. I risultati ottenuti hanno ancora una volta mostrato che, operando con metodi costruttivisti e facendo ricorso ad una costante sperimentazione, l’acquisizione dei concetti raggiunge buoni livelli, migliori di quelli raggiunti in genere affrontando le discipline con metodi tradizionali.

I quaderni di lavoro hanno mostrato che la maggioranza degli allievi (80-85%) aveva afferrato i concetti affrontati descrivendo le varie situazioni in un linguaggio sufficientemente corretto. I risultati della prova di verifica finale (questionario: vedi appendice) sono stati i seguenti:

voto	frequenza
10	quattro
9	due
8	sei
7	due
6	otto
5	tre

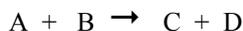
Un mondo di trasformazioni... trasformano il mondo

Come si osserva i risultati sono stati più che positivi: l'88% degli allievi ha riportato una votazione sufficiente (32%) o più che sufficiente (56%). Gli insufficienti sono stati il 12%.

Appendice

Questionario di verifica – (1 ora)

- 1) Cosa è una trasformazione chimica?
- 2) Fai almeno due esempi di trasformazioni fisiche e altrettanti di trasformazioni chimiche.
- 3) L'effettuazione di un miscuglio può condurre ad un nuovo miscuglio più complesso oppure ad una reazione chimica: limitandoci a livello dell'osservazione, quali sono i criteri da seguire per riconoscere se siamo nel primo o nel secondo caso?
- 4) Secondo quanto abbiamo studiato, quando si scioglie del sale in acqua si effettua una reazione chimica? Spiega.
- 5) Geppetto brucia un ceppo di legno di 1 kg in un caminetto; Pinocchio brucia lo stesso ceppo di 1 kg dello stesso legno, ma ridotto in segatura. Nei due caminetti il legno brucia completamente nello stesso tempo? Rispondi e spiega da quali altri fattori dipende la velocità di una reazione chimica.
- 6) Leggi attentamente questo elenco di reazioni, alcune sono reversibili altre praticamente irreversibili: precisalo accanto a ciascun tipo
 - a) combustione di una candela.....
 - b) variazione del pH di una soluzione in presenza di un indicatore come la fenolftaleina...
 - c) cottura di un uovo all'occhio di bue.....
- 7) Secondo quanto spiegato, cosa è il pH? Come si stabilisce il valore del pH?
- 8) Fai almeno 2 esempi di soluzioni acide e due esempi di soluzioni basiche che incontriamo frequentemente nella vita quotidiana.
- 9) Qual è la differenza tra le due reazioni chimiche schematizzate sotto? Spiega



- 10) Ripensa all'esperienza di laboratorio in cui abbiamo ottenuto lo ioduro di piombo... Come abbiamo fatto a stabilire che si trattava effettivamente di ioduro di piombo e che ciò che avevamo fatto era una reazione chimica?
- 11) Quale importanza hanno nella nostra vita quotidiana le reazioni che danno come "prodotto" grandi quantità di energia? Fai almeno due esempi e indica almeno alcuni modi in cui questa energia viene utilizzata.
- 12) Descrivi l'esperienza di laboratorio in cui è stata utilizzata la fenolftaleina. Questa esperienza mette in evidenza una caratteristica di alcune reazioni chimiche. Quale? Spiega.

Bibliografia

- [1] F. Olmi, G.Cosenza, A.Pezzini- Di cosa son fatte le cose- CnS-La Chimica nella Scuola a.XXX,n.4/2008, pp.62-84
- [2] ISS – Piano Nazionale Insegnare Scienze Sperimentali- E' al terzo anno della sua attività e con il 2009/2010 sono stati accreditati i tutor che hanno operato nei presidi lavorando nelle loro classi e con colleghi nella formazione tra pari.
- [3] P.Riani- Analisi dello sviluppo del concetto di trasformazione nel periodo della scuola elementare", CnS-La Chimica nella Scuola, n.2/2002, p.48; P.Riani- Il concetto di trasformazione- CnS-La Chimica nella Scuola- n.4/2008, p. 130
- [4] C.Fiorentini, E.Roletto-Ipotesi per il curriculum di chimica- CnS La Chimica nella scuola-5/2000, p.158
- [5] C.Fiorentini- Percorso didattico su tre classi fondamentali di sostanze: gli acidi, le sostanze basiche e i sali, L'insegnamento delle scienze verso il curriculum verticale- vol.I –I fenomeni chimico-fisici-IRRSAE Abruzzo, p.156
- [6] T.Pera- Trasformazioni 1- Un percorso tra pari- Una verticalità possibile – Piano ISS, I Seminario Nazionale, Napoli, Nov. Dic.2006 (Scuola sec. di I grado pp.195-197)
- [7] http://www.chimica.unipd.it/chimica-non-magia/exp_ildentificiodellelefante.htm

Il Direttore ed il CdR di CnS-La Chimica nella Scuola per celebrare i 150 anni dell'unità d'Italia saranno lieti di pubblicare articoli segnalati dai lettori, anche già pubblicati sulla stampa quotidiana – come è il caso di quello che segue-, sempre nel rispetto della volontà dell'Autore.

All'inizio del mese di settembre dell'anno 1860 a Karlsruhe, in Germania, il siciliano Stanislao Cannizzaro riesce a far accettare alla comunità mondiale dei chimici quell'idea di netta distinzione tra atomo e molecola che il piemontese Amedeo Avogadro, conte di Quaregna e Cerreto, aveva proposto, inascoltato, oltre mezzo secolo prima.

Forse è solo un caso che questo consacrazione internazionale della chimica italiana sia avvenuta pochi mesi prima della proclamazione dell'Unità d'Italia (17 marzo 1861). Ma se leggete il libro "Reazioni tricolori. Aspetti della chimica italiana nell'età del Risorgimento" che Marco Ciardi, storico della scienza e della tecnica presso l'Università di Bologna, ha di recente pubblicato con l'editore Franco Angeli (pagg. 200; euro 23,00), vi accorgete che i chimici della penisola non sono stati affatto estranei al processo culturale e politico che ha portato alla unificazione del paese.

Lo sono stati in termini culturali. Come dimostra la partecipazione fondamentale dei chimici della penisola alla "Riunione degli scienziati italiani" che si è tenuta a Pisa nel 1839 e alle altre che l'hanno seguita. Riunioni nelle quali gli scienziati della penisola non solo si propongono di costruire una comunità scientifica italiana, ma iniziano a porre l'idea stessa di un'unità politica del paese. L'idea riguarda specificamente i chimici. «È proprio indispensabile che teniamo un congresso chimico, Piria, tu e io, perché vi sia unità nell'insegnamento della chimica italiana», scrive il chimico toscano Cesare Bertagnini, protagonista delle guerre d'Indipendenza, veterano della battaglia di Curtatone e Montanara, all'amico, patriota e collega Stanislao Cannizzaro il 18 aprile 1856.

La cultura chimica ha, in tutti gli anni del Risorgimento, una profonda influenza sul resto della cultura italiana. Ne sono intrisi e consapevoli poeti e scrittori: primo fra tutti Giacomo Leopardi, ma anche, come documenta Marco Ciardi, Silvio Pellico e il savoiano Xavier de Maistre, che diventerà generale dell'esercito russo durante le guerre napoleoniche e sarà ricercatore in prima persona. Ma anche un filosofo della politica, come Carlo Cattaneo, interessato ai problemi della nomenclatura chimica.

Ma i chimici partecipano in prima persona anche alle vicende politiche e, come abbiamo accennato, militari del Risorgimento. «L'Italia ha avuto nel corrente anno la maggior crisi, e speriamo che questa sortirà la sua indipendenza», scriveva nel 1848 il chimico Gianaleandro Majocchi, fondatore degli Annali di Fisica, Chimica e Matematica, riparato dalla Lombardia in Piemonte per le sue attività da patriota.

Come scrive Marco Ciardi: «Nel corso dell'età del Risorgimento i chimici svolsero un ruolo di primo piano nella formazione della comunità scientifica italiana, non soltanto per l'importanza della loro ricerca, ma anche per l'impegno in campo politico e istituzionale. Infatti, oltre a produrre contributi teorici di eccezionale livello, e notevoli lavori sperimentali, i chimici italiani furono spesso impegnati in prima linea, dai moti rivoluzionari alle guerre d'Indipendenza».

I chimici hanno dunque avuto un ruolo non marginale nelle vicende che hanno portato all'Unità d'Italia. Ma questo spalanca ad alcune domande, che sembrano temi per specialisti. Invece sono di interesse generale e attuale. Come mai del ruolo della scienza e degli scienziati nella formazione dell'Italia unita nessuno, fuori dal contesto specialistico, parla? Di più: come mai la storia della scienza e degli scienziati italiani non è considerata parte della storia del Risorgimento?

La risposta è che si tratta, probabilmente, di una forma di damnatio memoriae. Viene disconosciuto il ruolo che la chimica e la scienza più in generale hanno avuto nella costruzione dell'Unità d'Italia, perché il ruolo della scienza è disconosciuto nell'Italia di oggi. Pochi si rendono conto che il modello di «sviluppo senza ricerca» perseguito da alcuni decenni – non da sempre, non da tutti – nel nostro paese ci sta rapidamente portando a un «declino senza ricerca». Molti preferiscono dimenticare un grande passato, per giustificare un mediocre presente.

Tratto da L'Unità del 10 gennaio 2011

<http://www.unita.it/scienza/recensioni/chimica-politica-e-unita-d-italia-1.265086>

Grado di avanzamento: un concetto generale per definire stechiometria, grandezze termodinamiche e velocità di una reazione chimica

Giuliano Moretti

Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Piazzale A. Moro 5, 00185 Roma
(giuliano.moretti@uniroma1.it)

Riassunto

Il concetto di "grado di avanzamento di una reazione" fu introdotto nel 1920 da De Donder, e usato sistematicamente dalla Scuola Termodinamica di Brussels. Questo concetto è utile per descrivere una reazione chimica nel modo più generale possibile ma nonostante ciò viene introdotto nel curriculum degli studi chimici con il corso di Chimica Fisica I con Laboratorio del II anno. L'obiettivo del presente lavoro è quello di presentare argomenti in favore dell'introduzione di questo concetto fondamentale nel corso di Chimica Generale del I anno.

Abstract

The concept of "extend of reaction" was introduced in 1920 by De Donder and was used systematically by the Brussels School of Thermodynamics. This concept is useful to describe a chemical reaction in a general way but nevertheless until now it has been introduced in the chemistry curriculum only starting from the course Physical Chemistry I with Laboratory in the second year. The purpose of the present contribution is to make a move toward the introduction of this fundamental concept in the General Chemistry course of the first year.

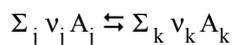
1. Introduzione

Il concetto di "grado di avanzamento di una reazione" fu introdotto nel 1920 da De Donder, e usato sistematicamente dalla Scuola Termodinamica di Brussels [1]. L'uso del concetto di grado di avanzamento è raccomandato dalla International Union of Pure and Applied Chemistry [2]. Questo concetto è utile per descrivere una reazione chimica nel modo più generale possibile; nonostante ciò viene introdotto nel curriculum del corso di laurea in Scienze Chimiche solo con lo studio della Termodinamica Chimica nei corsi di Chimica Fisica [3].

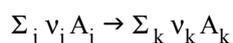
Col presente lavoro desidero far vedere attraverso semplici elaborazioni come il concetto di grado di avanzamento di una reazione è collegato alle leggi delle proporzioni definite e delle proporzioni multiple, e quindi alla base di tutti i calcoli stechiometrici, alla rapidità di variazione dei potenziali termodinamici nelle reazioni chimiche, ed alla definizione IUPAC di velocità di una reazione chimica [4]. Il suggerimento di introdurre nei primi corsi di Chimica Generale il concetto di grado di avanzamento di una reazione è rimasto inascoltato sin dal 1974, quando John F. Garst pubblicò sul Journal of Chemical Education il saggio dal titolo "The Extent of Reaction as a Unifying Basis for Stoichiometry in Elementary Chemistry" [5]. Il presente contributo potrebbe stimolare i docenti universitari a valutare l'ipotesi di adottare finalmente tale concetto già al livello dell'insegnamento introduttivo di Chimica Generale per il corso di laurea in Scienze Chimiche.

2. Aspetti stechiometrici

Possiamo rappresentare una qualsiasi reazione chimica con il seguente formalismo



oppure



Le specie chimiche A_j e A_k rappresentano i reagenti ($j = 1, 2, \dots$) ed i prodotti ($k = 1, 2, \dots$) che, rispettivamente, scompaiono e si formano nella reazione chimica. Le quantità secondo cui le specie reagiscono sono date dai coefficienti stechiometrici: quando ν_j moli del reagente j -esimo reagiscono, e quindi scompaiono, si formano ν_k moli di prodotto k -esimo.

Quando per mettere in relazione reagenti e prodotti usiamo il simbolo \rightleftharpoons vogliamo rendere esplicito il fatto che alla fine della reazione, in determinate condizioni sperimentali, possono ancora essere presenti i reagenti, ovviamente in quantità inferiori rispetto alle quantità iniziali ($t = 0$). In questo caso diciamo che tra le specie si è stabilito un equilibrio chimico. In alternativa quando reagenti e prodotti sono collegati dal simbolo \rightarrow vogliamo rendere esplicito il fatto che alla fine

della reazione, in determinate condizioni sperimentali, non rimangono quantità misurabili dei reagenti. Chiaramente ciò vale per tutti i reagenti solo se questi sono mescolati secondo i rapporti molari espressi dai coefficienti stechiometrici v_j ($j = 1, 2, \dots$). In generale alcuni reagenti potrebbero essere in eccesso e rimanere inalterati alla fine della reazione. I reagenti le cui quantità in moli si annullano, determinando così la fine della reazione, vengono detti *reagenti limitanti*.

Per descrivere quantitativamente una reazione chimica conviene utilizzare il linguaggio matematico. A questo scopo definiamo il *grado di avanzamento della reazione*, ξ , al tempo t misurato dal momento in cui inizia la reazione, con la seguente equazione generale:

$$n_i = n_i^0 + v_i \xi$$

Il grado di avanzamento è ovviamente una grandezza estensiva. Se consideriamo le concentrazioni delle specie chimiche definiamo il grado di avanzamento per unità di volume, una grandezza intensiva:

$$c_i = c_i^0 + v_i \xi_v$$

Considerando la specie i -esima come reagente limitante (*vedi infra*), il valore massimo del grado di avanzamento nel caso di reazioni irreversibili ($n_i \rightarrow 0$, $c_i \rightarrow 0$) vale

$$\begin{aligned} \xi &= -n_i^0/v_i \\ \xi_v &= -c_i^0/v_i \end{aligned}$$

Assumendo una composizione stechiometrica dei reagenti il calcolo del grado di avanzamento della reazione dà ovviamente lo stesso valore a prescindere dal reagente considerato.

Nel caso di reazioni limitate dall'equilibrio chimico possiamo scrivere

$$\xi_v = (c_i^{eq} - c_i^0)/v_i$$

Per ogni specie chimica i -esima (reagenti e prodotti) n_i rappresenta le moli presenti nel sistema di reazione al tempo t , n_i^0 sono le moli iniziali ($t = 0$), e v_i è il coefficiente stechiometrico con cui la specie compare nell'equazione chimica bilanciata. E' naturale definire $v_i > 0$ per i prodotti e $v_i < 0$ per i reagenti e riconoscere che l'equazione con cui abbiamo introdotto il grado di avanzamento della reazione rappresenta il bilancio delle moli per ogni specie coinvolta nella reazione chimica.

Dopo che la reazione al livello microscopico degli atomi e delle molecole si è ripetuta, *così come viene scritta*, per un numero di volte pari alla costante di Avogadro, diciamo che il grado di avanzamento della reazione vale $\xi = 1 \text{ mol}_{\text{rxn}}$.

Nel tempo necessario per raggiungere questo valore le moli dei reagenti sono diminuite della quantità v_j ($j = 1, 2, \dots$) e le moli dei prodotti sono aumentate di v_k ($k = 1, 2, \dots$).

Il grado di avanzamento ξ si esprime in moli (mol_{rxn}) ed è sempre ≥ 0 , infatti $(n_i - n_i^0)/v_i \geq 0$; esso dipende dal tempo e raggiunge un valore massimo sia per le reazioni che raggiungono l'equilibrio chimico, sia per le reazioni chimiche irreversibili (limitate solo dalle quantità dei reagenti). I coefficienti stechiometrici sono quantità adimensionali essendo $v_i = [(n_i - n_i^0)/\xi] = \partial n_i / \partial \xi$, cioè rappresentano le moli di specie reattiva che scompare (reagente) o si forma (prodotto) per mole di grado di avanzamento della reazione ($\text{mol}/\text{mol}_{\text{rxn}}$).

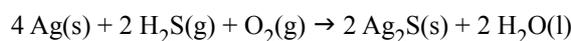
In una reazione chimica la seguente relazione stechiometrica generale tra due reagenti, $j = 1$ e $j = 2$, viene comunemente applicata nei problemi stechiometrici

$$\begin{aligned} (n_1 - n_1^0)/v_1 &= (n_2 - n_2^0)/v_2 \\ \Delta n_1 &= (v_1/v_2) \Delta n_2 \end{aligned}$$

Questa equazione è una diretta conseguenza del fatto che in una reazione chimica le quantità dei reagenti che si trasformano nei prodotti è determinato dal grado di avanzamento della reazione ξ .

Abbiamo quindi un semplice criterio per stabilire se in una reazione chimica è presente un reagente limitante. Infatti il *reagente limitante* per $n_j \rightarrow 0$ presenta il valore minimo per grado di avanzamento della reazione dato da $\xi \rightarrow -n_j^0/v_j$.

Come prima applicazione consideriamo la seguente reazione [6]



determiniamo il reagente limitante nella reazione di 0.950 g di Ag (0.00881 mol), con 0.140 g di H_2S (0.00411 mol) e 0.0800 g di O_2 (0.00250 mol), e calcoliamo le quantità di Ag_2S e di H_2O che si formano. Si noti che il metodo risoluti-

Grado di avanzamento

vo basato sul concetto di grado di avanzamento della reazione è notevolmente più semplice e diretto rispetto a tutti quelli fino ad oggi proposti [vedi Rif.6 e riferimenti ivi citati].

Calcoliamo le quantità $-n_j^0/v_j$ per tutti i reagenti

$$-(n_{\text{H}_2\text{S}}^0 / v_{\text{H}_2\text{S}}) = 0.00206 \text{ mol}_{\text{rxn}}$$

$$-(n_{\text{Ag}}^0 / v_{\text{Ag}}) = 0.00220 \text{ mol}_{\text{rxn}}$$

$$-(n_{\text{O}_2}^0 / v_{\text{O}_2}) = 0.00250 \text{ mol}_{\text{rxn}}$$

i differenti valori indicano che i reagenti non sono in rapporto stechiometrico ed il valore minimo $0.00206 \text{ mol}_{\text{rxn}}$ indica che H_2S è il reagente limitante.

Il grado di avanzamento della reazione vale quindi

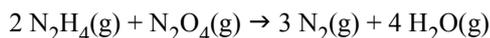
$$\xi = -n_{\text{H}_2\text{S}}^0/v_{\text{H}_2\text{S}} = 0.00206 \text{ mol}_{\text{rxn}}$$

da cui otteniamo le quantità dei prodotti richieste:

$$n_{\text{Ag}_2\text{S}} = 2\xi = 2 \times 0.00206 = 0.00412 \text{ mol pari a } 1.02 \text{ g di } \text{Ag}_2\text{S}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 2\xi = 2 \times 0.00206 = 0.00412 \text{ mol pari a } 0.0742 \text{ g di } \text{H}_2\text{O}.$$

Come seconda applicazione consideriamo la seguente equazione [5]



e determiniamo il reagente limitante nella reazione di 10.0 g di N_2H_4 (0.3121 mol) con 10.0 g di N_2O_4 (0.1087 mol).

Calcoliamo le quantità $-n_j^0/v_j$ per i reagenti

$$-(n_{\text{N}_2\text{H}_4}^0 / v_{\text{N}_2\text{H}_4}) = 0.1561 \text{ mol}_{\text{rxn}}$$

$$-(n_{\text{N}_2\text{O}_4}^0 / v_{\text{N}_2\text{O}_4}) = 0.1087 \text{ mol}_{\text{rxn}}$$

Il reagente limitante è N_2O_4 ed il grado di avanzamento della reazione vale $\xi = 0.1087 \text{ mol}_{\text{rxn}}$.

Le quantità delle specie presenti alla fine della reazione sono

$$n_{\text{N}_2\text{O}_4} = 0$$

$$n_{\text{N}_2\text{H}_4} = 0.3121 - 2 \times 0.1087 = 0.0947 \text{ mol (} 3.03 \text{ g)}$$

$$n_{\text{N}_2} = 3 \times 0.1087 = 0.3261 \text{ mol (} 9.14 \text{ g)}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 4 \times 0.1087 = 0.4348 \text{ mol (} 7.83 \text{ g)}.$$

Oltre ad aver migliorato l'approccio di Garst nell'esempio stechiometrico sopra riportato [5], correggiamo un errore nel quale egli è incorso applicando il concetto di grado di avanzamento di una reazione allo studio di equilibri chimici in soluzione acquosa.

Consideriamo 1 L della seguente soluzione preparata aggiungendo 0.100 mol di AcONa e 0.100 mol di AcOH

A tale soluzione si aggiungono successivamente 0.010 mol di NaOH . Qual è il pH prima e dopo l'aggiunta di NaOH ?

L'approccio risolutivo basato sul grado di avanzamento della reazione prevede la definizione delle reazioni in soluzione:



Considerando il grado di avanzamento della reazione per unità di volume, ξ_v , possiamo scrivere le seguenti equazioni valide prima dell'aggiunta di idrossido di sodio

$$[\text{AcOH}] = 0.100 - \xi_{v2}; [\text{AcO}^-] = 0.100 + \xi_{v2}$$

$$[\text{H}^+] = \xi_{v2} + \xi_{v3}; [\text{OH}^-] = \xi_{v3}$$

Considerando $K_{a2} = 1.8 \times 10^{-5}$; $K_{w3} = 1 \times 10^{-14}$; $\xi_{v3} \ll \xi_{v2} \ll 0.100 \text{ molL}^{-1}$ otteniamo

$$K_{a2} = 1.8 \times 10^{-5} = 0.100 \times \xi_{v2} / 0.100$$

$$[\text{H}^+] = 1.8 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}; \text{pH} = 4.74.$$

Dopo l'aggiunta di idrossido di sodio

$$[\text{AcOH}] = 0.100 - \xi_{v5}$$

$$[\text{AcO}^-] = 0.100 + \xi_{v5}$$

$$[\text{H}^+] = \xi_{v2} + \xi_{v3}$$

$$[\text{OH}^-] = \xi_{v3} \text{ (e non } [\text{OH}^-] = 0.010 + \xi_{v3} \text{ come riportato nel Rif.5)}$$

$$\xi_{v3} \ll \xi_{v2}$$

$$\xi_{v4} = \xi_{v5} = 0.010 \text{ molL}^{-1}$$

Da cui si calcola facilmente

$$K_{a2} = 1.8 \times 10^{-5} = 0.110 \times \xi_{v2} / 0.090$$

$$[\text{H}^+] = 1.5 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}; \text{pH} = 4.82.$$

Si dimostra facilmente che tale approccio è equivalente all'approccio basato sul bilancio delle moli ed il bilancio delle cariche nella soluzione.

(Per i calcoli stechiometrici è sempre corretto usare la quantità di sostanza espressa in moli, in accordo con il sistema SI. Nel passato veniva di preferenza utilizzato il concetto di equivalente. La massa equivalente di una sostanza, anche nota come massa di combinazione, era – e forse in parte ancora lo è - di uso comune per un chimico analitico. Secondo questo approccio le sostanze reagiscono secondo uno stesso numero di equivalenti e non risulta necessario scrivere e bilanciare la reazione chimica.

Vediamo come possiamo razionalizzare tale approccio alla luce del concetto di grado di avanzamento della reazione. Partiamo dall'equazione

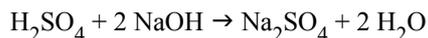
$$\Delta n_i = (v_i/v_j) \Delta n_j$$

che esplicitando il numero delle moli della specie chimica possiamo scrivere

$$\Delta[m_i / (M_i / v_j)] = \Delta[m_j / (M_j / v_i)]$$

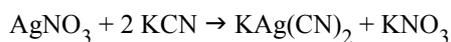
Interpretando l'uguaglianza come uguaglianza tra gli equivalenti chimici che hanno reagito vediamo che M_i / v_j rappresenta la massa equivalente della sostanza i-esima e M_j / v_i la massa equivalente della sostanza j-esima. Il coefficiente stechiometrico v_j (v_i) rappresenta, in questo caso, il numero di equivalenti della specie i-esima (j-esima) per mole di specie i-esima (j-esima).

Per la reazione acido-base



abbiamo che 2 equivalenti di acido solforico reagiscono con 2 equivalenti di idrossido di sodio.

Per la reazione di complessazione



$$\Delta[m_{\text{AgNO}_3} / (M_{\text{AgNO}_3} / 2)] = \Delta[m_{\text{KCN}} / M_{\text{KCN}}]$$

la massa equivalente di AgNO_3 vale $M_{\text{AgNO}_3} / 2$.

Grado di avanzamento

Per completezza riportiamo anche il grado di avanzamento di una reazione espresso in equivalenti. Esso si ottiene dall'equazione che definisce il grado di avanzamento moltiplicando entrambi i membri per v_j :

$$v_j n_i = v_j n_i^0 + v_j v_i \xi$$

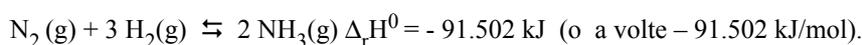
Per quanto riportato sopra possiamo scrivere

$$eq_i = eq_i^0 + \xi'$$

dove $\xi' = v_j v_i \xi$ rappresenta il grado di avanzamento della reazione in equivalenti di reazione. "Dimensionalmente" il prodotto vale equivalenti di reazione, infatti $(eq_i/mol_i)(mol_i/mol_{rxn})mol_{rxn} \equiv eq_i \equiv eq_{rxn}$. *L'autore sconsiglia vivamente l'uso degli equivalenti; in accordo con il sistema SI delle unità di misura egli ritiene che il concetto di equivalente è oggi superfluo e didatticamente dannoso.*

3. Aspetti termodinamici

In termodinamica chimica consideriamo la variazione di entalpia standard di una reazione chimica prodotti e reagenti nel loro stato standard, alla temperatura T ed alla pressione di 1 bar (1×10^5 Pa), utilizzando il simbolo $\Delta_r H^0$, ad esempio a 293 K [3]



In effetti il simbolo Δ_r non rappresenta una differenza finita ma una rapidità di variazione della grandezza termodinamica considerata rispetto al grado di avanzamento della reazione, cioè $\Delta_r \equiv \partial/\partial\xi$ [2]. L'unità di misura è kilojoule per mole di grado di avanzamento della reazione; per la reazione considerata $-91.502 \text{ kJ/mol}_{rxn}$, cioè per mole di azoto oppure per 3 moli di idrogeno che reagiscono, e per due moli di ammoniaca che si formano !

Per la stessa reazione, a pressione standard ed alla temperatura T, la variazione di energia libera si scrive in funzione dei potenziali chimici standard di reagenti ($v_i < 0$) e prodotti ($v_i > 0$)

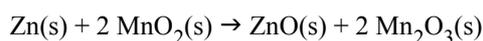
$$\Delta_r G^0 = \sum_i v_i \mu_i^0$$

$$\mu_i^0 = \partial G_i^0 / \partial n_i$$

La variazione $\Delta_r G^0$ non rappresenta una differenza finita ma la rapidità di variazione dell'energia libera standard della reazione rispetto al grado di avanzamento

$$\Delta_r G^0 = \partial G^0 / \partial \xi = \sum_i (\partial n_i / \partial \xi) (\partial G_i^0 / \partial n_i).$$

Consideriamo la reazione chimica che genera il potenziale della pila Leclanché alcalina



$$\Delta_r G = -n F E \approx -297 \text{ kJ/mol}_{rxn}$$

Tale valore si ottiene considerando $n = 2 \text{ mol } e^- / \text{mol}_{rxn}$, $F = 96485 \text{ C/mol } e^-$, e dal valore del potenziale per la pila misurato a circuito aperto, pari a $E \approx 1.5 \text{ V}$.

Il reagente limitante di una pila Leclanché è il diossido di manganese. Ogni pila ne contiene circa 6 g, quindi il grado di avanzamento totale della reazione vale

$$\xi \approx (6/86.94)/2 = 0.0345 \text{ mol}_{rxn}$$

L'energia totale fornita dalla pila vale

$$\Delta G = \Delta_r G \times \xi = (\partial G / \partial \xi) \times \xi = -297 \times 0.0345 = -10.2 \text{ kJ}$$

Una delle caratteristiche principali della pila Leclanché alcalina è quella di mantenere il potenziale erogato circa costante per l'intera vita della pila. Se assumiamo un carico di 5Ω possiamo stimare un tempo di vita della pila per mezzo della relazione

$$t = QR / V$$

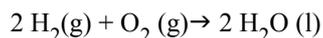
da cui $t \approx 370 \text{ min}$ ($= 2 \text{ mol } e^- / \text{mol}_{rxn} \times 0.0345 \text{ mol}_{rxn} \times 96485 \text{ C/mol } e^- \times 5 \Omega / (1.5 \text{ V} \times 60 \text{ s min}^{-1})$).

4. Aspetti cinetici

La stechiometria della reazione chimica non rappresenta generalmente l'evento chimico elementare secondo cui essa si svolge, cioè il reale meccanismo della reazione secondo cui si passa dai reagenti ai prodotti. La stechiometria della rea-

zione chimica è determinata effettivamente dalla somma di tanti *eventi chimici elementari o processi elementari* che rappresentano il meccanismo della reazione. In un processo elementare si rompe o si forma almeno un legame chimico e la stechiometria del processo elementare è legata alla molarità del processo reattivo elementare: si noti che sono stati effettivamente osservati soltanto processi mono-, bi- e tri-molecolari, data la bassissima probabilità di una collisione reattiva coinvolgente più di tre specie chimiche. Per ottenere dalla somma dei processi elementari l'equazione chimica generale alcuni processi elementari dovranno ripetersi. Questa visione microscopica suggerisce che una reazione chimica dovrebbe essere sempre scritta utilizzando per i coefficienti stechiometrici i numeri interi più piccoli possibili. Questo suggerimento potrebbe essere utile per una definizione operativa del concetto di coefficienti stechiometrici di una reazione chimica da applicare in maniera univoca nel bilanciamento delle reazioni. I coefficienti stechiometrici rappresentano i numeri interi più piccoli che garantiscono la conservazione del numero di atomi delle specie chimiche coinvolte nella trasformazione chimica dei reagenti in prodotti di reazione.

Ad esempio la reazione



(e non $\text{H}_2 + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$)

può essere ottenuta come somma di eventi chimici elementari (alcuni eventualmente ripetuti). La velocità della reazione dipende dalle condizioni sperimentali (presenza di un catalizzatore, pressione parziale dei reagenti, temperatura, tempo di contatto dei gas reagenti sul catalizzatore) La dipendenza della velocità della reazione dalle concentrazioni è fissata dal meccanismo della reazione. Il passo elementare più lento limiterà la velocità della reazione. L'ipotesi dello stato stazionario è un'approssimazione molto utile che permette di risolvere le complesse equazioni cinetiche che descrivono un dato meccanismo di reazione. In questa approssimazione si ammette che qualsiasi prodotto intermedio della reazione rimanga a concentrazioni molto basse, e raggiunga dopo un breve tempo una concentrazione stazionaria fissata tra la velocità della sua produzione e quella della sua trasformazione in un'altra specie.

Considerando la variabile tempo nella definizione del grado di avanzamento di una reazione

$$n_i(t) = n_i^0 + \nu_i \xi(t)$$

possiamo definire nel modo più generale possibile la velocità di una reazione chimica con l'equazione

$$v = d\xi/dt = (1/\nu_i) dn_i/dt$$

Questa definizione si può applicare sia alla reazione chimica generale sia ai singoli passi elementari, una volta identificato un plausibile meccanismo di reazione.

Nel caso di reazioni chimiche contemporanee ($r = 1, 2, \dots$), in cui potrebbero essere coinvolti tutti o solo una parte dei reattivi, possiamo scrivere

$$n_i = n_i^0 + \sum_r \nu_{ir} \xi_r$$

$$\nu_r = d\xi_r/dt$$

$$dn_i/dt = \sum_r \nu_{ir} d\xi_r/dt$$

5. Conclusioni

Attraverso le semplici elaborazioni sopra riportate abbiamo cercato di far vedere come il concetto di grado di avanzamento di una reazione chimica è di validità generale e molto utile nel descriverne gli aspetti stechiometrici, termodinamici e cinetici.

Ringraziamenti

E' un piacere ringraziare Franco Calascibetta per i suggerimenti e consigli dati per migliorare la chiarezza del manoscritto.

Riferimenti bibliografici

1. I. Prigogine, *Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes*, 3rd Ed., Wiley, Interscience, New York, 1967 (riferimento n.1, Th. De Donder, *Lecons de Thermodynamique et de Chémie-Physique*, Gauthier-Villars, Paris, 1920). Traduzione italiana *Introduzione alla Termodinamica dei Processi Irreversibili*, a cura di A. M. Liquori, Leonardo Edizioni Scientifiche, Roma, 1971.
2. IUPAC *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*, I. Mills Ed., Blackwell Scientific Publications, Oxford 1988, p.38.
3. D. Gozzi, *Termodinamica Chimica*, Edizioni Nuova Cultura, Roma, II Edizione 2011.
4. T. Cvitas, *A New Look at Reaction Rates*, Journal of Chemical Education, **76**, 1574 (1999). Vedi anche Rif.2, p.49.
5. J. F. Garst, *The Extent of Reaction as a Unifying Basis for Stoichiometry in Elementary Chemistry* Journal of Chemical Education, **51**, 194 (1974).
6. J. C. Phillips, *A Graphical Representation of Limiting Reactant*, Journal of Chemical Education, **71**, 1048 (1994) e riferimenti ivi riportati.

Il caso di un piccolo Museo di Storia Naturale: un equilibrio tra cultura, educazione e salvaguardia del territorio

Valentina Domenici* ^{1,2}, Alessandro Lenzi²

¹ Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, via Risorgimento 35 - Pisa 56126 PISA (ITALY)

² Museo di Storia Naturale Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay,
Associazione "AMICI DELLA NATURA ROSIGNANO",
Via Monte alla Rena 41 – 43, 57013 Rosignano Solvay (LI)
*valentin@dcc.i.unipi.it

Il Museo di Storia Naturale del Comune di Rosignano Marittimo nasce quasi per gioco nel 1966 quando, nei locali della Biblioteca Comunale, in Piazza Risorgimento a Rosignano Solvay, vennero esposte le collezioni degli insetti raccolti dai ragazzi delle scuole durante un soggiorno alla colonia montana di Gavinana (PT).

La sede attuale (dall'autunno del 1993) è in via Monte alla Rena 41/43 presso lo stesso edificio che ospita la Scuola Elementare "Europa", a circa 150 metri dal mare. All'esterno del fabbricato, nell'ampio cortile, è sorto un Orto Botanico dove si possono osservare piante ed essenze tipiche della Macchia Mediterranea, delle dune costiere e di altri ambienti particolari delle nostre zone. L'interno del Museo comprende tre sale espositive ed una sala per conferenze e proiezioni, e ancora tre locali più piccoli adibiti a ufficio e laboratori con strumenti scientifici, computer e schedari. Le collezioni esposte, frutto di anni di paziente lavoro di ricerca sul territorio e di donazioni, sono varie e interessanti. Nella prima sala, che viene utilizzata anche per l'allestimento di mostre didattiche (Figura 1a e 1b), sono presentate numerose conchiglie del Mediterraneo ed esotiche, coleotteri, farfalle, aracnidi e rettili delle nostre zone (Figura 2).



Figura 1a: Allestimento di una mostra didattica per le scuole del territorio



Figura 1b: Allestimento di una mostra didattica per le scuole del territorio



Figura 2: Piccola sala dedicata alle collezioni di insetti, rettili e conchiglie

Museo di Storia Naturale: equilibrio tra cultura, educazione e salvaguardia della natura

Delle altre due, una è dedicata esclusivamente alla zoologia, in particolare all'ornitologia (Figura 3), con una eccezionale collezione di uccelli acquatici, l'altra raccoglie minerali raccolti e cristalli di sintesi, fossili e una spermatoteca con raccolta di semi di piante selvatiche ed un erbario con oltre mille specie di piante tipiche del comune di Rosignano Marittimo. E' inoltre presente un erbario micologico dei funghi delle nostre macchie.



Figura 3. Sala di Ornitologia.

Nella sala delle conferenze (Figura 4) sono ubicate una biblioteca scientifica con testi specifici e una diateca con oltre



Figura 4. Sala delle proiezioni e delle conferenze. In basso a sinistra: piccolo laboratorio

cinquemila diapositive a carattere naturalistico. Ogni sala è provvista di pannelli didattici riguardanti le varie discipline delle scienze naturali. La parte espositiva, pur di notevole interesse, non rappresenta che uno solo degli aspetti del Museo di Storia Naturale. Infatti questa struttura è ormai da anni un centro culturale attivo e dinamico che, attraverso iniziative e manifestazioni varie, sta diventando ogni giorno di più un centro di riferimento per tutti coloro che sono interessati ad approfondire argomenti attuali come l'impatto delle attività dell'uomo sulla Natura. La sua gestione è affidata dal 1992 all'Associazione "Amici della Natura Rosignano". L'Associazione di volontari garantisce, attraverso i propri iscritti, l'apertura del Museo e durante tutto l'arco dell'anno organizza gite guidate a scopo culturale/scientifico sul territorio del Comune di Rosignano Marittimo.

Negli ultimi anni, il Museo è sempre più spesso coinvolto in attività come l'organizzazione di cicli di conferenze, presentazioni di libri e giornate di approfondimento nell'ambito della settimana scientifica. L'Associazione "Amici della Natura Rosignano" conta attualmente circa cento soci e per la gestione delle innumerevoli attività fa riferimento ad un Comitato Direttivo, eletto ogni tre anni dagli stessi soci, e di un Comitato Scientifico di cui fanno parte alcune ex-insegnanti di scienze, ricercatori e docenti in discipline scientifiche, tutti soci dell'Associazione.

Da quel lontano 1966 il Museo è cresciuto di importanza, incrementando l'entità e la varietà delle collezioni e coinvolgendo un buon numero di appassionati volontari che hanno reso possibile, con impegno e dedizione, la sua continuità nel tempo, malgrado i numerosi trasferimenti di sede e le difficoltà finanziarie. L'unica fonte di sostentamento è infatti il contributo economico da parte del Comune e qualche sporadica donazione da parte di singoli benefattori.

Nonostante la gestione, l'organizzazione e il mantenimento del Museo si regga quindi sulla disponibilità (e sulla grande passione) dei suoi soci, il Museo è divenuto promotore e organizzatore del Congresso di Scienze Naturali sull'ambiente Toscano, Codice Armonico, (alla sua quarta edizione in marzo 2012), un appuntamento fisso nel calendario della Regione Toscana.

L'attività dei soci si svolge principalmente in due direttrici: una "scientifica", in cui un ruolo importante è quello delle uscite sul territorio per la ricerca di campioni di studio, l'altra "didattica" in costante collaborazione con le scuole primarie e secondarie presenti nell'area del Comune di Rosignano Marittimo.

A questo proposito, una delle "mission" dell'Associazione è proprio la Didattica delle Scienze **nelle Scuole**, ma soprattutto **con le Scuole** direttamente sul territorio o all'interno del Museo. Con metodi spesso innovativi, i ragazzi vengono portati a fare ricerca sul campo e a riflettere sul ruolo delle attività umane sulla Natura. Il territorio di Rosignano offre infatti la possibilità di osservare l'importanza della sostenibilità delle Attività Industriali, come dell'Industria Chimica (sul territorio è presente infatti l'Industria Chimica Solvay), e del Turismo, come ad esempio studiando come la linea di costa e la morfologia delle dune della Macchia Mediterranea sono cambiate negli anni in seguito alla costruzione di moli o approdi.

Il successo del Museo è anche legato ad una recente iniziativa intitolata "Divertiamoci con la Scienza e Impariamo con il Gioco" specificatamente dedicata alla fascia di età dagli 11 ai 14 anni. In questi incontri, si parla di Matematica, Fisica, Chimica e Biologia in modo divertente, come si può intuire dai titoli delle esperienze (riccio di mare: come nasce? – Invenzione operazioni: aritmetica dei bastoncini – la chimica in cucina...).

Il Museo di Rosignano, pur trattandosi di un piccolo museo tenuto in piedi principalmente grazie ai soci di una Associazione di volontari, è una realtà viva sul territorio che svolge un ruolo importante di educazione e didattica delle scienze, ma anche di salvaguardia dell'ambiente naturale, offrendo spazi di riflessione e dibattito utili alla cittadinanza.

Sito web:

Il Museo di Rosignano: www.musrosi.org

Bibliografia:

- Associazione Amici della Natura, Codice Armonico, Terzo Congresso di Scienze Naturali – Ambiente Toscano, Edizioni ETS: Pisa, 2010.
- A. Lenzi, C. Logi, in *Informatore* (periodico dell'Associazione Amici della Natura), vol. 1, num. 1, pp. 2.
- P. Vigo, *Monografia di Rosignano e dintorni*. Livorno: 1913.

La chimica sperimentale degli elementi, sostanze che non possono essere decomposte e che si combinano in rapporti fissi, è stata sviluppata da Lavoisier. Tra gli anni 1805 e 1808 seguendo il lavoro di John Dalton sono emersi come concetti scientifici di base che ciascun elemento chimico sia intimamente composto di particelle solide (gli atomi) di massa specifica invariabile (peso atomico) e che tutte le sostanze siano costituite da questi atomi. Gli atomi erano troppo piccoli per misurare direttamente il loro peso, ma potevano essere determinati i pesi atomici relativi a partire dall'idrogeno, il più leggero. Tuttavia la teoria dell'atomismo in chimica è stata accettata con difficoltà.

L'era della radioattività e della radiochimica che iniziò fra il 1896 e il 1898 ha portato a scoperte che hanno profondamente influenzato la chimica. Fino al 1915 soltanto pochi gruppi di ricercatori – a Parigi Cambridge, Berlino Vienna, Montreal – avevano lavorato con materiale radioattivo. L'isolamento del radio e del polonio permise a queste equippe di dimostrare la struttura dell'atomo e da queste emerse un concetto unificato di chimica. Da quel punto in avanti i chimici hanno usato le proprietà dei radionuclidi per comprendere le reazioni chimiche ed i meccanismi di trasporto in tutte le aree della scienza. La conoscenza chimica acquisita dalla radiochimica una serie di scoperte molto importanti: la radioattività come proprietà atomica, i radionuclidi artificiali, il completamento della tavola periodica, la fissione nucleare, gli elementi transuranici. Oggi i materiali radioattivi sono utilizzati per ricerche fondamentali in molti campi specialmente energia e medicina.

Quando si vuole caratterizzare la chimica rispetto alle altre discipline scientifiche generalmente si invoca la sua flessibilità, capacità cioè di assumere come “core business” argomenti fra loro diversi, a volta – per fortuna solo a volte – contrastanti, quali ad esempio mercato ed ambiente. Dal dopoguerra ad oggi questa flessibilità è emersa nell'impegno e nel sostanziale contributo per il rilancio dell'economia post bellica con un traguardo così stringente da sacrificare in parte ad esso altre esigenze, anche vitali, come l'ambiente o la sicurezza o la salute e nel successivo meraviglioso sforzo di dedicare le proprie ricerche ed i propri obiettivi proprio alla protezione dell'ecosistema, comprendendo in esso l'organismo umano, ed alla sicurezza (salute dei cittadini).

Non è però solo la flessibilità a caratterizzare la chimica. Si deve anche considerare il carattere induttivo della conoscenza per acquisire la quale la chimica è maestra nell'indicare l'esperienza come momento qualificante; ed ancora la creatività nel fabbricare molecole sempre nuove e diverse e diversamente finalizzate contribuendo con esse alla qualità della vita.

Queste caratteristiche però si trasmettono con una certa difficoltà ai non addetti con il risultato che molti cittadini difficilmente riescono a percepire il ruolo tutore della chimica nella loro vita di tutti i giorni. Nel caso dei più giovani e quindi con riferimento al futuro diviene perciò fondamentale creare le condizioni per un'attrazione ed un interesse che possano poi essere la base per un apprezzamento. A questo tipo di progetti contribuisce un'altra caratteristica della chimica, la sua spettacolarità. Molte iniziative percorrono questo cammino logico e propongono con formule diverse dimostrazioni di reazioni chimiche, spesso – quasi sempre – collegate ad attività comuni ed a processi di generale interesse- sono così nate “Chimica Spettacolare”, “Non è magia è Chimica”, “Chimici per un'ora”, “laboratori aperti”, ed altro che con esibizioni interessanti hanno portato la chimica nella scuola. Tutto bene, tutto molto utile ma è cruciale una raccomandazione: qualunque reazione nella sua dimostrazione più o meno interattiva non può, meglio non deve, prescindere da una spiegazione in termini Chimici: il succo di limone che attacca il marmo, la espirazione di CO_2 che incide sul colore degli indicatori, il calore prodotto e assorbito da una dissoluzione o miscelazione, l'ossidazione violenta di metalli come sodio e magnesio per mantenere il loro carattere spettacolare non devono rinunciare a questa fase esplicativa. Tale fase deve avvenire proprio introducendo i concetti elementari: la evoluzione chimica dell'universo, la costituzione chimica della materia, i differenti tipi di reazioni (acido-base, precipitazione, ossido-riduzione, complessazione, stabilità termodinamica ed inerzia cinetica, correlazioni fra struttura e proprietà, processi naturali ambientali). Sono molte le opportunità per avvicinare in modo chiaro e al tempo stesso avvincente alla chimica i giovani. I colleghi – e sono per fortuna tanti – così distintamente impegnati in queste attività sono chiamati ad ulteriori sforzi di immaginazione e di proposizione nella individuazione di esempi di reazioni e processi chimici al tempo stesso esemplificativi e didattici. Alcune indicazioni e consigli non possono dimenticare che la chimica è una “Scienza colorata”, che molti dei processi chimici ambientali hanno evidenza palese ed indicazioni chiare, che l'alterazione dei materiali responsabile di perdite di proprietà è spesso correlata a modificazioni eclatantemente percepite, che i colori degli alimenti sono spesso indice delle loro proprietà più ricercate, che la salute, quando compromessa, dà segnali evidenti come risultati di processi che possono essere riprodotti in vitro a fini diagnostici.

Non ho dato mai molta importanza ai titoli, dandola invece ai contenuti, ma bisogna evitare che le parole spettacolo e magia della chimica siano frantese: si tratta di scienza con la S maiuscola, forse per di più la più vicina all'uomo.

Accadde a Seveso, 10 Luglio 1976

Ricostruzione storica e conseguenze legislative

Erminio Mostacci, Luigi Cerruti

Dipartimento di chimica Generale e Chimica Organica, Università di Torino
erminio.mostacci@unito.it - luigi.cerruti@unito.it

Riassunto

Il disastro dell'Icmesa di Seveso è divenuto un paradigma negativo per quanto riguarda la sicurezza degli impianti chimici e la protezione dei cittadini e del territorio. Le fonti storiche e le successive analisi permettono di mettere in luce i tratti più importanti del disastro: l'allarme tardivo, l'ignoranza scientifica e la colpevole trascuratezza tecnologica dei proprietari dell'impianto, l'inadeguatezza della risposta istituzionale alla grave emergenza. Non si sono avute solo pesanti conseguenze sociali ed economiche, ma nel tempo sono state formulate importanti normative a tutela dei cittadini, dell'ambiente e delle stesse imprese.

Abstract

The Seveso disaster has become a negative paradigm as regards the security of chemical plants and the protection of citizens and territory. Historical sources and further analyses allow to highlight the most important features of the disaster: the belated alarm, the scientific ignorance and culpable negligence of the owners, and the inadequate institutional response to a major emergency. There were not only heavy social and economic consequences, but over time an important legislation has been formulated to protect citizens, the environment and the companies themselves.

C'è un largo accordo che la didattica delle scienze debba affrontare temi di interesse sociale, a patto che non si perda di vista il fatto che la discussione di simili temi deve poggiare su una solida base scientifica. Solo in questo modo l'informazione diventa anche formazione, perché si mette lo studente in grado di valutare autonomamente il 'senso' di quanto ha appreso: non un tassello in più in un mosaico dai contorni confusi, ma un modo di vedere le cose diverso e probabilmente utile. Fra i temi sociali che interessano maggiormente la chimica vi è quello del rapporto fra produzione industriale, tutela della salute – dei lavoratori in primo luogo – e dell'ambiente. [1] Una discussione esplicita e approfondita di questo tema diventa ineludibile se si pensa al fatto, statisticamente confermato da anni, che il settore produttivo chimico è il più sicuro nel nostro Paese, e che gran parte dei cittadini la pensano all'opposto dei dati reali. Da tempo stiamo conducendo un'ampia ricerca sulla comunicazione chimica a mezzo stampa, dai quotidiani d'informazione alle riviste professionali, e il primo punto che abbiamo approfondito è proprio quello della comunicazione in tempo di crisi. Da questo punto di vista, non si poteva non iniziare dall'analisi dei fatti conseguenti all'esplosione avvenuta nello stabilimento dell'Icmesa di Seveso, il 10 luglio 1976. In questo primo articolo presentiamo una ricostruzione storica della situazione precedente l'incidente e degli eventi successivi, comprese le conseguenze legislative. In un prossimo contributo analizzeremo come abbiano svolto il loro compito di informazione i maggiori quotidiani italiani, la rivista di divulgazione Sapere [2] e – non ultima – La Chimica e l'Industria, il giornale ufficiale della Società Chimica Italiana, della quale riportiamo in nota, a titolo di riferimento, gli articoli più significativi. [3] In essi sono esposte in maniera esauriente metodiche di analisi quantitativa di tipo cinetico e termodinamico con impiego di tecniche standard di analisi ASTM (American Standard Testing Methods). [4]

Gli incidenti nelle fabbriche chimiche

Lo sviluppo di una società industriale trae indubbi vantaggi da una produzione chimica diversificata e sicura e si può tranquillamente affermare che qualsiasi attività umana, svolta in un paese tecnologicamente avanzato, richieda comunque un apporto delle conoscenze chimiche ed una produzione mirata e sostenibile dei suoi prodotti intermedi e finiti. Basti pensare che i miglioramenti nella qualità e il prolungamento nelle aspettative di vita, la diminuzione della mortalità infantile, la scomparsa di gravi malattie, la possibilità di fruire di un'alimentazione adeguata, derivano da un generalizzato miglioramento delle condizioni igieniche e sanitarie, dalla disponibilità di validi mezzi di controllo ambientale, dall'impiego di farmaci sempre più perfezionati ed efficaci, dai prodotti per l'agricoltura, dall'utilizzo di materiali per il controllo, la fruizione, la depurazione e la potabilizzazione delle acque e delle risorse idriche, etc. Dallo sviluppo tecnologico avanzato derivano inoltre i prodotti necessari per la conservazione e il restauro di monumenti e di beni artistici, per i mezzi di comunicazione e trasporto, per l'imballaggio, per la produzione e il trasferimento di risorse energetiche, e altro ancora. È evidente che dell'industria chimica non si può fare a meno, pena il crollo del nostro stesso modo di vivere, e d'altra parte questa necessità va inquadrata avendo sempre presente la possibilità di incidenti, che possono diventare gravissimi in stabilimenti nei quali la produzione è diretta verso manufatti potenzialmente pericolosi.

Accadde a Seveso, 10 Luglio 1976

Fra questi rientrano a pieno titolo i prodotti intermedi e finiti destinati all'agricoltura e alla produzione di farmaci. Sicuramente fra i più pericolosi si possono annoverare i triclorofenoli, che trovano impiego nella produzione di diserbanti e antibatterici.

Si giunge quindi ad una valutazione costi benefici che deve costituire una ben precisa linea di cesura, onde poter deliberare, sulla base di circostanziati dati di fatto, se tali produzioni apportino vantaggi tali da giustificare i potenziali pericoli connessi direttamente o indirettamente con la loro realizzazione in impianti industriali, e se esse risultino assolutamente necessarie, ovvero se sia preferibile ricorrere ad una loro sostituzione con altri derivati meno tossici, pericolosi ed invasivi.

Altri aspetti dirimenti sono ovviamente costituiti dalle strategie allocative e di dimensionamento dei complessi produttivi. E' di lapalissiana evidenza che sussistono interessi contrapposti di notevole rilievo, uno che potremmo definire "pubblico" e l'altro "privato". Il primo è costituito dal fatto che gli insediamenti potenzialmente pericolosi dovrebbero essere localizzati in luoghi lontani da territori densamente popolati, sicuramente non nei centri abitati, e in zone non pericolose sotto il profilo idrogeologico. La cosa non si presenta di facile soluzione in particolare in Italia, sia per le caratteristiche geomorfologiche del territorio, sia per l'elevata densità di popolazione presente in particolare in alcune regioni del Paese. L'interesse "privato" fu dirimente nella scelta del territorio di Meda per lo stabilimento dell'Icmesa, ed è rappresentato dal fatto che le aziende abbisognano di strutture terziarie di approvvigionamento e trasporto in aree limitrofe, per cui tendono ad impiantare gli stabilimenti di produzione, indipendentemente dalle regole logiche di tipo "pubblico" che abbiamo sopra ricordato. Il profitto, il risparmio di risorse interne e le finalità specifiche del mercato rappresentano sovente le uniche variabili prese in esame a livello decisionale. Ciò comporta e ha comportato sovente un eccezionale aumento dei fattori di rischio, comunque connessi a qualsivoglia attività umana, e a maggior ragione nel caso di una produzione finalizzata a derivati chimici analoghi al triclorofenolo (TCF), prodotto dall'Icmesa e destinato alla produzione di diserbanti.

È necessario considerare che occorsero molti incidenti negli stabilimenti destinati alle produzioni chimiche, prima del disastro di Seveso. Esaminando soltanto i più gravi fra quelli accaduti in aziende destinate alla produzione del TCF e prodotti similari, si ottiene un elenco di cinque casi: 1949 Monsanto (Stati Uniti); 1953, Basf (Germania); 1960, Dow Chemical (Stati Uniti); 1963, Phillips Duphar (Paesi Bassi); 1968, Productions Coalite Chemical (Inghilterra). Alcuni di essi ebbero soltanto un rilievo interno e pertanto rimasero poco noti. Si trattò di situazioni sicuramente emergenziali, ma essendo rimaste quasi completamente confinate all'interno degli insediamenti produttivi, esse causarono gravi danni alla salute, in taluni casi anche mortali agli addetti, ma non ebbero un effetto dirimpente sull'ambiente circostante. Furono adottati provvedimenti assai drastici per ridurre o eliminare del tutto la possibilità d'incidenti di analoga gravità, al punto che lo stabilimento della Basf fu chiuso definitivamente, così come quelli della Phillips Duphar e della Coalite. Gli impianti delle due ultime aziende vennero smantellati e le parti contaminate furono ricoperte di cemento e affondate nell'oceano Atlantico. Nel caso della Dow Chemical fu ricostruito un nuovo impianto, dotato di una vasca di contenimento, avente lo scopo di raccogliere e raffreddare immediatamente i reflui tossici, in caso di fuoriuscita accidentale, per rottura dei setti di sicurezza contro le esplosioni, o delle valvole di sicurezza.

Si osservi che l'impiego di vasche di contenimento assai simili, è previsto nelle moderne centrali nucleari, munite di reattori raffreddati ad acqua pressurizzata. Se all'Icmesa si fosse adottata una tale misura strutturale di sicurezza, il disastro accaduto a Seveso non si sarebbe verificato, o quanto meno sarebbero stati assai limitati gli impatti derivati negli ambiti sanitario, ambientale, eco – sistemico, economico, sociale, di riconversione industriale, di bonifica, di smaltimento, etc.

L'incidente di Seveso: un modello negativo a livello internazionale

Nella letteratura internazionale l'incidente di Seveso è diventato un punto costante di riferimento in ogni discussione sulla sicurezza degli impianti chimici, un riferimento che giustamente è stato definito 'paradossale':

For some people the name Seveso is tied to the experience of a seriously mismanaged toxic chemical release; for others it is firmly and positively linked with a set of innovative public policies for managing industrial disasters. These contradictory characterizations make the interpretation of this industrial disaster both paradoxical and ambiguous. The Seveso experience illustrates many different types of uncertainty that are mobilized by industrial disasters and suggests a new interpretive model. [5]

L'enorme differenza fra gli accadimenti avvenuti in precedenza e quello di Seveso fu che, come abbiamo già brevemente accennato e come approfondiremo ulteriormente nella parte storica, si ebbe sostanzialmente un effetto interno di entità decisamente minore, ma una terribile serie di effetti concatenati, assai problematici e invasivi nel territorio, sull'intero ecosistema e anche sulla popolazione della zona contaminata.

Quanto esposto, ha evidentemente comportato rimarchevoli effetti a livello comunicativo, portando come conseguenza a una serie di prese di posizione sia da parte degli intellettuali, sia dei cittadini comuni, sia infine a livello internazionale. Nell'immaginario collettivo s'instaurò una forma assai accentuata di diffidenza nei confronti della chimi-

ca in senso lato, poiché i principali mezzi di comunicazione non presentarono all'opinione pubblica, se non in casi sporadici, una corretta differenziazione fra la chimica come scienza, che studia a livello teorico e sperimentale la natura, i materiali e le loro trasformazioni, e tutti quegli altri aspetti che sono connessi alle realizzazioni tecnologiche, all'insediamento e alla gestione degli impianti e infine alla vera e propria produzione industriale.

Tornando all'incidente dell'Icmesa di Seveso [6, 7] e all'inquadramento che può essere dato sotto il profilo delle necessarie considerazioni preliminari sulle situazioni di emergenza negli impianti di produzione chimica, sicuramente deve essere considerato che i responsabili dell'azienda erano al corrente che nel processo di preparazione a temperatura controllata del TCF, si forma comunque una quantità trascurabile di diossina (TCDD), quale prodotto parassita di condensazione e che un incremento della temperatura di reazione può rendere il processo produttivo notevolmente più rapido, con una netta riduzione dei costi, ma contestualmente aumenta in maniera rilevante la quantità di TCDD derivante dalla condensazione, a causa del riscaldamento eccessivo dei materiali in lavorazione. Si consideri infine che il reattore non era munito superiormente di un impianto di abbattimento di gas e vapori e che non era presente alcun sistema di raccolta stagno, in grado di raccogliere gli effluenti gassosi. Essi, a seguito di rottura del setto della valvola di contenimento, furono dunque scaricati direttamente in atmosfera. A tutto ciò si deve aggiungere che l'azienda operava omettendo le più elementari norme di sicurezza che abbiamo appena citate, pur effettuando le lavorazioni in prossimità di centri abitati, densamente popolati, e che aveva sempre celato o minimizzato i rischi, sia a quanti lavoravano nello stabilimento, sia alle autorità deputate al controllo sul territorio.

Seveso 10 luglio 1976 ore 12.37, emissione di una nube tossica [8]

Lo stabilimento Icmesa, sito fra Meda e Seveso, a una ventina di chilometri da Milano, era inizialmente di proprietà della società Givaudan ed era destinato alla produzione di prodotti farmaceutici. L'insediamento sul territorio si ebbe nel 1947. Nel 1963 esso diventò di proprietà della Hoffman-La Roche. In ogni caso, sin dall'inizio si ebbero gravi effetti d'impatto ambientale, soprattutto a causa di emissioni in atmosfera e di notevoli inquinamenti sui corpi idrici dei torrenti Certosa e Tarò. Per tali motivi gli abitanti del posto denominavano ironicamente lo stabilimento "La fabbrica dei profumi". Nonostante le denunce presentate alle autorità competenti, non furono adottati gli opportuni provvedimenti, previsti dalle norme in vigore, e i dirigenti dello stabilimento rifiutarono di prendere in considerazione il merito degli esposti. Nell'area interessata al momento del disastro, vivevano circa 100.000 persone.

L'incidente avvenne sabato 10 luglio 1976, la fuoriuscita della nube tossica dal reattore nel quale si produceva il TCF fu causata da un forte innalzamento termico, conseguente ad una reazione esotermica lenta. Si deve notare che sovente l'ultimo giorno lavorativo della settimana, non si attendeva il completamento della reazione di sintesi ed era prassi usuale sospendere l'agitazione della miscela di reazione e il raffreddamento. I prodotti erano scaricati nella settimana successiva, alla ripresa dell'attività produttiva. Si comprende facilmente che tale modo di procedere non era e non poteva essere esente da gravissimi rischi, poiché gli effetti di un sovra-riscaldamento locale, di un 'volano' termico e l'instaurarsi di reazioni parassite fortemente esotermiche, erano tutti fattori effettivamente in grado di provocare un disastro di proporzioni gigantesche, come in effetti si verificò in quel sabato maledetto. Pertanto, al momento della fuoriuscita, non ci furono i necessari controlli della temperatura e del decorso del processo da parte degli addetti all'impianto o di tecnici presenti nello stabilimento. Non si verificò la completa esplosione del reattore poiché si ebbe l'apertura della valvola di sicurezza e, la diossina (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-diossina, TCDD, v. Figura 1), prodotta attraverso una reazione parassita di condensazione molto esotermica, si disperse in atmosfera in quantità non esattamente nota.

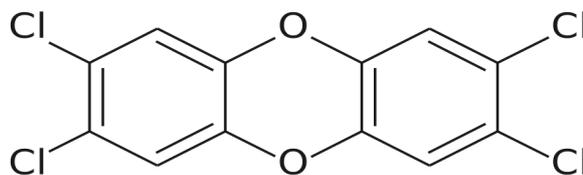


Figura 1. Struttura della diossina

I comuni maggiormente interessati dal fenomeno furono Meda, Seveso, Cesano Maderno e Desio, ma quello che subì gli effetti più gravi fu, senza alcun dubbio, Seveso. Nel pomeriggio del giorno successivo, due tecnici dell'Icmesa conferirono con Emilio Rocca, sindaco di Seveso, fornendo generiche rassicurazioni sull'evolvere della situazione. I primi effetti si manifestarono dopo tre quattro giorni con un'estesa moria di animali domestici e selvatici di piccola taglia. Dopo alcuni giorni cominciarono a verificarsi i primi casi d'intossicazione della popolazione. Il 24 di agosto il sindaco emanò un'ordinanza che conteneva una serie di misure cautelari per affrontare l'emergenza e in particolare il divieto più importante riguardava quello di evitare qualsiasi forma di contatto con il terreno, la vegetazione, di nutrirsi con frutta, verdure locali ed animali d'allevamento ed anche di esporsi all'aperto, onde evitare il possibile contatto per inalazione. [9] Nella stessa ordinanza si raccomandava di curare in modo particolare l'igiene personale e il vestiario.

Accadde a Seveso, 10 Luglio 1976

Uno degli aspetti più gravi è costituito dal fatto che le popolazioni interessate dal fenomeno furono informate dalla stampa e dagli altri mezzi di comunicazione soltanto dopo ben cinque giorni [10] Il 17 luglio sono pubblicati i primi resoconti sul *Corriere della Sera*, il giorno successivo fu svolta un'indagine sul posto da parte dei Carabinieri del comune di Meda, a seguito di ciò, il pretore decretò la chiusura dello stabilimento, nel quale peraltro gli addetti si rifiutavano già di lavorare. Furono inoltre arrestati il direttore e il vice direttore dello stabilimento per disastro colposo, il che fa presupporre una responsabilità dovuta a trascuratezza, superficialità, scarsa informazione, e anche sottovalutazione dei pericoli potenziali connessi con le lavorazioni e soprattutto con le procedure, le attrezzature e le metodologie adottate per i necessari controlli di prevenzione e protezione dell'ambiente e delle popolazioni. In ogni caso, è da ricordare che soltanto il 24 agosto 1976 fu emanata l'ordinanza sopra ricordata, che conteneva procedure efficaci di salvaguardia per far fronte a una vera e propria emergenza.

Nel mese di ottobre vi furono varie forme di protesta: in una di esse gli abitanti della zona A bloccarono la strada Milano-Meda, allo scopo di rientrare nelle loro case, in un'altra i manifestanti si opposero al progetto della Provincia e della Regione per la costruzione di un inceneritore a Seveso. Come già descritto tale progetto, fu effettivamente abbandonato e fu adottata invece la tecnica della scarificazione, consistente nell'asportazione di un certo strato di terreno, evitando di smuoverne gli strati sottostanti. L'operazione di bonifica, secondo la descritta modalità, fu approvata dal Consiglio Regionale della Lombardia nel 1977 e la sua attuazione concreta fu ad opera dell'Ufficio Speciale per Seveso. Anche a seguito delle mobilitazioni popolari che si opponevano alla costruzione di un forno inceneritore, si costruirono, fra il 1981 e il 1984, due vasche accuratamente isolate dall'ambiente esterno, nelle quali vennero depositati tutti i materiali contaminati dall'inquinante (v. Figura 2). [11]Esamineremo alcuni dettagli dell'operazione di bonifica nella sezione del presente lavoro dedicata all'impatto ambientale.



Figura 2. La vasca di Meda durante la fase di riempimento (foto: Regione Lombardia-ERSAF, archivio fotografico)

Popolazione e territorio: un allarme tardivo

Nel paragrafo precedente abbiamo esaminato con un certo dettaglio una prima cronologia degli accadimenti avvenuti il 10 luglio 1976, a seguito della diffusione in atmosfera della nube costituita da triclorofenolo e diossina nel territorio fra Meda e Seveso. In questa parte del lavoro ci occuperemo delle questioni problematiche connesse all'insediamento della fabbrica nel territorio e di come fu gestita la situazione di allarme.

La fabbrica era stata situata in una zona assai densamente popolata e già tale aspetto presentava aspetti sicuramente problematici nel caso di inquinamento ambientale. Le 'ragioni' di tale dislocazione sono piuttosto ovvie. È chiaro che la scelta del sito fu determinata *ab initio* dalle convenienze, logistiche ed economiche, che offriva una collocazione dell'impianto molto prossima alle infrastrutture stradali e ferroviarie. Proprio la presenza di tali infrastrutture di supporto era in grado di garantire l'approvvigionamento rapido di materie prime, quello idrico e il trasporto su gomma o su rotaia dei prodotti finiti. La produzione dell'Icimesa, in realtà consisteva in prevalenza di semi-

lavorati da inviare per il completamento del ciclo produttivo nella vicina Svizzera, ove aveva sede la Givaudan, e, in piccola parte, negli Stati Uniti. Un altro aspetto certamente da non trascurare era costituito dal fatto che nel territorio era presente un'alta densità di popolazione che, visto il rapido "turn over" di addetti, storicamente sempre verificatosi nell'azienda, poteva garantire da un lato una pronta assunzione di nuovo personale e per altro verso una notevole facilità per gli addetti stessi rispetto al raggiungimento del posto di lavoro. Queste considerazioni sono confermate dalla mappa territoriale della zona inquinata pubblicata sul *Corriere della Sera* in data 21 Agosto 1976 (v. Figura 3). In ogni caso, uno degli aspetti assai rilevanti del disastro di Seveso è costituito dal fatto che vi furono vari tipi di ritardo ad almeno tre livelli: nella percezione della gravità dell'evento, nella comunicazione pubblica e istituzionale, e infine anche nell'adozione di adeguate misure d'intervento.

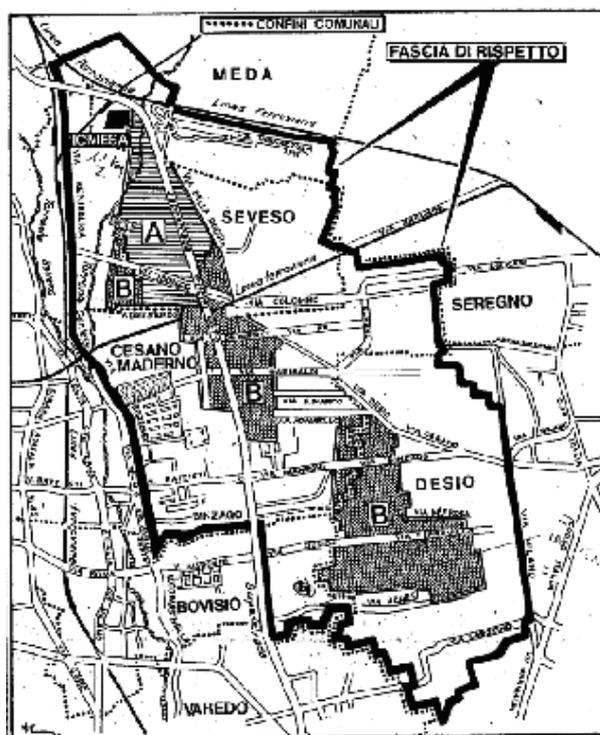


Figura 3. Mappa delle zone inquinate a seguito della diffusione della nube contenente diossina.
Corriere della Sera 21 Agosto 1976, pagina 7

Iniziamo ad analizzare il ritardo nella comunicazione, poiché la carenza d'informazione è risultata determinante, soprattutto a fronte della sua importanza per gli sviluppi successivi dell'intera vicenda, e non solo nei confronti della popolazione, ma anche delle autorità preposte al controllo dell'ambiente e della salute pubblica. In effetti, non si ebbe una percezione immediata dell'effettiva gravità dell'incidente, a causa di una diretta responsabilità dello staff direzionale dell'azienda che tese a minimizzare, come in altre situazioni meno gravi accadute in precedenza, la portata dell'impatto sulla popolazione e sul territorio della fuoriuscita della nube tossica e della conseguente diffusione di triclorofenolo contenente TCDD in quantità sicuramente elevate. Questo ritardo è dimostrato con assoluta evidenza dalle date di pubblicazione degli articoli sulle varie testate giornalistiche (v. Tabella 1). Un commento merita senza dubbio il fatto che le due testate edite e pubblicate in Lombardia hanno preceduto le altre nella diffusione delle notizie, così come nei particolari significativi assai approfonditi forniti successivamente ed hanno mantenuto le relative notizie, come peraltro si evince dai numeri grezzi degli articoli e delle pagine pubblicate, per un tempo nettamente più prolungato, meritando, nel caso del *Corriere della Sera* anche un riconoscimento internazionale per la qualità (e la profondità) degli aspetti trattati.

Tabella 1. Data dell'incidente: 10 Luglio 1976

Quotidiano	Data Primo Articolo	Pagina	Data pubblicazione in prima pagina	Note
Il Corriere della Sera	17 Luglio	7	18 Luglio	Fotografie
Il Corriere d'Informazione	19 Luglio	7	22 Luglio	Fotografie Mappa
La Stampa	21 Luglio	17	25 Luglio	Fotografia
La Repubblica	21 Luglio	5	25 Luglio	Fotografia

Accadde a Seveso, 10 Luglio 1976

L'ignoranza scientifica e tecnologia: un ritardo non solo cronologico

La tardiva percezione della gravità del disastro è anche legata ad una scarsa conoscenza tecnica e scientifica dei prodotti manipolati e delle fasi del procedimento industriale. Le deficienze a livello teorico sulle reazioni principali e secondarie e sulle condizioni termiche e cinetiche del processo erano gravissime, ed ancora più colpevole era l'ignoranza (o la voluta trascuratezza) sui sistemi di controllo e sulle procedure da attuare in caso di emergenza. A ciò è da aggiungere la mancanza totale di un sistema di raccolta di detti prodotti pericolosi, a seguito di un incidente. In altre parole non era previsto nell'impianto, peraltro operante a pressione atmosferica una vasca di contenimento che a seguito della rottura del setto della valvola di sfogo (cosa giusta al fine di evitare una vera e propria esplosione), convogliasse i reflui in fase vapore e gas in un secondo vaso contenitore previsto, ad esempio in una fabbrica tedesca secondo uno schema pubblicato successivamente sul Corriere della Sera (v. Figura 4) . [12] Sotto tutti questi profili le responsabilità vanno configurate a carico degli organi dirigenti e tecnici dell'azienda e, in egual misura, a carico degli organi deputati al controllo del territorio, soprattutto a livello regionale e nazionale.

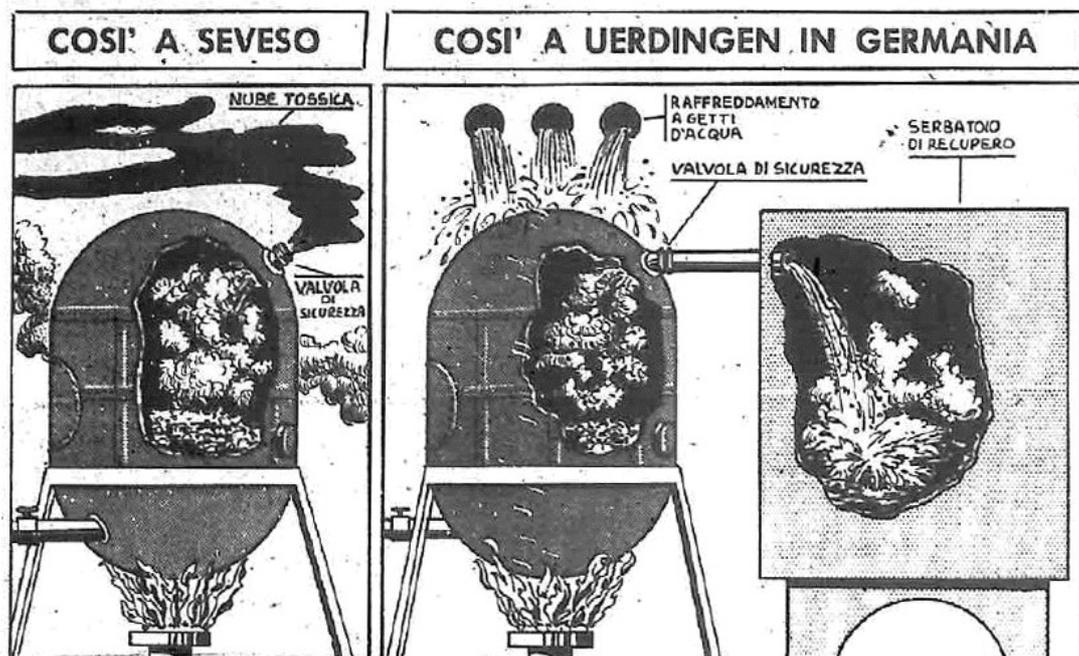


Figura 4. Confronto fra l'impianto Icmesa di produzione del triclorofenolo e quello della Bayer di Uerdingen. *Corriere della Sera*, 29 Agosto 1976, pagina 7.

Al ritardo conoscitivo teorico, e conseguentemente impiantistico e gestionale dell'azienda, è legato a doppio filo quello più propriamente connesso con il danno al territorio, sotto il profilo della diffusione della sostanza tossica nell'ambiente. Infatti soltanto appurando le caratteristiche chimico-fisiche, tossicologiche, etc. risultò possibile capire quanto si fosse propagato l'inquinamento e le possibilità/potenzialità delle operazioni di bonifica. Per la bonifica ambientale erano necessari dati anche quantitativi sull'idrofobicità degli inquinanti e sulle possibilità di una loro degradazione per opera degli agenti naturali: radiazione solare, demolizione batterica, etc. Solo sulla base di questi dati fu possibile individuare le zone da segregare completamente, quelle da preservare, ma nelle quali fu assolutamente necessario instaurare regimi ben precisi a livello alimentare e di contatto con il territorio circostante.

Effettivamente uno degli snodi centrali per la gestione dell'emergenza fu quello derivante dalle analisi tramite spettrometria di massa effettuate dall'equipe di Alberto Frigerio presso l'Istituto Mario Negri sui più svariati campioni: terreno, vegetazione, organi di animali morti per intossicazione ed altri ancora. Ciò a dimostrazione che, nonostante si stessero diffondendo visioni apocalittiche della scienza e della chimica in particolare, i tanti problemi causati da un impiego completamente sconsiderato delle tecnologie, potevano essere risolti soltanto con l'impiego della scienza stessa e con l'ampliarsi del fronte conoscitivo, non certamente con atteggiamenti di chiusura, di paura su quanto gli scienziati fanno. A nostro avviso, quanto è stato fatto dagli scienziati *dopo* l'evento catastrofico è stato importantissimo, tuttavia l'avanzamento delle conoscenze scientifiche dovrebbe tener conto delle conseguenze dei prodotti della ricerca *prima* che si realizzi il danno. Vi sono gravi difficoltà nell'opera di prevenzione del danno, perché una volta che la conoscenza scientifica è uscita dai laboratori e dagli impianti pilota entra in gioco un'altra logica – quella del profitto d'impresa. Questo deve essere tenuto come il riferimento essenziale di tutte le operazioni di divulgazione e condivisione con la so-

cietà civile, con i sistemi d'istruzione e formazione, per porgere ai cittadini la scienza con le sue conquiste e i suoi limiti. In estrema sintesi, ci sentiamo di affermare che una cosa è la scienza, il cui *conoscere* rivela la complessità della natura con aspetti assolutamente positivi e "belli" d'interpretazione del mondo, altra cosa, completamente diversa, è l'insieme di scelte tecnologiche e le pratiche adottate per *produrre*, soprattutto se tutto è finalizzato al raggiungimento del solo profitto, senza tenere in alcun conto tutti quegli altri parametri che devono essere rigorosamente mantenuti sotto severa osservazione, per garantire uno sviluppo sostenibile per l'uomo e per l'ambiente.

In una successiva sezione dedicata agli provvedimenti normativi adottati a livello nazionale e internazionale sarà trattato l'ultimo importante tipo di ritardo, cioè quello relativo agli interventi delle autorità, ai fini della messa in sicurezza delle persone, dell'ambiente, e degli insediamenti umani, civili e industriali. Peraltro si deve precisare subito che ci fu un periodo di estrema confusione e sovrapposizione di competenze fra autorità locali e centrali e che solo dopo la nomina di una Commissione Parlamentare d'Inchiesta si cominciò a deliberare in maniera sufficientemente efficace.

Gli aspetti sanitari

Il nome diossina rappresenta in realtà una vera e propria classe di composti organici caratterizzati da un'estesa aromaticità e dalla presenza di cloro in varie posizioni del nucleo lipofilo. Tali composti, come già descritto nei paragrafi precedenti, si formano come sottoprodotto della reazione di sintesi del triclorofenolo che, a sua volta, è un intermedio per la preparazione industriale di battericidi ed erbicidi. Il TCDD che è il composto più importante della classe delle diossine è altamente tossico e nei test condotti su cavie, ha dimostrato di provocare danni ed alterazioni gravi, soprattutto a livello del cuore, del sistema circolatorio, dei reni, di tutto l'apparato digerente, in particolare a livello dello stomaco e del fegato, e infine del sistema linfatico.

In particolare nei topi di laboratorio si riscontrò l'insorgere di tumori, anomalie genetiche ed importanti disturbi del sistema nervoso. Avendo caratteristiche lipofile non risulta assolutamente solubile in acqua, per cui dà gravi effetti di accumulazione sugli ecosistemi e sull'ambiente, più in particolare, una volta entrato nell'organismo, tende a depositarsi nei grassi e a originare il fenomeno definito come *accumulo biologico*.

Le vie di penetrazione all'interno dell'organismo sono molteplici: contatto cutaneo, attraverso la respirazione e per ingestione di alimenti contaminati, fra i quali sono da menzionare soprattutto verdura e ortaggi in genere, carne, uova, pesce, latte e prodotti caseari. Nel caso di Seveso l'esposizione non fu mortale a livello umano, ma quasi subito si manifestarono diversi casi di cloracne, grave forma di dermatosi che nei casi più gravi dal volto e dai genitali tendeva a propagarsi su tutto il corpo. Essa derivava dal contatto della pelle con composti del cloro e derivati. Inoltre, nel caso di esposizione prolungata si verificarono gravi problemi di tipo epatico e respiratorio. Tale affezione colpì soprattutto i bambini.

Un problema a parte fu costituito dalle ipotesi circa un eventuale effetto teratogeno del TCDD, per cui vi furono diverse donne in stato di gravidanza che, nel timore della nascita di un bambino deforme, decisero di ricorrere all'interruzione di gravidanza. Ciò ingenerò strascichi e polemiche, sia a livello dei mezzi di comunicazione, sia nell'ambito sociale e politico.

Lo studio degli effetti a lungo termine è tuttora oggetto d'indagine. In ogni caso sono disponibili alcuni dati presenti in uno studio del 1998 della Fondazione Lombardia per l'Ambiente ed essi risultano assai preoccupanti sulla mortalità dovuta all'insorgere di tumori al pancreas e alla vescica statisticamente raddoppiati per gli abitanti maschi della Zona A (Figura 3) e quelli al retto triplicati per gli abitanti della Zona B, così come per i casi di leucemia e dei linfomi di Hodgkin. Anche per le donne delle due zone si è verificato un aumento notevolissimo dei tumori all'apparato digerente, al fegato e alle ossa, così come quelli al cervello e alla tiroide. [13] Inoltre si è constatato che l'inquinamento da diossina ha causato la nascita di un maggior numero di femmine rispetto ai maschi, in misura assolutamente anomala, infatti fra il 1977 e il 1984 nacquero fra i residenti della Zona A due femmine per ogni maschio. [14]

La situazione è stata nuovamente aggiornata nel 2009 da uno studio statistico svolto da ricercatori della Ospedale Maggiore Policlinico Mangiagalli che dimostra che in circa venti anni l'insorgenza delle leucemie, dei linfomi e dei tumori al seno si è notevolmente innalzata rispetto alla media nazionale, in particolare per gli abitanti delle Zone A e B si sono registrati più di duemila casi di tumori maligni, dei quali oltre 600 dopo quindici anni dalla contaminazione da diossina.

I primi interventi delle autorità locali

Nel mese di agosto del 1976 fu emanata dal sindaco di Seveso un'ordinanza che nella quale si divise il territorio in tre zone a diverso grado d'inquinamento. Esse furono chiamate Zona A, B e di rispetto (v. ancora Figura 3). [15] Nella Zona A, ad alto tasso d'inquinamento, fu decisa e organizzata l'evacuazione degli abitanti. Tale zona, che raggiunse un'estensione finale pari a circa quindici ettari, fu transennata e isolata per impedirne comunque l'accesso. Nella Zona B, a inquinamento intermedio, fu proibito esercitare qualsiasi attività industriale o artigianale che potesse provocare sommovimenti dei materiali contaminati, coltivare e consumare prodotti agricoli e allevare animali. Inoltre, con il provvedimento sopra ricordato, s'impose l'obbligo di distruggere tutti i prodotti derivanti dall'allevamento (latte, uova, etc.), e di moderare la velocità dei veicoli a trenta km/ora sulle strade non asfaltate, per evitare sollevazione di polvere e

Accadde a Seveso, 10 Luglio 1976

movimentazione del terreno. A livello igienico si diede indicazione di evitare il contatto con materiali presumibilmente inquinati e di lavare lungamente e con frequenza le mani per allontanare anche i più minuscoli residui di polvere. Fu anche consigliata la pulizia giornaliera del corpo con bagno o doccia, di evitare il più possibile l'esposizione prolungata e diretta alle radiazioni solari e si raccomandò infine di evitare la procreazione per un periodo di 'cautela' di circa sei mesi.

Sempre nell'ordinanza del 24 agosto 1976 si fornirono indicazioni per i residenti della Zona R (di Rispetto). In sostanza si proponevano accorgimenti d'igiene personale analoghi a quelli relativi alla Zona B, si estendeva il divieto di consumare prodotti vegetali e s'imponeva il divieto di allevamento e l'obbligo di abbattimento di tutti gli animali da cortile.

L'evacuazione e la bonifica

Dopo lunghe valutazioni e confronti, a seguito di complessi accertamenti quantitativi la Zona A, maggiormente inquinata, fu suddivisa in sette sotto zone da A1 ad A7 e vennero predisposte due vasche di raccolta, A e B. Nella vasca A, situata a sud di Seveso, del volume complessivo di circa 200.000 m³ furono depositati il terreno scarificato, le macerie derivanti dalla demolizione della fabbrica, tutti i vari materiali di risulta ed anche i macchinari impiegati nelle operazioni. La vasca B, di volume pari a 80.000 m³, a nord di Meda, fu destinata a contenere i residui della zona nord e i fanghi del depuratore di Seveso.

L'evacuazione di circa 700 abitanti di Seveso e Meda fu realizzata fra il 26 luglio e la prima metà di agosto, di questi soltanto quelli delle sub-zone A6 e A7, pari al 67% del totale, poterono tornare alle loro abitazioni alla fine del 1977, invece tutti gli edifici delle sub-zone da A1 ad A5, a maggiore tasso d'inquinamento, furono demoliti, pertanto circa duecento abitanti, pari a circa il 33% del totale degli sfollati, non rientrarono più nelle loro case.

Si rese necessaria una procedura di tale rigore e impatto sul tessuto sociale, economico e produttivo per il fatto che la diossina, a causa della sua struttura molecolare aromatica e alla presenza del cloro in percentuale elevata non è assolutamente biodegradabile. Infatti non può essere intaccata dai microrganismi presenti nella vegetazione, nelle acque e nel terreno. Certamente a livello ambientale la dispersione del TCDD modificò l'intero equilibrio eco-biologico di un'area vasta di territorio e per un lungo periodo di tempo determinò gravi conseguenze civili sociali, ed economiche su tutta l'area.

Per avere un quadro sintetico della situazione ingenerata a livello d'impatto ambientale si sono consultati alcuni importanti articoli della rivista internazionale *Nature* [16], nei quali sono state ampiamente studiate da almeno tre diversi punti di vista le complesse problematiche connesse con la diffusione della sostanza tossica: sotto il profilo sanitario a breve medio e lungo termine, rispetto ad un effetto ambientale grave e pervasivo, e in relazione ai pericoli cui erano esposte le popolazioni, in particolare per le perturbazioni ingenerate nei complicati cicli alimentari e nei rischi d'inquinamento delle risorse idriche [17]. Proprio a questo riguardo si consideri che fu necessario abbandonare completamente qualunque tipo di coltivazione e di allevamento del bestiame. Tali fattori contribuirono senza alcun dubbio ad accrescere i danni materiali dell'imponente disastro ecologico, che fu consapevolmente inteso come 'un rischio accettabile' da un modo di concepire la tecnologia e la produzione industriale irresponsabile, soprattutto nei confronti degli 'eredi' delle risorse naturali. Si sospetta che dopo oltre trent'anni il terreno sia ancora inquinato da diossina.

Se ci collochiamo sul piano della riflessione ecologica si può considerare la situazione ingenerata dall'inquinamento della diossina come analoga a quella dovuta a fenomeni di dispersione della radioattività. Infatti, si tratta di una dispersione in concreto invisibile, che provoca effetti di contaminazione e avvelenamento anche a concentrazioni minime. A Seveso si sono avute situazioni di totale abbandono del territorio con gravi ripercussioni nel campo della convivenza civile, ma anche con un certo degrado del tessuto economico e produttivo che discuteremo in una sezione dedicata a tale argomento specifico.

La Commissione parlamentare d'inchiesta [18, 19]

Essa fu istituita con la legge 357 del 16 giugno 1977 allo scopo di studiare soprattutto i rischi per la salute e l'ambiente dovuti ad attività industriali. Sotto il profilo politico, la DC contava su 12 rappresentanti, il PCI 10; PSI e MSI 2; PRI, PSDI, e Sinistra Indipendente 1. Prevalse il criterio territoriale per la scelta dei commissari, con 24 su 30 lombardi o eletti in Lombardia. In ogni caso, si manifestarono sin dall'insediamento della Commissione notevoli divergenze soprattutto su due questioni, che s'intersecavano a più livelli: quelle dell'aborto e dei mezzi da impiegare nelle operazioni di bonifica. Uno dei principali responsabili dell'innalzamento dello "scontro" interno, fu Andrea Borruso, che rappresentava le posizioni di Comunione e Liberazione, completamente appiattita su posizioni clericali antiabortiste.

All'interno della Commissione fu eletto presidente, a scrutinio segreto, il democristiano Orsini, probabilmente perché le sue competenze professionali in campi direttamente connessi con le problematiche di Seveso e il fatto che operasse al di fuori dell'ambito territoriale del disastro, fornivano importanti garanzie d'imparzialità decisionale. Bruno Orsini, docente universitario e primario ospedaliero, era infatti specializzato in neuropatologia e psichiatria e inoltre aveva ma-

turato una notevole esperienza in campo amministrativo, essendo stato consigliere e assessore comunale a Genova e consigliere regionale in Liguria. Quasi a fare da contraltare al presidente, era presente in commissione una figura di spicco del PCI e cioè Giovanni Berlinguer, docente di fisiologia e igiene del lavoro, già all'epoca assai competente sui temi inerenti la sicurezza sociale, l'ambiente, la scuola e la ricerca scientifica. Egli infatti vantava svariate pubblicazioni su temi assolutamente pertinenti al disastro come quelli dei rapporti fra scienza, medicina, industria e politica.

La Commissione s'impegnò su tre punti cruciali. Il primo concerneva l'accertamento delle gravi responsabilità del disastro, a livello delle autorità nazionali e locali e del controllo tecnico; il secondo ineriva le conseguenze economiche, sociali e ambientali in genere; infine il terzo punto riguardava le proposte operative per modificare le norme più importanti sulla salute e la sicurezza del lavoro e della cittadinanza.

Dopo un anno dall'inizio dei lavori, la Commissione d'inchiesta approvò con voto unanime una relazione conclusiva da inoltrare alla Camera dei deputati e al Senato. Si deve notare comunque che l'unanimità fu raggiunta quale encomiabile risultato di un compromesso politico assai travagliato, soprattutto sui temi dell'aborto e della bonifica, assai strettamente intrecciati. Tale compromesso fra le forze maggiormente responsabili consentì, tra l'altro, di varare successivamente l'importante legge 194/1978 sull'interruzione volontaria della gravidanza, di ricucire un certo rapporto di fiducia con le popolazioni coinvolte nel disastro ambientale e di mantenere un clima collaborativo di un certo respiro nell'ambito del governo di solidarietà nazionale.

Sull'aborto terapeutico nella relazione conclusiva s'indicò il numero degli aborti effettuati (33 nel 1976 e 12 nel 1977), e valutato il rapporto medico delle analisi effettuate nel laboratorio di Lubecca, si segnalò che non erano state riscontrate malformazioni fetali che potessero indurre a considerare la diossina dotata di effetti mutageni o teratogeni, precisando però che non si disponeva di dati quantitativi sufficienti per poter valutare in maniera statisticamente valida gli effettivi livelli di contatto con il veleno. La Commissione si limitò a inserire, nella relazione conclusiva, dati e notizie sulla bonifica, tratti dalle relazioni ufficiali della Regione e dell'incaricato speciale, quindi si operò per quantificare con una certa precisione danni e costi complessivi delle operazioni di bonifica. In definitiva la Commissione assolse al suo compito, mantenendo, per quanto possibile, un atteggiamento 'neutro' e limitandosi volutamente a relazionare in Parlamento su quanto raccolto, ordinato ed esaminato attraverso il lavoro degli organismi tecnico-scientifici maggiormente accreditati.

Gli aspetti economici

Naturalmente il disastro ebbe un marcato effetto economico, tanto per i lavoratori dipendenti, quanto per quelli autonomi. Di ciò si trova testimonianza diretta soprattutto nei quotidiani, una volta passate le prime settimane e affrontate le immediate emergenze sanitarie.

A causa dell'emergenza e del conseguente trasferimento coatto, molte famiglie della zona maggiormente inquinata dovettero abbandonare le abitazioni e le attività lavorative, patendo gravi danni, non soltanto a livello economico. [20] Le preoccupazioni sulle conseguenze economiche non erano certo dettate da allarmismi o esagerazioni, in quanto gli operatori economici erano perfettamente consci che quanto accaduto, con le conseguenti implicazioni legali e giuridiche, avrebbe comportato un grave abbattimento dei livelli occupazionali in tutti i settori più importanti, industriali, artigianali, agricoli e dell'allevamento. In particolare, nei comparti dell'agricoltura e dell'allevamento del bestiame, gli operatori furono costretti a eliminare tutti i prodotti durante la fase acuta della crisi e anche successivamente, una volta passata la fase d'immediata emergenza. Secondo le parole di Nino Pisani, direttore della federazione provinciale del settore agricoltura: "Raccolti e bestiame sono andati perduti [...] se si dovesse prospettare la cessazione di ogni attività i danni sarebbero incalcolabili". [21] I dati sulle vendite della carne, dei prodotti ortofrutticoli, delle scarpe, del vestiario e persino dei mobili fecero registrare flessioni variabili fra il 70 e il 100%. Si ebbero crisi quasi altrettanto gravi nei settori dell'auto, dell'edilizia e dell'industria meccanica, mentre una crisi totale si ebbe nel settore alberghiero di tutta la zona colpita della Brianza con presenze di turisti e operatori commerciali tendenti allo zero. Secondo una cronaca abbastanza fedele nei quotidiani vi furono addirittura gravi casi di emarginazione, dovuti alla profonda ignoranza di persone, che non conoscevano assolutamente nulla delle caratteristiche specifiche della diossina e dei modi di propagazione dell'intossicazione.

Come già accennato nelle precedenti sezioni, il sistema economico locale era caratterizzato da una forte presenza del settore artigianale, soprattutto in quello mobiliario e le ordinanze e divieti di esercizio delle attività produttive e commerciali ebbero un'influenza assai gravosa in particolare a Seveso. Notevolmente meno danneggiate economicamente furono invece Meda e Cesano Maderno, anche per il fatto che a livello d'informazione e d'opinione pubblica si ritennero colpite più blandamente dalla propagazione della nube tossica. Concludendo, si può affermare comunque che il terribile disastro comportò un effetto domino anche a livello economico, determinando una forte destabilizzazione sociale di media e lunga durata. Furono ferite nel corpo sociale e produttivo che richiesero molto tempo per rimarginarsi completamente.

Gli aspetti giuridico-processuali

Poche settimane dopo l'incidente, apparvero sui quotidiani più importanti svariati articoli sulle inchieste in corso e sulle

Accadde a Seveso, 10 Luglio 1976

responsabilità civili e penali, ma anche sui ritardi e sulle omissioni delle amministrazioni pubbliche deputate al controllo. Nel 1983, in sede processuale, la responsabilità dei fatti fu ascritta con una sentenza di condanna in primo grado, per disastro colposo, omissione di cautele e lesioni, nei confronti dei dirigenti e dei tecnici implicati nel disastro. In primo grado furono condannati Guy Waldvogel e Jörg Sambeth, direttori generali dell'azienda svizzera Givaudan (casa madre); Herwig von Zwehl e Giovanni Radice, responsabili dell'insediamento industriale italiano Icmesa; Fritz Moeri, progettista dell'impianto. Sambeth e Zwehl furono condannati a cinque anni di reclusione, Waldvogel e Moeri a quattro anni e Radice a due anni e sei mesi.[22] Nel giudizio di secondo grado del 1985, Waldvogel, Moeri e Radice furono poi assolti per non aver commesso il fatto, mentre von Zwehl e Sambeth furono condannati rispettivamente a due anni di reclusione e a un anno e sei mesi. [23] Nel 1986 si ebbe il giudizio definitivo in Cassazione che confermò la sentenza di secondo grado.

La multinazionale svizzera fu condannata a pagare anche i danni materiali. Tali rimborsi economici furono impiegati per le operazioni di bonifica dei territori della Zona A, talmente contaminati da aver richiesto l'abbattimento di tutte le strutture presenti e anche in sede civile, nel 2006 fu riconosciuto a circa ottanta abitanti di Seveso l'esistenza di un danno morale, per cui l'azienda fu condannata a versare 5000 euro di danni ciascuno. [24]

Le conseguenze normative a livello europeo [25, 26]

Sotto il profilo normativo bisogna evidentemente considerare tempi e livelli di intervento molto diversi. Abbiamo già visto quanto fu deliberato ed adottato a breve termine dalle autorità locali con specifiche decisioni ed ordinanze. A medio-lungo termine si ebbero deliberazioni del governo nazionale ed infine vi furono Direttive comunitarie, e con i conseguenti (tardivi) recepimenti nazionali.

A seguito dell'incidente di Seveso, la Comunità Europea emanò nel 1982 la Direttiva n. 82/501, cosiddetta "direttiva Seveso", relativa ai rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali (v. Insetto 1). Come ogni altra Direttiva Europea la sua attuazione era ovviamente obbligatoria per tutti gli Stati membri. Purtroppo l'Italia fu inadempiente per molti anni e fu sollecitata dalla comunità. Infatti, la norma venne recepita dall'Italia soltanto nel 1988 attraverso un Decreto del Presidente della Repubblica, l'importantissimo D.P.R. 175/1988. Si noti quindi l'estrema dilatazione dei tempi, a fronte di situazioni di emergenza già realmente accadute, che avrebbero avuto invece assoluta necessità di una ben più mirata speditezza: la norma comunitaria fu attesa per sei anni dal disastro di Seveso e l'applicazione in Italia avvenne a "soli" 12 anni dai fatti.

Risuonano davvero amare le parole di Maccacaro pubblicate su *La Repubblica* del 25 luglio 1976:

“Molti paesi dipendenti sono usati dai paesi dominanti quali stabulari umani per esperimenti rischiosi (in ospedale), produzioni nocive (in fabbrica), sfruttamenti rovinosi (del territorio) che altrove non si vogliono o non si possono effettuare. Ciò è tanto più vero da quando l'ultima invenzione del capitale imperialista, cioè l'impresa multinazionale ha sviluppato una strategia atta a distribuire e muovere da un continente all'altro, come pezzi su una scacchiera. i diversi momenti del processo produttivo, così moltiplicando la scala su cui realizza tutti gli obiettivi dello sfruttamento e in particolare due: il prelievo del profitto e lo scarico della nocività [...]. Il nostro è infatti un paese cui i governanti non hanno ancora dato adeguate leggi che proteggano il cittadino da usi sperimentali non consentiti in altre nazioni, il lavoratore da produzioni altrove bandite, la popolazione da un inquinamento non solo episodico, ma ormai massiccio e pervasivo [...]. La tragedia di Seveso può ripetersi ogni giorno in cento sedi e in mille modi - così come, in modo meno evidente, in sedi ignote e giorno dopo giorno già si rinnova e si aggrava - finché l'Italia continua ad essere ciò contro cui insorge la coscienza popolare: uno stabulario umano”

In buona sostanza, in base ad una schedatura ("check list") per tipologia di produzione, in ogni azienda la cui produzione possa rappresentare un rischio ragguardevole sul territorio si deve procedere ad una serie di adempimenti di carattere amministrativo e tecnico, ed inoltre alla messa a punto di specifiche procedure per l'esercizio delle attività e delle eventuali situazioni di rischio. In Italia a seguito del recepimento della norma Europea con il D.P.R. 175/1988, il controllo dei siti a rischio viene espletato dalle agenzie regionali per la protezione ambientale (ARPA) e dal comitato tecnico regionale o interregionale del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (CTR).

In seguito gli organismi deliberanti della Comunità Europea redassero alcune importantissime modifiche alla Seveso 1, in particolare nella Direttiva 96/1982 CEE, Seveso *bis*, venne modificata in gran parte la metodologia generale dell'approccio previsto per i sistemi di sicurezza in ambito industriale, rendendolo peraltro assai più incisivo. Tale Direttiva fu recepita nella legislazione Italiana attraverso un adeguato Decreto Legislativo, che dal punto di vista normativo, è senz'altro una "forma iuris" idonea per un recepimento di una norma Europea obbligatoria per tutti gli stati membri. Nel D.Lgs. 334/1999 si ridusse il numero dei prodotti nominalmente pericolosi da 180 a soli 50, ma si aggiunse una vera e propria classificazione specifica di pericolosità e ciò allo scopo di ampliare il campo reale di applicazione della norma stessa.

A seguito di due incidenti avvenuti a Tolosa (fabbricazione fertilizzanti), con dispersione nell'ambiente di nitra-

to d'ammonio ed uno scoppio accaduto in Olanda in uno stabilimento destinato alla produzione di materiale pirotecnico, gli organismi comunitari, Parlamento Europeo e Consiglio, in data 16 dicembre 2003, emisero una nuova Direttiva, denominata 2003/105/CE e cioè la Seveso *ter*. In essa sono contenute regolamentazioni fortemente limitative per gli stabilimenti industriali che trattano nitrati pericolosi, composti usati in pirotecnia e derivati specifici per aziende minerarie, inoltre sono previste variazioni di estrema importanza sui limiti di tollerabilità per le sostanze tossiche e per quelle cancerogene. Inseriamo, per completezza, a conclusione di quanto esaminato sugli aspetti normativi, un sunto che deriva dal processo d'interpretazione dei testi dei riferimenti normativi comunitari e nazionali (v. Insetto 2). Le norme che si desumono dal procedimento interpretativo vanno a costituire i riferimenti e gli adempimenti da ottemperare obbligatoriamente per la salvaguardia della sicurezza, della salute della cittadinanza, della protezione e preservazione dell'ambiente.

Conclusioni

Riteniamo che i dati di fatto che abbiamo presentato nelle sezioni scandiscano i momenti di un racconto terribile. A monte di tutto vi furono ignoranza scientifica e tecnologica, ricerca del profitto come principale motivazione imprenditoriale, indifferenza rispetto alle condizioni di lavoro e all'impatto ambientale. Dopo l'evento drammatico del 10 luglio 1976 vi fu una sequela impressionante di conseguenze sulla salute degli abitanti, sull'ambiente, sull'economia locale. [27] Ma nessuno dei dati che abbiamo riportato può descrivere il dramma *vissuto* da centinaia di famiglie strappate alla loro quotidianità. [28, 29, 30] Nessuna cifra può indicare cosa significhi la perdita del proprio lavoro o la cancellazione della propria azienda. Però, come dicevamo dell'introduzione, i dati di fatto gettano almeno una base solida su cui articolare un giudizio sul passato e da cui partire per realizzare un futuro più sicuro – per noi, per i nostri beni, per l'ambiente. Riteniamo che sia un obbligo etico dei docenti formare una conoscenza critica nelle nuove generazioni. Ciò può essere attuato anche attraverso un approccio mirato e consapevole ai fatti della scienza, alle scelte tecnologiche più idonee e alla consapevolezza che le fonti normative svolgono un'importante funzione di garanzia dei diritti di tutti i cittadini. D'altra parte è tracciabile un possibile percorso didattico, da svolgere in processi educativi formali e non formali, ricorrendo a fonti autorevoli che sono facilmente accessibili in rete. [31]

Viviamo in un periodo assai difficile, in cui le questioni della sicurezza sembrano dover lasciare il passo ad altre priorità. Anche nella nostra classe dirigente, ossia non solo tra i politici, c'è chi pensa che la normativa per la sicurezza sul posto di lavoro e nella localizzazione degli impianti sia un impaccio burocratico, una pastoia che lega l'imprenditore, un intralcio allo sviluppo economico. Proprio a questo proposito abbiamo riportato nell'Insetto 2 i principali adempimenti che portano l'imprenditore a gestire un'impresa in regola con le leggi nazionali e le normative europee. Una lettura distratta dell'Insetto 2 darebbe ragione a chi vede nell'insieme di norme una *limitazione alla libertà* dell'impresa, una lettura più attenta, in grado di soffermarsi sui singoli punti, vi vede invece la sensata ricerca di un *aiuto preventivo* all'impresa, in modo da evitare le pesanti e talvolta luttuose conseguenze della violazione delle norme di sicurezza.

INSERTO 1

Sintesi delle disposizioni presenti nella Direttiva “Seveso”

Una lettura attenta e l'interpretazione del testo scritto, fornisce il seguente schema generale delle disposizioni presenti già nella prima Direttiva Europea.

- Un completo censimento territoriale degli stabilimenti a rischio.
- Un'esauriente identificazione dei materiali pericolosi, delle materie prime, degli intermedi di lavorazione, dei prodotti finiti,
- La messa a punto, in detti complessi produttivi, di piani di prevenzione e protezione e di uno o più piani di emergenza.
- Un'efficace limitazione dell'effetto domino, ottenibile mediante una reale cooperazione fra i vari gestori posti a salvaguardia dell'ambiente.
- Un adeguato controllo delle condizioni fondamentali di urbanizzazione, della gestione territoriale e delle infrastrutture di trasporto nelle zone limitrofe agli insediamenti pericolosi.
- La puntuale informazione degli abitanti e l'immediato avvertimento di eventuali situazioni di allarme e/o emergenza delle autorità territoriali preposte.
- Una specifica, continua e tecnicamente approfondita attività d'ispezione e controllo da parte di autorità ben identificate od identificabili da incaricare in funzione di una comprovata competenza scientifica nelle varie branche del sapere che possono risultare coinvolte a livello pluri-disciplinare, aventi come finalità quella di valutare i pericoli potenziali presenti e futuri nei siti a rischio.

INSERTO 2

Sintesi degli adempimenti derivanti dalle norme UE e nazionali

- Individuazione e classificazione dei rischi rilevanti connessi all'attività produttiva.
- Elaborazione accurata e redazione puntuale del Documento di Valutazione dei Rischi, secondo le modalità e le procedure operative e formali previste dal D.Lgs. 81/2008, tenendo in debito conto gli aspetti innovati, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, dal Decreto Legislativo 3 agosto 2009, n. 106.
- Esperire secondo il Decreto Ministeriale del 16 marzo 1998 D.M. 16/03/98, tutte le attività vincolanti e cogenti riguardanti l'informazione, la formazione e l'addestramento dei lavoratori e di eventuali addetti esterni.
- Trasmettere la Notifica secondo le modalità previste per l'autocertificazione e la Scheda Informativa, prevista nell'allegato V del D.Lgs. citato a: Ministero dell'Ambiente, Regione, Provincia, Comune e Prefetto.
- Predisporre ed effettuare una completa operazione di riesame valutativo del Documento di politica di prevenzione degli incidenti rilevanti.
- Porre in attuazione, controllando anche l'operatività pratica in azienda, il Sistema Gestionale della Sicurezza (SGS), che costituisce un importante allegato del documento generale sopra citato.
- Redigere in maniera completa ed esauriente il Rapporto di Sicurezza da inoltrare all'autorità competente.
- Sottoporre a verifica periodica il Rapporto di Sicurezza con cadenza quinquennale e modificarlo celermente in caso di modifiche strutturali, d'impiego di materie prime, di intermedi, etc., o di processo che possano contribuire in maniera significativa ad un aumento delle condizioni di rischio preesistenti. Attuare una modifica anche nel caso in cui siano disponibili nuove conoscenze tecniche, regolamentari o classificatorie sul tema della sicurezza, della prevenzione e protezione.
- Redigere e predisporre il Piano di Emergenza Interno, verificando anche tutte le prassi operative con simulazioni periodiche effettivamente svolte dagli addetti.
- Fornire al Prefetto ed alla Provincia tutte le informazioni necessarie ed in particolare quelle relative all'ubicazione dei mezzi di estinzione incendi (estintori, idranti, etc.), delle valvole di sezionamento del metano o di altri gas ed anche dei depositi dei materiali impiegati, con particolare precisione (qualitativa e quantitativa) rispetto a combustibili, comburenti, prodotti nocivi, tossici e pericolosi per l'ambiente, al fine della stesura del Piano di Emergenza Esterno davvero efficace.

Bibliografia e note

- [1] B. Commoner., *Il cerchio da chiudere: la natura, l'uomo e la tecnologia*, Garzanti, Milano, 1972.
- [2] AA.VV., "Seveso un crimine di pace", *Sapere*, 1976, 796; AA.VV., "Seveso sei anni dopo", *Sapere*, 1982, 848.
- [3] L. Canonica, "Seveso: considerazioni e commenti", *La Chimica e l'Industria*, 1977, 59, 87; G. Ferraiolo, "Seveso: analisi sulla stabilità del processo in rapporto alle possibili cause chimico fisiche dell'esplosione", *La Chimica e l'Industria*, 1979, 61, 108; J.J. Carberry, "Un autorevole parere sull'esplosione di Seveso", *La Chimica e l'Industria* 1979, 61, 866; P. Cardillo, A. Girelli, "Studio termoanalitico della «miscela di Seveso»", *La Chimica e l'Industria* 1980, 62, 651.
- [4] ASTM: "Standard method for assessing the thermal stability of chemicals by methods of differential thermal analysis". ANSI/ASTM E 537-76; ASTM: "Standard test method for constant-temperature stability of chemical materials" ASTM E 487-74.
- [5] B. De Marchi, S. Funtowicz, and J. Ravetz, "Seveso: A paradoxical classic disaster", cap. 4 di: J. K. Mitchell (Ed.), *The long road to recovery: Community responses to industrial disaster*, United Nations University Press; il testo integrale di questo volume è all'URL: <http://unu.edu/unupress/unupbooks/uu211e/uu211e00.htm>.
- [6] R. Delort, F. Walter, *Seveso trent'anni dopo: la gestione del rischio industriale*, Giuffrè, Milano, 2006.
- [7] D. Biacchessi, *La fabbrica dei profumi. La verità su Seveso, l'Icmesa, la diossina*, Baldini & Castoldi, Milano, 1995.
- [8] F. Rocca, G. Sabbatucci, V. Vidotto, *I giorni della diossina*, Centro Studi A. Grandi, Milano, 1980.
- [9] Cfr. in Archivio Comune di Seveso. Cartella 1229, categoria 15, classe 8 l'ordinanza del sindaco di Seveso n. 59 del 24 agosto 1976 (di seguito anche Arc. Com. Seveso C., cat., cl., fa).
- [10] A questo proposito sono interessanti le considerazioni sulle modalità comunicative e iconografiche della stampa quotidiana presenti nei testi di Mascherpa e Fratter: B. Mascherpa, *La stampa quotidiana e la catastrofe di Seveso: verità e falsità dei giornali di fronte al problema dell'aborto*, Vita e Pensiero, Milano, 1990; M. Fratter, *Seveso. Memorie da sotto il bosco*, Legambiente, Milano, 2006.
- [11] L. Centemeri, *Ritorno a Seveso. Il danno ambientale, il suo riconoscimento, la sua riparazione*, Mondadori, Milano, 2006.

- [12] A. Bonanni, "Se l'Icmesa fosse stata in Germania la nube tossica non si sarebbe diffusa", *Il Corriere della Sera*, 29 Agosto 1976.
- [13] I dati della ricerca, condotta da Pietro Alberto Bertazzi, sono citati in Castoldi M., "Trent'anni fa il disastro dell'Icmesa. Diossina, paura e dolore non passano", *Il Corriere della Sera*, 26 febbraio 2006.
- [14] M. Castoldi, "La diossina fece raddoppiare le nascite di femmine", *Il Corriere della Sera*, 22 ottobre 1996.
- [15] Vedi nota 9 - Cfr. in Archivio Comune di Seveso. Cartella 1229, categoria 15, classe 8 l'ordinanza del sindaco di Seveso n. 59 del 24 agosto 1976 (di seguito anche Arc. Com. Seveso C., cat., cl., fa).
- [16] M.H. Milnes, "Formation of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzodioxin by Thermal Decomposition of Sodium 2,4,5-Trichlorophenate", *Nature*, 1971, **232**, 395; A.H. Hay, "Toxic cloud over Seveso", *Nature*, 1976, **262**, 636; Id., "Seveso: the aftermath", *Nature*, 1976, **263**, 538; T.G. Theofanus, "A physicochemical mechanism for the ignition of the Seveso Accident", *Nature*, 1981, **291**, 640.
- [17] Vedi nota 11.
- [18] *Camera dei deputati Archivio storico. Guida ai fondi dell'Archivio storico della Camera dei deputati*, 2010; URL: http://archivio.camera.it/resources/pu01/allegati/Guida_ARS.0006.pdf. Commissione sulla fuga di sostanze tossiche avvenuta il 10 luglio 1976 nello stabilimento ICMESA e sui rischi potenziali per la salute e per l'ambiente derivanti da attività industriali (Seveso) (1977-1978). La Commissione fu istituita con legge 16 giugno 1977, n. 354 e prorogata con legge 24 gennaio 1978, n. 12; era composta da quindici deputati e quindici senatori e presieduta dall'onorevole Bruno Orsini, e aveva il compito di "indagare e riferire al Parlamento sulle cause e responsabilità della fuga di sostanze inquinanti verificatasi il 10 luglio 1976 da un reattore installato nello stabilimento della società ICMESA", raccogliendo inoltre "elementi di valutazione sui rischi potenziali derivanti da attività industriali", anche al fine di elaborare proposte normative a tutela della salute e dell'equilibrio ambientale. Le informazioni biografiche sui commissari, sono consultabili nelle schede ufficiali comprensive dei dati personali e degli incarichi dei deputati nell'Archivio storico della Camera dei Deputati, Fondo "Schede anagrafiche dei deputati", vol. *VII legislatura*. La relazione finale è stata presentata il 25 luglio 1978.
- [19] B. Ziglioli, *La mina vagante : il disastro di Seveso e la solidarietà nazionale*, Angeli, Milano, 2010.
- [20] F. Metrangolo, "Reagiscono gli operatori delle zone inquinate dalla diossina", *Il Corriere della Sera*, 1 agosto 1976.
- [21] G. Belingardi, "Danni economici incalcolabili", *Il Corriere della Sera*, 28 luglio 1976.
- [22] M. Alberizzi, "Diossina a Seveso: cinque condanne", *Il Corriere della Sera*, 25 settembre 1983.
- [23] M. Alberizzi, "Assolto il presidente dell'Icmesa per la nube di diossina a Seveso", *Il Corriere della Sera*, 15 maggio 1985.
- [24] P. Casicci, A. Giordano, "Seveso trent'anni dopo, una sentenza ma ancora mille dubbi", *Il Venerdì di Repubblica*, 27 gennaio 2006.
- [25] N. Penelope, *Proposta ambiente: 1987 anno europeo dell'ambiente*, Convegno presso il Museo della Scienza e della Tecnica, Milano 9-10 marzo 1987, Cgil Lombardia, 1987.
- [26] L. Basso, *Il recepimento delle direttive Seveso in Italia e in Lombardia*, in Cutrera, Pastorella, Pozzo, 2006.
- [27] G. Cerruti, S. Zedda, L. Conti, et al., *Icmesa. Una rapina di salute, di lavoro e di territorio*, Mazzotta, Milano, 1976.
- [28] D. Colombo, *Quelli della diossina*, Edizioni Lavoro, Roma, 2006.
- [29] G. Crainz, *Una lepre con la faccia di bambina*, Editori Riuniti, Roma, 1978.
- [30] M.L Ferrara, *Le donne di Seveso*, Editori Riuniti, Roma, 1977.
- [31] Siti in lingua italiana relativi a questioni ambientali, di sicurezza e igiene del lavoro: http://www.minambiente.it/home_it/index.html; <http://www.ambientediritto.it/>; <http://www.legambiente.it/>; <http://www.federchimica.it/Index.aspx>; <http://www.wwf.it/client/render.aspx>; <http://www.amblav.it/>; <http://www.eidos.it/>. Siti in lingua italiana per la ricerca di fonti a stampa: <http://www.regione.piemonte.it/opac/>; <http://www3.lastampa.it/archivio-storico/>; http://www.soc.chim.it/it/riviste/chimica_industria; <http://www.storiaefuturo.com/>. Siti in lingua inglese relativi a questioni ambientali, di sicurezza e igiene del lavoro: <http://www.astm.org/>; <http://www.epa.gov/>; <http://www.cdc.gov/niosh/>; <http://www.iarc.fr/index.php>; <http://www.nature.com/nature/index.html>.

Un percorso sperimentale sulle sostanze naturali: estrazione, identificazione e sintesi dell'aldeide cinnamica.

Napoleone Fabbri, Pierluigi Robino, Gianpaolo Simonelli

I.I.S. "E. Santoni" di Pisa - Sez. Ass. I.T.A.S. "C. Gambacorti"

Tematica affrontata:

Il percorso presentato si propone di stimolare l'utilizzo da parte dello studente delle conoscenze acquisite in campo chimico, in un percorso sperimentale di problem solving guidato.

Il contesto scelto è quello delle sostanze naturali, ed in particolare il problema proposto è quello di isolare il principio attivo di un aroma naturale, analizzando il prodotto realmente ottenuto e tentando la sintesi chimica della sostanza in questione.

L'approccio è comunque modulabile in funzione del percorso di studi, dei tempi e delle attrezzature realmente disponibili.

Obiettivi:

- Acquisire consapevolezza della complessità dei materiali (composizione e comportamento) incontrati in situazioni reali.
- Utilizzare alcune tecniche di separazione studiate (distillazione, estrazione con solventi, gascromatografia).
- Sperimentare una procedura di sintesi organica.

Ordine di scuola: scuola secondaria di II grado – triennio

INTRODUZIONE

Nello sviluppo teorico dei corsi di chimica vengono presentati fenomeni e tecniche che l'allievo dovrebbe ricollegare a situazioni concrete.

Le prime esperienze di laboratorio, a livello di biennio, partono logicamente da contesti fortemente semplificati.

Nei corsi di studio in cui la chimica viene approfondita, assume invece importanza, a livello sia cognitivo che motivazionale, il confronto con situazioni reali.

In particolare è fondamentale far sperimentare all'allievo l'utilizzo congiunto di diverse conoscenze, acquisite in diverse fasi della sua formazione, per affrontare un problema concreto.

La scelta del campo delle sostanze aromatiche naturali è motivata da diverse considerazioni:

- dal punto di vista didattico, lo studio di sostanze con caratteristiche macroscopiche rilevabili (l'odore in questo caso) facilita il collegamento tra le proprietà concrete dei materiali e i risultati 'teorici' di analisi e reazioni chimiche;
- dal punto di vista motivazionale, l'obiettivo del percorso è tangibile: il risultato non sarà solo astratto (formule, calcoli, misure, ...) ma anche concreto e verificabile con i sensi (la sostanza aromaticamente attiva);
- dal punto di vista sperimentale, la bassa tossicità dei materiali incontrati semplifica fortemente il lavoro in condizioni di sicurezza.

L'attività proposta di estrazione dell'aldeide cinnamica dalla cannella e sua caratterizzazione gascromatografica e sintesi, è sia modulabile sia adattabile ad altre sostanze aromatiche.

Le procedure sperimentali sono descritte e illustrate nelle schede citate in seguito come allegati al percorso.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA':

1) Presentazione del problema-contesto

Il docente propone l'obiettivo di isolare la sostanza principale che conferisce il tipico aroma alla cannella (aldeide cinnamica), procedendo alla raccolta di quelle informazioni preliminari che consentiranno la messa a punto del metodo:

- natura e origine della spezia;
- caratteristiche chimico-fisiche dell'aldeide cinnamica;
- metodi di ottenimento di oli essenziali;
- modalità di analisi di miscele complesse;
- possibili metodologie di sintesi dell'aldeide cinnamica.

Tali informazioni saranno reperite impiegando sia libri di testo scolastici sia materiale reperito in rete o su testi specialistici.

In tale fase si può evidenziare l'utilità di reperire informazioni anche in lingua inglese, vista la sicuramente maggiore disponibilità.

Sulla base dei tali informazioni gli studenti dovranno individuare:

- una possibile metodologia che consenta l'ottenimento dell'olio essenziale;
- una possibile metodologia per la sintesi chimica (a partire da reagenti in commercio) che consenta di ottenere l'aldeide cinnamica;
- una possibile via per studiare la composizione dei prodotti ottenuti.

2) Estrazione dell'aldeide cinnamica

Una via tipica per l'estrazione di oli essenziali risulterà essere basata su:

- distillazione in corrente di vapore;
- successiva estrazione con solvente della parte organica;
- evaporazione del solvente.

L'apparecchiatura è opportuno risulti essere la più semplice possibile, in modo da focalizzare l'attenzione sul principio del metodo e non su aspetti tecnici.

L'insegnante guiderà gli studenti nella scelta delle apparecchiature in base alle disponibilità di laboratorio e nella scelta del solvente, che dovrà tenere conto sia della minore tossicità sia di una buona volatilità.

Eventualmente, diversi gruppi di studenti potrebbero scegliere diversi adattamenti sperimentali, arrivando quindi ad una valutazione dei metodi in termini di vantaggi e svantaggi delle diverse soluzioni.

Un possibile percorso di lavoro (positivamente testato) è riportato nella scheda allegata sull' "estrazione dell'olio essenziale dalla cannella".

3) Sintesi dell'aldeide cinnamica

La via tipica per la sintesi dell'aldeide cinnamica prevede la reazione tra aldeide benzoica e aldeide acetica: si tratta di una condensazione aldolica incrociata, con successiva reazione di eliminazione di acqua.

Nella scheda allegata sulla "sintesi dell'aldeide cinnamica" sono descritte e illustrate le varie fasi operative.

Dal punto di vista didattico è interessante il problema con cui si scontrano gli studenti quando riscontrano che l'andamento reale del processo porta ad un prodotto ancora contenente aldeide benzoica non reagita (riconoscibile dal tipico odore di mandorle amare), fornendo una serie di stimoli:

- la verifica della effettiva formazione di aldeide cinnamica (la necessità quindi di individuare una tecnica analitica, ad es. la gascromatografia);
- il problema della purificazione del prodotto;
- la spiegazione della prevalenza dell'odore di aldeide benzoica rispetto alla cinnamica (prevalenza che sembra scomparire se una porzione di prodotto finisce sulla pelle ... o meglio su un foglio di carta oleata).

4) Analisi gascromatografica dell'estratto

Dall'analisi del problema proposto, sicuramente sono emerse le tecniche cromatografiche come metodo di analisi di miscele complesse.

Si studieranno quindi campioni di riferimento e prodotti ottenuti per via gascromatografica, identificando le sostanze per confronto dei tempi di ritenzione.

Nella scheda sulle "analisi gascromatografiche" sono riportate condizioni di lavoro e risultati realmente ottenibili a livello scolastico: la ricerca delle condizioni ottimali non è critica, come non è critica la scelta della colonna.

Se non disponibile a scuola un gascromatografo si può operare:

- sfruttando una collaborazione con l'università;
- mettendo a punto una separazione cromatografica su strato sottile.

5) Documentazione dell'attività

Si consiglia di organizzare con gli studenti una documentazione di ogni fase che preveda:

- una accurata descrizione di materiali ed operazioni (comprehensive di indicazioni sulla sicurezza);
- la raccolta sistematica di foto (o video) di ogni fase;
- l'acquisizione dei cromatogrammi in forma digitale per poterli confrontare efficacemente.

Tutto ciò si presterà alla costruzione finale di un ipertesto o prodotto multimediale.

Qualora diversi gruppi di studenti abbiano operato scelte sperimentali differenti, una accurata documentazione ne permetterà il confronto, giungendo così collaborativamente alla elaborazione finale di un 'metodo ottimale'.

6) Possibili ulteriori attività

Una volta sperimentato il percorso descritto, possibili attività integrative sono:

- una indagine spettrofotometrica su reagenti e prodotti utilizzati (ad esempio, nell'infrarosso);
- lo studio di un analogo percorso per altre sostanze naturali (ad esempio, per l'eugenolo, presente nei chiodi di garofano).

SCHEDA DI APPROFONDIMENTO

L'aldeide cinnamica (nome IUPAC: (E)-3-fenilprop-2-enale) è la sostanza principale che conferisce il particolare aroma alla cannella, spezia ricavata dalla corteccia del *Cinnamomum zeylanicum*, albero della famiglia delle Lauraceae.

L'aldeide cinnamica è una sostanza liquida di colore giallo, poco solubile in acqua e molto solubile in solventi organici, avente densità 1,05 g/mL e temperatura di ebollizione di 252°C.

Per queste caratteristiche, l'isolamento dell'aldeide cinnamica dalla cannella può essere condotto per distillazione in corrente di vapore e successiva estrazione con un solvente organico (quale, ad esempio, il dietilere): si ottiene così un 'olio essenziale' (con rese del 1-2% rispetto alla spezia) che contiene principalmente l'aldeide, insieme ad altre sostanze in minore quantità.

Per valutare la composizione dell'estratto si può condurre un'analisi gascromatografica, confrontando l'estratto con un campione di aldeide cinnamica pura; le condizioni di seguito riportate danno buoni risultati sperimentali:

- colonna capillare DB-5 con azoto come gas di trasporto;
- temperatura della colonna a 120°C per 8 min. e successivo incremento a 190 °C (6°C/min.);
- temperature dell'iniettore e del rivelatore (FID) a 250 °C.

L'aldeide cinnamica può inoltre essere sintetizzata abbastanza semplicemente in laboratorio, tramite condensazione aldolica incrociata tra acetaldeide e benzaldeide; la reazione viene condotta a bassa temperatura per evitare sia l'evaporazione dell'acetaldeide (molto volatile) sia per limitare la sua autocondensazione.

Sebbene i testi raccomandino sempre la purificazione accurata dei reagenti, questa può essere evitata (per motivi di tempo e di semplicità) ottenendo risultati decisamente accettabili.

Un problema riscontrato è quello della permanenza di benzaldeide non reagita, rilevabile dal caratteristico odore di mandorle amare (e ovviamente dall'analisi gascromatografica); la purificazione del prodotto può essere effettuata per distillazione in corrente di vapore o a pressione ridotta, in quanto la benzaldeide ha temperatura di ebollizione di 178°C. L'analisi gascromatografica del prodotto di sintesi mostra inoltre risultati assai diversi dall'estratto relativamente alle impurezze (il prodotto principale è ovviamente l'aldeide cinnamica): infatti se nell'estratto naturale sono presenti numerosi altri composti, nel sintetizzato si rileva essenzialmente l'impurezza della benzaldeide non reagita. Questa osservazione spiega le 'sfumature' e peculiarità dell'aroma naturale rispetto all'aldeide cinnamica pura.

BIBLIOGRAFIA

- G. Valitutti, G. Fornari, M. T. Gando – Chimica organica, biochimica e laboratorio – Masson Scuola
- R. Cozzi, P. Protti, T. Ruaro - Analisi chimica strumentale – Zanichelli
- N. Fabbri, P. Robino, G. Simonelli – Quaderni di analisi chimica strumentale - (edizione on-line: http://www.prweb.it/chimica_biologicalo/testi/index.html)
- R. L. Nongkhlaw, R. Nongrum, B. Myrbohn - Synthesis of substituted hexa-3,5- dienoic acid methyl esters from conjugated
- Journal of the Chemical Society, Perkin Trans. 1, (11), 2001, 1300–1303

SITOGRAFIA

Informazioni generali sulla cannella e sull'aldeide cinnamica:

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Cinnamaldehyde>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Cinnamon>
- <http://it.wikipedia.org/wiki/Cannella>

Schede di sicurezza con le caratteristiche dei prodotti trattati:

- <http://www.carloerbareagenti.com>

Estrazione dell'aldeide cinnamica dalla cannella:

- http://www.molecularlab.it/relazioni/sostanze_organiche/cinnamaldeide.asp

Sulle reazioni di condensazione aldolica:

- <http://www.scibio.unifi.it/chimorg/cap17.html#h-17.4>
- <http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/carey5e/Ch18/ch18-3-4.html>

Informazioni tecniche su sintesi e caratterizzazione dell'aldeide cinnamica:

- <http://pubs.rsc.org/ej/P1/2001/B101242H.pdf>
- <http://www.pherobase.com/database/synthesis/synthesis-detail-Ecinnamaldehyde.php>
- http://www.discip.accaen.fr/phch/lycee/seconde/C_cinnamaldehyde/C_cinnamaldehyde.htm

Estrazione dell'olio essenziale dalla cannella



Per estrarre l'olio essenziale di cannella, il cui componente principale è l'aldeide cinnamica, si utilizza la **DISTILLAZIONE IN CORRENTE DI VAPORE**.

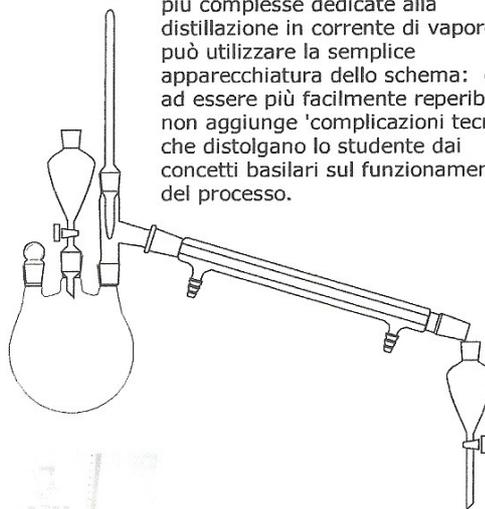
La **DISTILLAZIONE IN CORRENTE DI VAPORE** viene impiegata per sostanze immiscibili in acqua e che presentano temperature di ebollizione così elevate da rischiare la loro decomposizione operando con una distillazione semplice.

Il principio su cui si basa questo metodo è legato al fatto che la temperatura di ebollizione di una miscela eterogenea è inferiore alla temperatura di ebollizione del componente più volatile. Introducendo nel distillatore cannella e acqua, con il riscaldamento si formano vapori ricchi di acqua ma contenenti anche l'olio essenziale di cannella.

Il condensato risulta pertanto una emulsione biancastra di olio essenziale in acqua: la parte organica può quindi essere separata con una estrazione con un solvente basso-bollente.

Nota tecnica:

Sebbene esistano apparecchiature più complesse dedicate alla distillazione in corrente di vapore, si può utilizzare la semplice apparecchiatura dello schema: oltre ad essere più facilmente reperibile, non aggiunge 'complicazioni tecniche' che distolgano lo studente dai concetti basilari sul funzionamento del processo.



30 g di cannella, opportunamente sminuzzata sono stati introdotti all'interno del pallone a tre colli con circa 400 mL di acqua.



Il pallone a 3 colli è stato messo nel manto riscaldante....



... e collegato al condensatore raffreddato con acqua.

L'emulsione in uscita dal condensatore viene raccolta direttamente nell'imbuto separatore.



Alla fine della distillazione si ottiene un'emulsione nella quale è presente l'aldeide cinnamica.



Per separare l'olio essenziale si sfrutta l'azione di un solvente, dietilere, non miscibile con l'acqua e in cui l'olio essenziale è ben solubile: si formano così due strati, uno superiore acquoso e uno strato organico più pesante. I due strati vengono facilmente isolati tramite l'imbuto separatore.

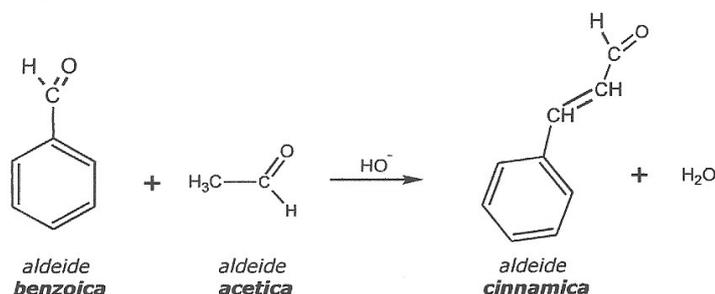
Facendo evaporare il solvente, si ottiene l'olio essenziale di cannella ...
... con una resa intorno all'1%.



Sintesi dell'aldeide cinnamica

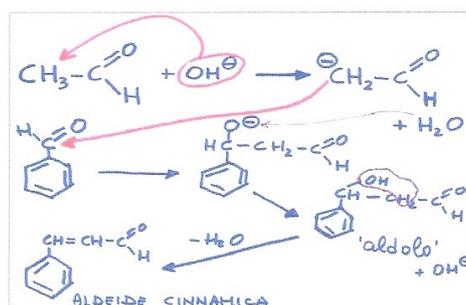
L'**aldeide cinnamica** è il componente principale dell'essenza di cannella: oltre ad essere estratta dal prodotto naturale, può anche essere preparata per **sintesi chimica** a partire da altri composti organici: l'**aldeide benzoica** e l'**aldeide acetica**.

Dal punto di vista chimico, si tratta di una **condensazione aldolica** incrociata, con successiva reazione di eliminazione di acqua...



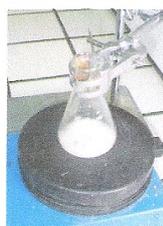
Vediamo come si opera...

Per la sintesi dell'aldeide cinnamica servono
 - aldeide benzoica (5,3 g, 5,1 cm³)
 - aldeide acetica (2,2 g, 2,8 cm³)
 - soluzione di NaOH al 10% (2 mL)
 Utilizzeremo anche una soluzione di acido cloridrico e dell'etere etilico.



Si prepara una beuta in un bagno a ghiaccio, e nella beuta si introducono l'aldeide benzoica e l'aldeide acetica in quantità stechiometrica.

Alla soluzione così ottenuta si aggiunge goccia a goccia la soluzione di idrossido di sodio (NaOH): avrà così inizio il processo di condensazione aldolica.



La reazione procede per circa 4 ore a temperatura ambiente nel corso delle quali si osserva la formazione di un prodotto giallo.



A questo punto il miscuglio viene acidificato con HCl e, per separare la parte organica (che dovrebbe contenere l'aldeide cinnamica), si effettua una estrazione con dietilere, un solvente non miscibile con l'acqua.

Il dietilere scioglie la parte organica e forma così uno strato giallo sovrastante la parte acquosa (incolore): con l'aiuto di un imbuto separatore si isola facilmente la parte organica.

Non resta a questo punto che far evaporare il solvente: si ottiene così un olio giallo-bruno che contiene l'aldeide cinnamica, ma che continua a presentare un netto odore di mandorle (presenza di aldeide benzoica).



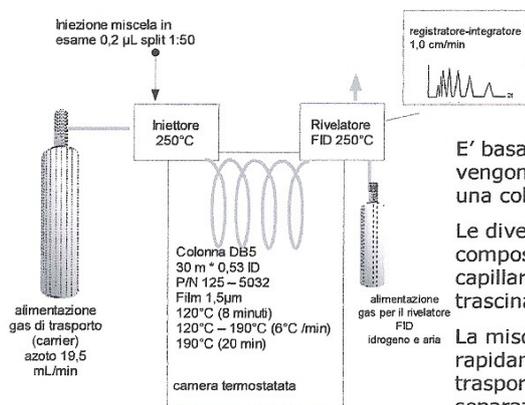
L'analisi gascromatografica sul prodotto grezzo

La miscela ottenuta è stata diluita in cloroformio e iniettata nel gascromatografo: nel cromatogramma osserviamo un picco corrispondente all'aldeide cinnamica ed un picco corrispondente all'aldeide benzoica (evidentemente non reagita).

Purificazione del prodotto

Effettuando una distillazione in corrente di vapore, in modo analogo a quanto effettuato con la cannella, si ottengono prima delle frazioni ricche di aldeide benzoica e, poi, frazioni in cui è nettamente prevalente il prodotto desiderato (l'aldeide cinnamica), come rilevato dall'odore e evidenziato dal cromatogramma.

Le analisi gascromatografiche



La **gas-cromatografia** è una tecnica di **separazione** che consente di effettuare analisi qualitative e quantitative sulla composizione di una miscela. Ovviamente, la gascromatografia può essere utilizzata solo con sostanze che possono essere vaporizzate.

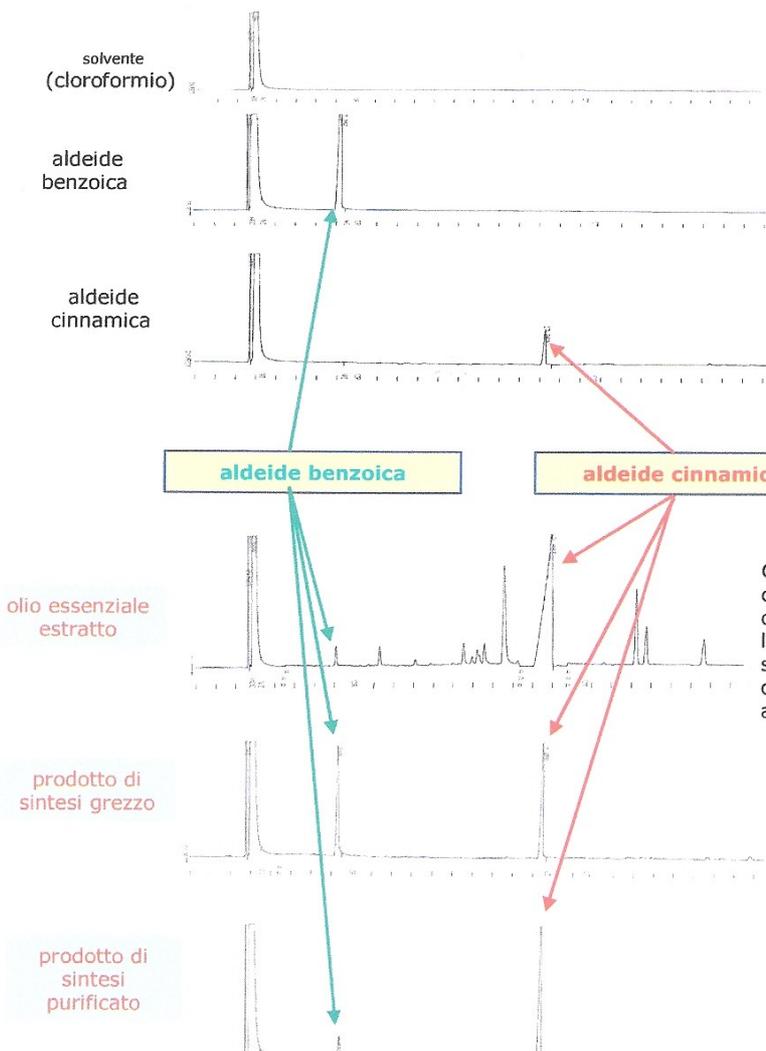
È basata sulle diverse velocità con cui le sostanze vengono trascinate da un gas che scorre all'interno di una colonna capillare.

Le diverse velocità derivano dalle diverse affinità che i composti hanno rispetto al materiale interno del capillare; in particolare, le sostanze più volatili saranno trascinate più rapidamente.

La miscela viene introdotta nell'iniettore dove viene rapidamente vaporizzata, dopodiché, tramite un gas di trasporto, passa alla colonna dove avviene la separazione. All'uscita della colonna un detector rivela l'arrivo delle varie sostanze, fornendo un segnale che viene registrato sotto forma di picco in funzione del tempo e la cui area dipende dalla quantità di sostanza.



Lo studio del **cromatogramma** consente di effettuare analisi qualitative in quanto il tempo impiegato a percorrere la colonna (in identiche condizioni) è caratteristico di ogni sostanza: si può pertanto procedere ad un confronto delle miscele analizzate con campioni di composizione nota.



Con microsiringa viene introdotta nel gascromatografo una quantità di campione (dell'ordine di 0,2 µL).



Come si osserva dal cromatogramma, l'aldeide cinnamica è il componente presente in maggior quantità nell'olio essenziale di cannella (tra l'altro il suo picco è stato fortemente attenuato); si nota però la presenza di tanti altri composti che contribuiscono a conferire il classico aroma alla cannella.

Nel prodotto di sintesi grezzo si osserva la presenza di una notevole quantità di aldeide benzoica non reagita.

Tramite distillazione in corrente di vapore, è possibile ottenere una frazione contenente aldeide cinnamica in netta prevalenza.

La bufala delle scie chimiche: come un fenomeno assolutamente normale può scatenare bizzarre teorie pseudoscientifiche e complottistiche¹

Silvano Fuso

Istituto d'Istruzione Superiore "Primo Levi", Ronco Scrivia (GE)
e CICALP (Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sul Paranormale)
e-mail: silvanofuso@tin.it

Riassunto: la bizzarra teoria delle scie chimiche, pur essendo del tutto priva di ogni fondamento, gode di molta popolarità e persino alcuni politici contribuiscono a darle credito.

Abstract: the bizarre theory of chemtrails, though entirely without foundation, is very popular and even many politicians help to make it credible.

Guardando il cielo sereno capita molto spesso di osservare aerei a reazione che tracciano le loro candide scie. È un evento comune al quale siamo oramai abituati. Eppure, da qualche tempo, c'è chi ha sollevato grandi allarmismi sul fenomeno. Basta digitare su un motore di ricerca di Internet le parole "scie chimiche" o "chemtrails" (dall'inglese da "chemical trails"), per rendersi conto di quanta gente sia terribilmente preoccupata per queste emissioni aeree e faccia di tutto per preoccupare anche il prossimo. Anche alcuni programmi televisivi di pseudodivulgazione hanno concesso ampio spazio all'argomento.

Quello delle scie chimiche è un tipico esempio di fenomeno assolutamente normale sul quale vengono però costruite bizzarre interpretazioni che mostrano solamente quanta ignoranza scientifica e quanta irrazionalità circolano nelle nostre società. Cerchiamo di capire meglio come stanno le cose².

Scie di condensazione

Il fenomeno reale da cui nasce la curiosa teoria delle scie chimiche è costituito dalle scie di condensazione rilasciate dagli aerei in volo. Queste scie, chiamate "contrail" (dall'inglese "condensation trail"), sono dovute all'emissione del vapore acqueo, contenuto nei gas di scarico dei velivoli, che, incontrando l'aria d'alta quota a bassa temperatura, subisce una normale condensazione o un brinamento (visto che il vapore può passare allo stato di ghiaccio).

La forma e le caratteristiche delle scie dipende fortemente dalle condizioni dell'atmosfera in cui i gas vengono rilasciati. In aria molto fredda i gas brinano rapidamente formando scie compatte. Se la temperatura esterna è più alta (o se i gas emessi sono molto caldi), la condensazione avviene più lentamente e le scie risultano più larghe. Anche i venti influenzano il fenomeno. Se sono ridotti, la scia rimane compatta più a lungo. Se sono più intensi, la scia si disperde allargandosi. Se la direzione dei venti è variabile infine possono formarsi ramificazioni laterali. Oltre alle condizioni atmosferiche, il fenomeno dipende anche dalle caratteristiche della miscela dei gas che fuoriescono dai motori. Di conseguenza motori diversi, o motori uguali a diverso regime, possono formare scie differenti nelle stesse identiche condizioni atmosferiche. Per esempio, i moderni motori "turbofan" a doppio flusso provocano la formazione di scie più facilmente dei precedenti e meno efficienti "turbofan" a singolo flusso.

L'incremento del traffico aereo verificatosi a partire dagli anni Ottanta e Novanta ha fatto aumentare notevolmente il fenomeno delle scie che, in corrispondenza degli spazi maggiormente interessati alle rotte aeree, possono ricoprire buona parte del cielo. Basti pensare, a titolo di esempio, che solo in Italia il traffico aereo dal 1986 al 2006 è triplicato passando da 507.374 voli all'anno a 1.538.977 voli all'anno.

Cosa dicono gli "sciachimisti"

I sostenitori della bizzarra teoria delle scie chimiche (chiamati per semplicità "sciachimisti") affermano però che, oltre alle normali scie di condensazione, i nostri cieli sarebbero costantemente solcati da altre scie, con caratteristiche differenti, che sarebbero deliberatamente emesse con specifiche finalità, solitamente malevole. Queste scie anomale avrebbero lo scopo di irrorare l'atmosfera con particolari sostanze chimiche (da cui il nome scie chimiche) che produrrebbero diversi effetti. Tra le varie ipotesi sostenute, citiamo le seguenti. Per alcuni le scie sarebbero il frutto di operazioni militari finalizzate alla creazione di una gigantesca antenna radar gassosa (naturalmente tossica) per il rilevamento di aviogetti stealth. Per altri invece l'emissione delle scie rientrerebbe in un vasto progetto volto a rallentare il preoccupante aumento della temperatura terrestre o a variare comunque il clima. Per altri ancora si tratterebbe di test di armi biologiche, di gas per il controllo della mente o per altri scopi occulti e terroristici.

Altre ipotesi sono ancora più fantasiose. Ad esempio, secondo la cosiddetta “ipotesi Monsanto”, “*Vaste aree agricole dopo la comparsa delle scie, sono state letteralmente bruciate e il terreno reso pressoché sterile ai normali semi, ovviamente non a quelli standardizzati per quel tipo di condizioni*”. Naturalmente questi semi standardizzati verrebbero venduti in esclusiva dalla nota multinazionale agricola.

Alcuni sostengono invece che sarebbe in atto un vasto progetto di vaccinazione coatta della popolazione con agenti biologici e, come effetto collaterale, tale progetto avrebbe addirittura innescato pericolose malattie quali la SARS e l’influenza aviaria. Altri, ancora più radicali, sostengono infine che sarebbe in atto un inquietante programma di riduzione della popolazione mondiale per via chimica.

Fra le sostanze che, secondo i sostenitori della teoria delle chemtrails, verrebbero deliberatamente emesse dagli aerei troviamo le cose più disparate e fantasiose³: virus, batteri, elementi e composti chimici, nanomacchine, OGM (organismi geneticamente modificati), droghe, tossine, plastiche, funghi, muffe, parassiti, vaccini e persino ...globuli rossi essiccati.

Naturalmente tutti questi programmi di irrorazione mondiale, in gran parte illeciti, sarebbero segretissimi. Esisterebbe una vasta operazione di copertura internazionale e solamente i sostenitori della teoria delle scie chimiche sarebbero venuti a conoscenza del terribile segreto e lo divulgerebbero per salvare l’umanità. Un’opera davvero encomiabile! La teoria del complotto internazionale può essere affascinante. Tuttavia bastano alcune semplici considerazioni per rendersi conto della sua totale infondatezza⁴:

I sostenitori delle scie chimiche ritengono che ci sia un complotto radicato in ogni livello della società per impedire alla verità di emergere. Le categorie che dovrebbero essere coinvolte sono decine e decine. Per capire la portata del complotto da loro sostenuto è sufficiente fare un semplice ragionamento. Chi pilota gli aerei deve sapere quello che sta facendo; quindi i piloti militari sono coinvolti, però anche quelli civili devono aver percepito qualcosa, visto che volano spesso vicini agli aerei chimici e ancora più spesso sono proprio i voli civili a generare le presunte scie chimiche. I controllori di volo devono essere tutti a conoscenza della faccenda, per poter coordinare questo enorme traffico criminale senza intralciare il comune traffico civile. I meteorologi, i fisici, i chimici, i biologi e gli ingegneri devono sapere perché studiano in vario modo l’ambiente e non possono non accorgersi dei milioni di tonnellate di sostanze nocive scaricate quotidianamente sulle loro teste. I medici dovrebbero notare la presenza di nanomacchine nei loro pazienti e l’insorgenza di sintomi e malattie nuove, quindi fanno tutto e nascondono la verità. I governi pagano le irrorazioni e il silenzio di tutti tramite i servizi segreti; di conseguenza anche la Guardia di Finanza deve essere a conoscenza della questione, altrimenti tutte le tangenti che il governo paga per avere il silenzio di questi milioni di persone sarebbero già emerse da tempo. Questo è solo un piccolo esempio delle categorie che dovrebbero essere coinvolte; molte vengono aggiunte all’elenco senza un particolare motivo. Basti pensare che tra gli “insabbiatori” del fenomeno scie chimiche sono stati inseriti anche gli autori e i produttori di spot pubblicitari e film ove appaiono raffigurate scie di condensa. Un sito di riferimento nel quale è ritrovabile un elenco di presunti disinformatori in continuo aggiornamento è il seguente: “Gli Occultatori”⁵.

Anche chi scrive, naturalmente, si onora di comparire nell’elenco degli occultatori.

Mancanza totale di prove

I sostenitori della teoria delle scie chimiche fanno affermazioni molto eclatanti e quindi dovrebbero applicare il noto principio secondo il quale “affermazioni straordinarie richiedono prove altrettanto straordinarie”. Purtroppo invece (o meglio per fortuna) le prove che essi presentano appaiono molto deboli. La questione fondamentale consiste nel come fare a distinguere le normali scie di condensa dalle presunte scie chimiche. A tale proposito, in un sito dedicato alle scie chimiche⁶ si legge:

Le scie chimiche assomigliano inizialmente alle normali scie di condensazione, ma sono molto più spesse, si estendono per tutto il cielo e spesso vengono tracciate a croce, a reticolo e lungo linee parallele. Invece di dissiparsi rapidamente, le scie chimiche si espandono e formano “piume” e “code di cavallo”. Nel giro di mezz’ora o meno, si aprono formando tenui formazioni che si uniscono a formare un velo bianco sottile o una “falsa nuvola tipo cirro” che persiste per ore.

Quello che viene descritto come comportamento caratteristico delle scie chimiche è in realtà perfettamente conforme a quello delle normali scie di condensazione che, come abbiamo visto, può essere molto variabile a seconda delle condizioni atmosferiche e del tipo di motore. Quindi quello proposto non sembra affatto un valido criterio distintivo. Riguardo alle “croci” e ai “reticoli”, il tutto si riduce a un semplice effetto prospettico.

Come ulteriore “prova”, i sostenitori della teoria delle scie chimiche affermano che certe popolazioni avrebbero subito un improvviso aumento di malattie, ma non hanno mai presentato dati epidemiologici convincenti a favore di queste affermazioni. Secondo alcuni, le scie chimiche sarebbero anche responsabili di una misteriosa malattia chiamata “morbo di Morgellons”. L’esistenza di questa malattia (ipotizzata nel 2002 dalla biologa Mary Leitaio) tuttavia non è mai stata dimostrata. Chi ha studiato seriamente il fenomeno afferma che non ci sia alcuna differenza tra il morbo di Morgellons e la cosiddetta “parassitosi illusoria”, una grave forma di psicosi. Diversi studi affermano che le persone che sostengono di essere affette dal morbo di Morgellons riescono a essere curate con le terapie utilizzate nella cura della parassitosi illusoria. Inoltre non è mai stato dimostrato alcun collegamento tra questa patologia e le scie chimiche.

La bufala delle scie chimiche

Alcuni sostengono inoltre di aver effettuato analisi chimiche dell'aria al livello del suolo in seguito all'emissione di scie chimiche in quota e di aver trovato tracce anomale di metalli quali alluminio, bario, calcio, magnesio e titanio. Tali analisi sono piuttosto discutibili, tuttavia la presenza di metalli nei gas di combustione di un aereo può essere del tutto normale a causa del distacco di microparticelle metalliche dalle parti in movimento dei motori o da impurezze del carburante.

L'origine della bufala

Di fronte alla bizzarria e alla totale inconsistenza scientifica della teoria delle chemtrails, può essere interessante cercare di capire quale ne sia l'origine. Secondo quanto sostenuto dal giornalista e smascheratore di bufale Paolo Attivissimo nel suo sito⁷, è stato possibile risalire esattamente all'origine della teoria. Attivissimo scrive infatti:

Una volta tanto sappiamo abbastanza precisamente da dove nasce questa teoria. Risale alla metà degli anni Novanta, e fu il giornalista William Thomas a descriverla⁸ per primo nel 1997.

Le idee sciacchimiste furono diffuse da alcuni popolarissimi programmi radiofonici statunitensi, come quello di Art Bell, che è un appassionato di ufologia, paranormale, piramidologia, misteri e complotti di ogni genere: per esempio, fu il suo *talk show* a diffondere la storia di John Titor⁹, il "viaggiatore nel tempo". Alcune fonti¹⁰ indicano specificamente le puntate del 25 gennaio, 18 febbraio e 17 marzo 1999.

Thomas è autore di numerosi libri su ogni sorta di complotti, come si può vedere nel suo sito¹¹, e afferma di avere varie prove e testimonianze¹² della realtà del fenomeno. Anche Finke e il suo socio Larry Wayne Harris, ispettore di fosse settiche, tentarono di offrire servizi di "consulenza per la bioguerra difensiva e la sopravvivenza ai disastri" attraverso una società chiamata LWH Consulting. Lo scopo di lucro era presente fin dall'inizio, insomma.

Da allora la teoria ha acquisito molti altri sostenitori che utilizzano soprattutto Internet per diffondere le loro bizzarre affermazioni. Prima di Thomas, tuttavia, l'idea delle scie chimiche nacque originariamente nel 1995 nella mente dell'americano Bill Brumbaugh, conduttore radiofonico. Osservando le scie bianche nel cielo immaginò potessero contenere sostanze tossiche provenienti dal carburante. Thomas riuscì a venire in possesso di qualche campione di carburante per aerei e fece fare delle analisi, molto discutibili, al citato Harris. Qualche tempo dopo una mail inviata dal citato Finke a una mailing list affermò, senza alcuna prova, che nel carburante era stato trovato un potente pesticida (1,2-dibromo etilene). Il tam tam tipico della rete aggiunse poi elementi di fantasia privi di ogni fondamento.

Anche i politici abboccano

Quella delle scie chimiche appare come una delle tante bufale pseudoscientifiche che inondano Internet. Tuttavia la cosa preoccupante è che anche alcune persone investite di responsabilità pubbliche hanno preso la questione molto seriamente intraprendendo iniziative politiche in merito. Il 24 novembre 2003 il deputato Piero Ruzzante (DS) presentò un'interrogazione parlamentare indirizzata ai ministri dell'ambiente e della tutela del territorio, delle infrastrutture e dei trasporti, della salute e della difesa per richiamare l'attenzione delle istituzioni sul presunto inquietante fenomeno delle scie chimiche¹³. Più recentemente, il 13 giugno 2006, il senatore Gianni Nieddu (DS) ha presentato un'interrogazione parlamentare sullo stesso tema¹⁴. Il 31 maggio 2006, tre consiglieri regionali della Sardegna, Davoli, Uras e Pisu (Rifondazione Comunista), hanno presentato un'analoga interrogazione al Presidente della Regione Sardegna e alla Giunta Regionale¹⁵. Il 5 giugno e il 19 settembre 2008 l'onorevole Sandro Brandolini (Partito Democratico) ha presentato sull'argomento due interpellanze al Ministero della Difesa, dell'Ambiente e a quello dell'Istruzione. Anche l'onorevole Antonio Di Pietro (Italia dei Valori) ha, nel settembre 2008, presentato una interrogazione parlamentare al Ministro dell'Ambiente per chiedere chiarimenti sul problema delle scie chimiche¹⁶. L'ultima interrogazione presentata alla Camera dei Deputati è stata quella dell'on. Domenico Scilipoti (già Italia dei Valori e attualmente appartenente al gruppo "Iniziativa responsabile"), risale al 22 febbraio 2011, ed è stata rivolta alla Presidenza del Consiglio dei Ministri, al Ministero della Salute, al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e al Ministero della Difesa¹⁷.

Delle scie chimiche si parla anche nella prima versione di una proposta di legge presentata al Congresso americano nel 2001 dal parlamentare dell'Ohio Dennis Kucinich: il cosiddetto "Space Preservation Act". Le scie chimiche vengono citate all'interno di un elenco di "armi esotiche" da mettere al bando. Tuttavia nelle successive versioni della proposta di legge (peraltro mai approvata), lo stesso Kucinich non parlò più di "armi esotiche".

Molti citano questi interventi politici come prova a favore della realtà delle scie chimiche, ma naturalmente il fatto che alcuni parlamentari abbiano dato credibilità a queste teorie non significa assolutamente nulla dal punto di vista scientifico. Purtroppo non è la prima volta che uomini politici sostengono affermazioni scientifiche del tutto prive di fondamento.

Conclusioni: incongruenze della teoria delle scie chimiche

Oltre a quanto esposto finora, anche alcune considerazioni basate sul semplice buon senso fanno apparire del tutto priva di fondamento la teoria delle scie chimiche.

Innanzitutto, gli autori delle scie chimiche sarebbero loro stessi vittime delle loro malefatte, visto che sul pianeta respiriamo tutti la stessa aria.

L'operazione di copertura per mantenere il segreto di tutta l'impresa avrebbe, come abbiamo visto, dimensioni colossali, dovendo necessariamente coinvolgere centinaia di migliaia di persone nel mondo nei settori dell'aviazione militare e civile, della ricerca, della meteorologia, della climatologia, ecc. Il che appare francamente molto improbabile. Inoltre gli aerei sono sottoposti a minuziose ispezioni e controlli e difficilmente riuscirebbero ad agire indisturbati. I vari progetti sarebbero coperti da segreto strettissimo, tuttavia l'erogazione delle scie chimiche è una cosa vistosissima e fatta abitualmente anche in pieno giorno. La segretezza del complotto e la palesità dei mezzi utilizzati appaiono quindi fortemente contraddittorie e difficilmente conciliabili.

Infine occorre osservare che, come accade per tutte le più diffuse pseudoscienze, anche intorno alle scie chimiche si è sviluppato un consistente business legato alla vendita di riviste, libri, filmati ecc. Il mistero, il complotto e i segreti vendono e c'è sempre qualcuno che non si fa scrupolo a sfruttare la credulità e l'ingenuità altrui.

Note:

- 1) Il presente articolo è un riadattamento di un capitolo del libro dell'autore: S.Fuso, *Il libro dei misteri svelati. Una lucida analisi denuncia millenni di superstizioni e inganni interessanti*, Castelvecchi, Roma 2010;
- 2) Una trattazione approfondita e razionale del problema si trova qui: <http://www.cicap.org/new/articolo.php?id=273642>;
- 3) <http://www.freezepage.com/1216474485UYZNTPKGTZ>;
- 4) Il passo seguente è tratto da: <http://www.cicap.org/new/articolo.php?id=273641>;
- 5) <http://complotlisti.blogspot.com/2008/04/la-rete-degli-occultatori.html> oppure <http://www.freezepage.com/1213973602JCDFSQTYUD>;
- 6) <http://www.rense.com/general4/fre.htm>;
- 7) <http://attivissimo.blogspot.com/2007/02/scie-chimiche.html>;
- 8) <http://www.willthomas.net/Chemtrails/index.htm>;
- 9) <http://attivissimo.blogspot.com/2007/01/il-caso-john-titor.html>;
- 10) <http://strangehaze.freesevers.com/index.html>;
- 11) <http://www.willthomasonline.net/index.html>;
- 12) http://www.willthomas.net/Chemtrails/About_Chemtrails.htm;
- 13) Il testo dell'interrogazione è disponibile all'indirizzo <http://cieliliberi.blogspot.com/2007/03/interrogazione-parlamentare-del.html>;
- 14) Si veda: <http://www.sciesardegna.it/docs/060613iparl.pdf>;
- 15) <http://consiglio.regione.sardegna.it/HighLight.Asp?filespec=/xiiiilegislatura/interrogazioni/irg0514.asp&Query=scie%20chimiche&fe=>;
- 16) http://banchedati.camera.it/sindacatoispettivo_16/showXhtml.Asp?idAtto=3573&stile=6&highLight=1;
- 17) http://banchedati.camera.it/sindacatoispettivo_16/showXhtml.Asp?idAtto=35501&stile=6&highLight=1.

La concentrazione di una sostanza in un sistema.

Alcune considerazioni

Claudio Giomini

Dipartimento SBAI Università di Roma “La Sapienza”, via del Castro Laurenziano, 7 - 00161 Roma
claudio.giomini@uniroma1.it

Riassunto

Si discute se la concentrazione di una sostanza in un sistema sia da considerare una grandezza fisica o qualcos'altro. Si discute inoltre di quali siano i sistemi cui sia applicabile il concetto di concentrazione.

Abstract

The point whether concentration is to be considered a physical quantity or something else is discussed, as well as the kind of systems to which the concept of concentration can be applied.

An English translation of this paper is available on request to the author.

Introduzione

Insieme con temperatura e pressione, siamo abituati a considerare la concentrazione di una sostanza come una grandezza intensiva basilare, da cui dipendono le proprietà del sistema di cui la sostanza fa parte. Talvolta gli studenti la confondono con la densità, e, nel caso di sistemi polifasici a più componenti, spesso hanno difficoltà a distinguere tra la concentrazione di un determinato componente in una singola fase e il suo contributo alla composizione globale del sistema. Il concetto di concentrazione è intuitivo, ma presenta aspetti non sempre ovvi e banali, alcuni dei quali vengono affrontati in questo articolo.

Che cos'è la concentrazione?

Come è ben noto, la concentrazione di una sostanza in un sistema si può esprimere in varie modalità, spesso dimensionalmente diverse. Essa comunque ha sempre l'aspetto di un rapporto (o quoziente). Considerando il caso di maggior rilevanza, quello di un sistema omogeneo a più componenti (soluzione, non necessariamente allo stato liquido), in questo rapporto possono trovarsi a numeratore la massa, o il volume, o la quantità (numero di moli) del componente B considerato, e a denominatore la massa, o il volume, o la quantità di tutti i componenti dell'intera fase S, o talvolta le medesime grandezze riferite a tutti componenti della fase ad eccezione di quello considerato (B), o talaltra le stesse grandezze relative al componente A più abbondante nella fase stessa (spesso chiamato solvente), qualora lo si possa individuare senza equivoci. Non necessariamente alla grandezza presente a numeratore deve corrispondere la medesima grandezza a denominatore; qualora ciò accada, la concentrazione così espressa è un parametro adimensionale (compreso tra 0 ed 1) che prende il nome di frazione, seguito da una specificazione riguardante il tipo di grandezza presente nel quoziente considerato. E' questo il caso della frazione molare; in altri casi, di solito, si preferisce porre tale rapporto in forma percentuale (ad esempio, percentuale in massa, detta comunemente percentuale in peso). E' da tener presente che, pur trattandosi sempre di rapporti adimensionali (numeri puri), il loro valore di solito cambia passando dall'uno all'altro: si pensi ad esempio alle percentuali in volume ed in peso dei vari costituenti dell'aria.

Questa pluralità di grandezze che possono esser presenti in questi rapporti o quozienti, nonché la pluralità di “*quid*” cui il “*quantum*” della sostanza considerata può di volta in volta venir rapportato (intera fase, intera fase eccetto il componente considerato, componente più abbondante), genera un gran numero di modalità di espressione della concentrazione, ed un ancor maggior numero di unità di misura corrispondenti. Si tratta il più delle volte di entità dimensionalmente diverse, che tuttavia descrivono, in differenti maniere, una medesima caratteristica, o proprietà, di (una determinata sostanza in) un determinato sistema. La relativa semplicità con cui si può passare dall'una all'altra modalità di espressione, utilizzando le grandezze di volta in volta necessarie (masse molari, densità, etc.), conferma il fatto che esse si riferiscano in varie maniere ad un'unica entità. Pertanto, non è possibile considerare la concentrazione come un'unica grandezza fisica; essa è piuttosto una caratteristica, una proprietà, relativa ad una sostanza facente parte di un sistema in certe condizioni, la quale caratteristica, a seconda della convenienza, è descrivibile per mezzo di diverse grandezze fisiche. Una grandezza fisica (non fondamentale, o derivata) ha dimensioni univocamente espresse in termini di una sola combinazione di grandezze fondamentali. Mentre è possibile che due grandezze diverse possano avere le stesse dimensioni (ad esempio, energia e momento di una forza hanno ambedue le dimensioni ML^2T^{-2} , e non ha rilevanza la natura scalare della prima e quella vettoriale dell'altra [1]), appare arduo pensare che una stessa grandezza fisica (la concentrazione) possa avere diverse dimensioni.

In effetti, il *Gold book* della IUPAC [2] definisce la concentrazione come “gruppo di quattro grandezze fisiche specificanti la composizione di una miscela in relazione al volume della miscela (concentrazione in massa, in quantità

di sostanza, in volume, ed in numero)”. Tale definizione è in accordo con quanto detto poco sopra, ossia che la concentrazione, più che una singola grandezza fisica, è una proprietà, o caratteristica, specificante l’ammontare relativo di una sostanza in un dato sistema, e descrivibile da una pluralità di grandezze fisiche, dimensionalmente eguali o diverse, attinenti alla medesima proprietà. Grandezze comunque facilmente interconvertibili, a riprova della loro affinità. Anche se può apparire banale, si richiama l’attenzione sul fatto che non si tratta di esprimere la stessa grandezza con diverse unità di misura (ad es., l’energia espressa in joule o in kWh), ma di qualcosa di ben diverso: descrivere una medesima proprietà, o caratteristica, mediante grandezze fisiche diverse, che sono tali in quanto hanno dimensioni diverse. Questa pluralità di grandezze per descrivere una medesima entità fisica non è peculiare della concentrazione: una simile situazione esiste, ad esempio, in relazione alla velocità di reazione, che può essere infatti rappresentata da diversi rapporti di grandezze fisiche, di cui quella a denominatore è per lo più il tempo. Alcuni di questi rapporti sono massa/tempo, o volume/tempo, o quantità di sostanza/tempo, etc., dove, tra l’altro, le masse, i volumi, le quantità, possono riferirsi a sostanze scomparse oppure formatesi in connessione con la reazione considerata.

Per quali sistemi si può parlare di concentrazione?

Definizioni e proposte

Il dizionario scientifico e tecnico McGraw-Hill [3] definisce così il termine concentrazione: “nelle soluzioni, la massa, il volume, o il numero di moli di soluto presenti in proporzione all’ammontare del solvente o della soluzione globalmente intesa”.

Lo Zingarelli [4], più semplicemente, dice: “quantità relativa di una sostanza in un miscuglio”.

La Treccani *online* [5] riporta: “quantità relativa di un soluto in una soluzione o di un componente in una miscela. *Omissis*. La concentrazione si suole esprimere in unità di massa o di volume di sostanza per unità di massa o di volume della miscela, oppure in percentuale (in massa o in volume)”.

Nel *Gold book* della IUPAC [2] si trova scritto, come già detto: “gruppo di quattro grandezze fisiche specificanti la composizione di una miscela in relazione al volume della miscela (concentrazione in massa, in quantità di sostanza, in volume, ed in numero)”.

Lo *Handbook of Chemistry and Physics* [6], al capitolo “Definizioni e formule”, dice: “l’ammontare di una sostanza, in peso, moli, o equivalenti, contenuto in un volume unitario”.

L’“Enciclopedia Internazionale di Chimica” [7] ha una voce per il termine concentrazione, dove però non si dà una definizione del termine, mentre si fanno interessanti considerazioni.

Una mia proposta per una definizione, necessariamente “lasca”, del termine concentrazione potrebbe essere “l’ammontare di una data sostanza rapportato all’ammontare di tutto o di parte del sistema in cui la sostanza è presente, eventualmente includendo anche la sostanza stessa, la quale può anche essere l’unica sostanza costituente il sistema”. Uso la parola “ammontare” (che non mi piace, ma non ho saputo trovar di meglio), e non “quantità” (che sarebbe migliore), perché “quantità (di sostanza)”, in questo contesto, è quella grandezza fondamentale di cui la mole è l’unità di misura. Gli ammontari *de quibus* possono essere dati in massa, in volume, in quantità di sostanza, o altre grandezze ancora, a seconda delle necessità.

Commenti e discussione

La definizione [3] si riferisce unicamente a soluzioni, cioè a sistemi omogenei (monofasici) a più di un componente. La [4] e la [5] includono anche sistemi eterogenei (polifasici). Anche la [2] e la [6] sembrano includere i sistemi polifasici. Esse però limitano il termine concentrazione unicamente a situazioni in cui l’ammontare (massa, volume, quantità) della sostanza considerata è rapportato al volume dell’intero sistema. Escludono pertanto quelle in cui tale ammontare sia rapportato ad una massa, o ad una quantità (ossia, numero di moli), presente in tale sistema o in parti di esso; la [2] anche ad un volume che non sia quello dell’intero sistema. In particolare, la [2] non qualifica come concentrazioni i rapporti adimensionali, cui dà il nome di “frazioni”. Si tratta evidentemente di una questione di terminologia, in quanto sia le frazioni, sia quelle che la IUPAC definisce concentrazioni, ambedue specificano la composizione del sistema. Le restrizioni della IUPAC possono tuttavia creare situazioni di ambiguità: secondo le definizioni IUPAC, il rapporto tra il volume della sostanza considerata ed il volume dell’intera fase è allo stesso tempo una “concentrazione in volume” ed una “frazione volumetrica” (che noi chiameremmo, rapportandola ad una scala da 0 a 100, col nome di percentuale in volume). La limitazione di cui alle definizioni IUPAC e *Handbook* è invece assente nelle definizioni [3] [4] [5]; anzi, la [5] entra in maggior dettaglio al riguardo, pur tralasciando la possibilità che l’ammontare della sostanza considerata e/o quello del sistema cui la sostanza si rapporta possano essere espressi come quantità (di sostanza), ossia come numero di moli. Unicamente nella [2] si fa invece esplicita menzione del fatto che la concentrazione non sia un’unica grandezza fisica, ma un gruppo di grandezze. Tale idea si ritrova adombrata, meno esplicitamente, anche nella [7], dove si menziona “l’importanza che ha la scelta delle grandezze fisiche mediante le quali esprimere il concetto di concentrazione”.

E’ significativo il fatto che, in edizioni dello *Handbook* più recenti della [6], ad es. la 74^a del 93/94 [8], o la 86^a del 2005/06 [9], “concentrazione” non sia più presente tra i termini di cui si dà la definizione, mentre, almeno nella [9], si dà, ad es., quella di frazione molare. Comunque, in ambedue le edizioni, nell’elenco delle grandezze attinenti alla chimica generale della sezione “Simboli e terminologia”, si menzionano “*mass fraction, volume fraction, mole*

La concentrazione di una sostanza in un sistema

(or amount) fraction, mass concentration (or mass density), amount concentration, molality”, come grandezze distinte, con dimensioni distinte.

La definizione “lasca” da me precedentemente proposta può applicarsi anche a sistemi eterogenei, e consente di esprimere sia il *quantum* della sostanza considerata, sia quello di tutto il resto cui esso è rapportato, sia come massa, volume, quantità, o altro, secondo convenienza. Essa inoltre lascia libertà nella scelta del *quid* (intero sistema, o parte di esso) cui rapportare il *quantum* della sostanza considerata. E lascia inoltre aperta la possibilità che si possa parlare di concentrazione anche per sistemi ad un solo componente. In effetti, si può parlare di concentrazione anche per sistemi monofasici ad un solo componente, come già rilevato anche in [7]. Ad es., per sostanze pure allo stato gassoso, l’equazione di stato del gas ideale può scriversi nella forma $p = (n/V)RT = cRT$, dove c è appunto la concentrazione del gas definita come quantità (di sostanza) su volume, cui usualmente si dà il nome di molarità quando venga espressa in mol/L. Se per tali sistemi monofasici ad un solo componente la concentrazione fosse espressa come “quantità della sostanza considerata / massa del sistema di cui la sostanza fa parte”, il suo valore sarebbe l’inverso della massa molare. Si precisa che il termine “componente”, impiegato in questo articolo, non va confuso con il “componente indipendente” di cui si parla in termodinamica, ad es. in relazione alla regola delle fasi. In effetti, un sistema costituito unicamente da acqua pura allo stato liquido è un sistema monofasico ad un solo componente indipendente, ma le specie chimiche in esso presenti, ossia i suoi componenti *tout court*, prescindendo dal poterli considerare indipendenti o meno, sono almeno tre, e cioè H_2O , H_3O^+ , OH^- , oltre alle varie associazioni dovute ai legami a idrogeno. E per ciascuno di essi si può parlare di concentrazione (ad es., concentrazione dello ione idrossido nell’acqua pura). E’ forse superfluo ricordare che, sia per sostanze pure che per soluzioni, esprimere la concentrazione di una sostanza impiegando dei volumi produce valori di concentrazione variabili con pressione e temperatura (nel caso di sistemi negli stati condensati, in pratica, con la sola temperatura). Al contrario, impiegando grandezze dove non compaiano volumi ne rende indipendente il valore dalla temperatura (e dalla pressione, per i sistemi aeriformi); tuttavia, anche in questa ipotesi, se la sostanza subisce dissociazioni o altre trasformazioni chimiche dipendenti dalla temperatura o da altre variabili, a rimanere invariato è solo il valore della sua concentrazione analitica (quella che include tutte le forme sotto cui la data sostanza si trova in quella fase).

En passant, la concentrazione espressa sotto forma di rapporto massa/volume è dimensionalmente omogenea con la densità, la qual cosa è spesso fonte di equivoci tra gli studenti. Se il sistema omogeneo fosse costituito da un solo componente, le due cose coinciderebbero; se invece di esso facessero parte più componenti, la concentrazione di ciascuno di essi, espressa sotto forma m_B/V_S , assumerebbe il significato di “densità parziale” del componente B nella fase S di cui esso fa parte, e la somma delle densità parziali di tutti i componenti sarebbe la densità della fase. L’espressione “densità parziale” non viene comunque mai menzionata nei testi di chimica, almeno a mia conoscenza.

Per i sistemi eterogenei (polifasici), la concentrazione di un componente nell’intero sistema è in generale diversa dalle concentrazioni di quel componente nelle singole fasi costituenti il sistema: si pensi, ad esempio, ai diagrammi di stato di sistemi a due componenti. A tale proposito, poiché l’ambiguità di linguaggio può portare a confusione di idee, sarebbe forse opportuno distinguere con due termini diversi le due diverse realtà, riservando preferibilmente il termine concentrazione alle situazioni riguardanti le singole fasi. Per i sistemi polifasici globalmente intesi, si potrebbe parlare non di concentrazione globale di un dato componente, ma di composizione del sistema in relazione a quel componente. Anche la [7] sembra essere in accordo con questa impostazione. In linea di principio, per esprimere questa composizione, si possono adoperare tutte le stesse grandezze fisiche usate per la concentrazione. In effetti, nei diagrammi di stato di sistemi binari, sull’asse delle ascisse sono rilevabili sia la composizione globale del sistema, sia la concentrazione dei componenti nelle singole fasi (cosa che talvolta causa confusione tra gli studenti); tali parametri vengono quindi espressi per mezzo della stessa grandezza fisica riportata su quell’asse. E’ comunque consuetudine, nel rappresentare tali diagrammi, porre in ascisse grandezze adimensionali (sia sotto forma di frazioni che di percentuali), preferibili per ragioni di praticità: il valore della concentrazione di un componente in una fase, o quello della composizione globale del sistema rispetto a un componente, comporta per complementarità l’immediata conoscenza dei corrispondenti valori relativi all’altro componente.

Concludendo, a mio parere, si può parlare di concentrazione di una sostanza in primo luogo con riferimento a sistemi omogenei a più componenti, ma il concetto è applicabile anche a sistemi omogenei ad un solo componente. Il concetto è estensibile ai sistemi eterogenei, possibilmente avendo fatto qualche precisazione terminologica.

Bibliografia

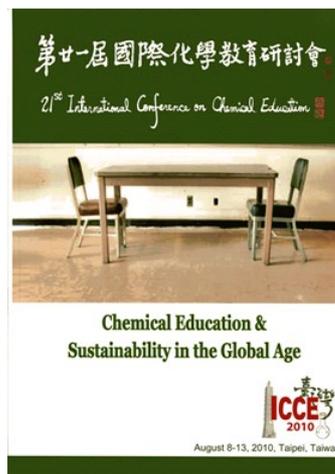
- [1] A. Badagliacca, *Sistemi ed unità di misura*, Masson, Milano, 1993, p. 14.
- [2] <http://goldbook.iupac.org/index.html>
- [3] *Dizionario Enciclopedico Scientifico e Tecnico McGraw-Hill*, Zanichelli, Bologna, 1986.
- [4] N. Zingarelli, *Vocabolario della Lingua Italiana*, Zanichelli, Bologna, 1995.
- [5] <http://www.treccani.it/portale/opencms/Portale/homePage.html>
- [6] *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, The Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio, USA, 1970, p. F-71.
- [7] *Enciclopedia Internazionale di Chimica*, vol 3°, Pem editrice, Roma – Novara, 1969, p. 617.
- [8] *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, 1993, p. 2-13.
- [9] *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, Taylor & Francis, Boca Raton, Fla, USA, 2005, p. 2-8.

21st International Conference on Chemical Education

Taipei (Taiwan), 8 – 13 Agosto 2010

Liberato Cardellini

Dipartimento di Idraulica, Strade, Ambiente e Chimica,
Via Brece Bianche, 12 - 60131 Ancona
libero@univpm.it



La 21st International Conference on Chemical Education ha avuto luogo nel Taipei International Convention Center. Le riunioni per me sono iniziate la domenica mattina al Graduate Institute of Science Education della National Taiwan Normal University ed hanno continuato durante lo svolgimento del congresso. Il tema della conferenza è stato: “Chemistry Education and Sustainability in the Global Age” Il congresso ha attratto 333 partecipanti e il programma scientifico della conferenza è consistito in 10 conferenze plenarie, 5 workshop e 229 presentazioni orali e poster.

Il congresso è stato aperto dal Prof. Peter Mahaffy, Presidente del Committee on Chemistry Education, con una conferenza dedicata all’International Year of Chemistry. È seguita una performance di calligrafia eseguita dalla più famosa artista del paese. La prima plenaria “Scientists in a Globalized World” è stata presentata da Yuan-Tseh Lee. Esaminando lo sviluppo della società umana all’inizio del 21° secolo, si è reso conto che stanno avvenendo importanti cambiamenti che avranno conseguenze significative per il futuro della nostra specie. Molti dei grandi problemi attuali non possono essere risolti con le conoscenze scientifiche e tecnologiche di cui disponiamo.

È seguita la presentazione “The Power of a Failed Lecture Demonstration” da parte del Prof. Richard Zare della Stanford University, Stati Uniti. Sebbene gli esperimenti e le dimostrazioni in classe siano pensate per ottenere risultati prevedibili, talvolta può succedere che ciò che si ottiene sia differente da ciò che ci si aspettava. Nel pomeriggio ho avuto l’incarico di presiedere ad una sessione e quella di presentare una sessione poster. Sono inoltre stato coinvolto come membro della giuria per assegnare i premi ai migliori poster (IUPAC Poster Awards) insieme ai Proff. Choon Do, Ram Lamba e Lida Schoen. La giornata di martedì 10 è iniziata con la conferenza del Prof. Akira Fujishima della Tokyo University of Science, Giappone, che ha presentato “How to encourage young people”. Nel 1967, mentre svolgeva il suo lavoro per il dottorato, ha scoperto un fatto imprevedibile: quando un elettrodo di ossido di titanio immerso in una soluzione acquosa veniva irradiato, dall’elettrodo si svolgevano delle bollicine. L’acqua viene decomposta in idrogeno e ossigeno attraverso un processo di fotocatalisi, anche conosciuto come “effetto Honda-Fujishima”.

È seguita la conferenza del Prof. John Gilbert, dell’University of Reading, UK. che ha presentato “The Place of the Informal Sector in the Development and Exercise of Chemical Literacy”. Ha presentato le componenti dell’alfabetizzazione chimica ed ha mostrato come il settore informale possa essere usato per parlare di chimica ad un pubblico adulto. Dopo il coffee break c’è stato il Presidential Panel, moderato da Peter Mahaffy e con la partecipazione del Prof. Yuan-Tseh Lee, presidente dell’International Council for Science, ICSU, del presidente della Società Chimica stabilita in Taipei, Prof. Wen-Ent Pan, del presidente della Società Chimica Americana, Prof. Joseph S. Francisco, del presidente della Società Chimica Coreana, Prof. Choon H. Do, del presidente della Federazione delle Società Chimiche delle Filippine, Prof. Maribel G. Nonato e della presidentessa della divisione di Chemical Education dell’EuCheMs, Prof. Ilka Parchmann.

Alcuni temi trattati nelle presentazioni del pomeriggio: le convinzioni degli insegnanti sulle esperienze di laboratorio condotte col metodo dell’inquiry; uno studio sulle concezioni degli studenti delle superiori sul movimento delle particelle gassose; l’analisi della percezione dei modelli e della comprensione del atomico da parte degli studenti; il ruolo delle domande scritte in classe, presentato dalla Prof. Liliana Mammino; uno studio sulla natura particellare della materia.

Il mercoledì è stato il giorno della gita e abbiamo visitato lo Yehliu Geopark, in cui si vedono delle formazioni rocciose con delle forme strane, e poi il centro nazionale delle arti tradizionali. La serata è stata occupata da un’altra riunione. Alla mattina del giorno seguente sono state presentate tre plenarie: “Developing Students Understanding of the Transformations of Matter Over Time” da parte del Prof. Joseph Krajcik dell’University of Michigan, US, “Green Chemistry: on the responsibility of chemists to advance science with human health and the environment clearly in mind” presentata dal Prof. Terry Collins, della Carnegie Mellon University, US, mentre il Prof. Jorge Ibáñez, dell’Universidad Iberoamericana, Mexico ha presentato “Teaching Introductory Environmental Chemistry: Microscale Experiments”.

Sappiamo come molti studenti abbiano difficoltà a comprendere i concetti fondamentali della chimica e particolarmente a certe età non fanno connessioni tra le idee scientifiche delle varie discipline e la motivazione ad approfondire i concetti è scarsa. Krajeik suggerisce di usare l'apprendimento progressivo, che è basato su tre premesse: lo studente costruisce e comprende nuovi concetti collegandoli a conoscenze pregresse; i nuovi concetti si apprendono e si strutturano attraverso le osservazioni e il problem solving; l'apprendimento è un processo continuo che avviene nel tempo. L'insegnamento deve essere organizzato con lo scopo di sviluppare le pratiche scientifiche e la valutazione va condotta in modo da mettere in risalto la comprensione integrata dei concetti.

Gli studenti alla Carnegie Mellon University possono seguire il corso "Introduction to Green Chemistry"; questo corso non solo fornisce il contenuto tecnico, ma anche argomenti di etica connessi con la sostenibilità. Collins ha sostenuto che è questo il metodo migliore per formare tecnici e scienziati che si spera facciano scelte in armonia con il principio di responsabilità. Al pomeriggio sono state presentate molte comunicazioni orali. Il Prof. Bob Bucat ha presentato "Language, Visualisation and 'reality'", portando esempi di come il linguaggio che usiamo sia a volte impreciso. Una maggiore attenzione alle parole usate a lezione può contribuire a creare una corretta immagine mentale nello studente. Il Prof. Hans-Dieter Barke dell'Università di Muenster ha presentato "Chemical Equilibrium – diagnosis of misconceptions and challenges": le concezioni sbagliate degli studenti sull'equilibrio, un argomento tra i molti da lui studiati. Durante la presentazione è circolato il libro *Misconceptions in Chemistry. Addressing Perceptions in Chemical Education*, pubblicato da Springer-Verlag nel 2009 del quale è autore insieme ad Al Hazari e Sileshi Yitbarek. Voglio anche ricordare i Proff. Gomes M.T.S.R. e Oliveira J.A.B.P., che hanno presentato "Equilibrium Calculations from Paper and Pencil to Computer", argomentando come oggi sia possibile risolvere qualunque problema sugli equilibri ionici utilizzando il software disponibile.

L'ultimo giorno è iniziato con la plenary del Prof. David Treagust della Curtin University of Technology, Australia, con il titolo "The Development and Use of Diagnostic Instruments for Assessing Students' Chemistry Knowledge and Understanding". Dati i noti problemi connessi con l'apprendimento della chimica e lo sviluppo di concetti scientifici diversi da quelli accettati dalla comunità scientifica, può essere utile uno strumento diagnostico per analizzare la conoscenza e la comprensione da parte degli studenti. La Prof. Ilka Parchmann del Leibniz Institute for Science and Mathematics Education (IPN), Germania, ha presentato "Competencies in Chemistry - A Critical Reflection". Tema di questa conferenza sono stati i diversi modelli e approcci per misurare e aumentare le competenze.

È seguita la conferenza della Prof. Lei Wang, Beijing Normal University, Cina, che ha presentato "Exploring Internet-based Training Model for Cross-provincial Large-scale Chemistry Teachers' Prepare for the New Curriculum in Mainland China – A Significant Approach of Developing High School Teachers' PCK". Nel 2004 è stato cambiato il curriculum nelle scuole superiori e il ministero dell'istruzione Cinese ha dovuto affrontare il problema di sviluppare un addestramento efficace per milioni di insegnanti. La soluzione adottata è stata quella di utilizzare l'addestramento elettronico, sia online che in remoto. Lo studio dell'efficacia di questo addestramento è stato l'oggetto della presentazione.

Nel pomeriggio ho partecipato al workshop del Prof. Bih-Yaw Jin "Chemistry, Geometry and Art": nel sito sono riportate diverse foto di questo evento. Durante la conferenza si è svolto un dibattito, moderato da Chiu, tra Lee e Zare: la registrazione è online, insieme ad alcune plenary, all'indirizzo: <http://icce2010.gise.ntnu.edu.tw/records.html>. Sul sito sono state riportate diverse foto degli eventi del congresso. La conferenza è stata arricchita da 5 workshop e da una dimostrazione di chimica; in sintesi: un evento con uno standard difficilmente eguagliabile.





Dario Bressanini

La chimica nel piatto di Dario Bressanini

Intervista
di
Valentina Domenici

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, via Risorgimento 35
Pisa 56126 PISA (ITALY)
valentin@dcc.i.unipi.it

Dario Bressanini è nato a Saronno nel 1963 e, come ci racconta, la sua passione per la chimica viene da lontano. Ricercatore presso il Dipartimento di Scienze Chimiche e Ambientali dell'Università dell'Insubria, a Como, si occupa di Chimica Fisica Teorica e di metodi di calcolo e simulazione chiamati "Quantum Monte Carlo" (QMC), ma è noto al grande pubblico soprattutto per i suoi Blog, primo tra tutti "Scienza in cucina" sul sito di 'Le Scienze', di cui cura anche la rubrica "Pentole e provette" del mensile cartaceo.

Come nasce la tua passione per la Chimica?

Come molti altri, il mio primo contatto con la chimica è avvenuto da bambino con il classico regalo: il kit del piccolo chimico! Mi divertivo a fare cristalli di solfato di rame, ma anche cose un po' più "pericolose", che oggi, per ragioni di sicurezza, hanno del tutto eliminato dai kit per bambini. Ho continuato fino agli anni del Liceo a fare esperimenti di chimica a casa mia. Poi, finalmente mi sono iscritto a Chimica.

Sei un chimico fisico teorico e scrivi di "Chimica in cucina": come nasce questo connubio?



La chimica in Cucina

Tutto è nato durante il mio periodo all'estero dopo il dottorato, a Berkeley. Essendo un buongustaio, per ragioni di sopravvivenza direi, ho dovuto imparare a cucinare. Mi facevo mandare le ricette da mia madre e così ho cominciato a "sperimentare" la chimica tra i fornelli. Rientrato in Italia come ricercatore mi fu affidato un corso di termodinamica al primo anno e mi veniva naturale fare esempi molto pratici, dalla cottura dei cibi alla trasformazione delle sostanze durante la preparazione di una pietanza.

La tua rubrica su Le Scienze è molto originale e divertente. Come hai iniziato a scrivere per "divulgare la chimica"?

La mia collaborazione con Le Scienze è nata un po' per caso, da un incontro con l'attuale direttore, Marco Cattaneo. I miei primi articoli erano di storia della chimica e di matematica, altra mia passione. Ricordo che il mio primo articolo sul mensile fu nel 2003, e raccontava una storia di fantasia in cui Paperino diventa un grande chimico!

Ti ispiri a qualche comunicatore particolare?

In verità, no. Leggo molti libri di divulgazione della Scienza, ma di divulgazione della Chimica non c'è molto. Piuttosto ci sono autori, come Roald Hoffmann, che scrivono di Chimica e Società, ma non veri e propri divulgatori della Chimica.

Come nasce un tuo articolo sulla cottura della carne o sulla preparazione di un soufflé?

L'idea di solito nasce proprio mentre sono in cucina o nella vita quotidiana. Poi cerco informazioni nella letteratura scientifica e "traduco" in linguaggio semplice quello che trovo sugli articoli scientifici originali.



Carne: al sangue o ben cotta? Tenera, grazie.

Nei tuoi articoli e nei tuoi libri, assumi una posizione molto critica nei confronti dei sostenitori del "biologico" e del "naturale". Cosa pensi sia all'origine dell'aspro dibattito e del continuo contrasto tra chi difende la Chimica e chi sostiene il "Naturale" a tutti i costi?

Sinceramente penso che si tratti di un dibattito privo di senso, che nasce piuttosto da una difficoltà culturale da parte di chi non ha studiato o non conosce la Chimica. Molti pensano che il "biologico" sia per forza migliore, che il solfato di rame, usato per tradizione da molti contadini, sia migliore di altri prodotti più recenti. C'è un grosso problema che riguarda anche aspetti commerciali. Basti pensare ad alcune pubblicità di cibi in cui la chimica viene attaccata in modo gratuito e privo di ogni fondamento.

Pensi che la Chimica sia comunicata male al grande pubblico?

Penso che in Italia quasi tutte le scienze siano comunicate male, eccetto la matematica. Difficilmente i giornalisti hanno una formazione scientifica, i chimici comunicatori poi sono pochissimi. Un altro problema è legato al disinteresse di molti miei colleghi chimici alla comunicazione della Chimica. A volte vengo contattato da alcuni amici giornalisti per avere qualche dritta su argomenti di chimica di cui io non sono esperto ed ho difficoltà a trovare chimici con le giuste competenze in grado di "parlare" al grande pubblico.

Oltre ai blog, hai recentemente pubblicato alcuni libri, come "OGM tra leggende e realtà" (Zanichelli, 2009) e "Pane e Bugie" (Chiarelettere, 2010). Hai altro in cantiere?

Proprio in questi giorni è uscito un libro che ho scritto con Silvia Toniato, "I giochi matematici di fra' Luca Pacioli" (Dedalo, 2011), che riguarda però l'altra mia passione, la storia della matematica. Certo, sto anche pensando a raccogliere i miei migliori articoli pubblicati da Le Scienze per un libro di Chimica in Cucina.

Come sai, 'Chimica nella Scuola' è una rivista che si rivolge anche agli insegnanti. Cosa pensi dell'insegnamento della Chimica nelle scuole?

Penso che oggi anche nei Licei venga insegnata una Chimica troppo astratta. Purtroppo, lo spazio dato ai laboratori e all'esperienza è minimo e totalmente insufficiente. Da chimico fisico teorico dico: perché far studiare ai ragazzi la nomenclatura, i modelli dell'atomo, gli orbitali e la chimica quantistica, piuttosto che parlare della chimica di tutti i giorni? A volte basterebbe proprio poco per rendere la Chimica una scienza interessante e anche divertente.

Per maggiori informazioni

Blog "Scienza in Cucina":

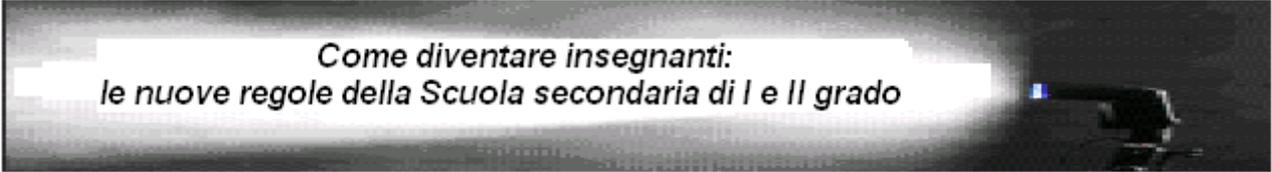
<http://bressanini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it>

Alcuni esempi di articoli interessanti (anche per gli insegnanti!) di Dario Bressanini:

Emulsioni: <http://bressanini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it/2009/06/29/un-esperimento-con-liquidi-ed-emulsioni/>

Cottura della carne: <http://bressanini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it/2008/12/09/tenera-e-la-carne/>

Pesto alla genovese: <http://bressanini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it/2011/01/17/le-ricette-scientifiche-il-pesto-quasi-genovese/>



Come diventare insegnanti: le nuove regole della Scuola secondaria di I e II grado

La riforma a regime prevede che chi desideri diventare insegnante della Scuola secondaria di I e di II grado abbia la possibilità di iscriversi ad un corso di laurea magistrale (LM) per l'insegnamento.

www.unisi.it/dl2/20110202111557897/D.M._10Settembre_2010_n_249.pdf

Per l'ammissione a ogni LM sarà previsto un numero chiuso concordato con il MIUR in base alle esigenze territoriali comunicate dall'USR. L'accesso sarà regolato da una pre-selezione con domande aperte, organizzata dal MIUR, e da successive prove scritte e orali, organizzate dalle Facoltà. La laurea magistrale, che avrà durata biennale, prevede che durante il secondo anno l'allievo frequenti un tirocinio "per legare teoria a pratica." Al docente sono richieste, oltre a conoscenze disciplinari e socio-psico-pedagogiche, la conoscenza della lingua Inglese (livello minimo B2) e competenze tecnologiche.

È auspicabile che le nuove Lauree Magistrali siano proposte ed attivate dai docenti che attualmente sono in servizio nell'attuale Facoltà di Scienze M.F.N. in collaborazione con i Colleghi della Facoltà di Scienze della Formazione.

Noi Chimici siamo chiamati a svolgere un ruolo attivo anche nella progettazione dei tirocini delle classi: A059 (in futuro A-27, matematica e scienze), A060 (in futuro A-50, scienze naturali, chimiche e biologiche), A013 (in futuro A-34, scienze e tecnologie chimiche) e a fare in modo che, in caso di attivazione di TFA per le varie classi di concorso dell'istruzione tecnica del settore tecnologico specifiche dell'indirizzo, siano sempre presenti corsi di didattica chimica (1) E' un momento delicato e importante ed è necessario che ci si renda conto che delegare questo compito ai docenti della Facoltà di Scienze della Formazione farebbe correre il serio rischio di "esaurire" la formazione pedagogica dei futuri insegnanti in un vuoto metodologismo e psicologismo.

La Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana ha istituito una commissione (2) allo scopo di contribuire alla realizzazione di queste lauree. La commissione ha il compito di preparare un documento in cui siano riportati i contenuti minimi disciplinari che si ritengono irrinunciabili per un corretto insegnamento della nostra disciplina e i relativi criteri e metodi di valutazione.

Altro compito affidato alla commissione la preparazione di un piano didattico per il tirocinio formativo attivo del regime transitorio (TFA). Tutte le Università potranno, a partire dall'anno accademico 2011-12, avviare i TFA per le diversi classi di insegnamento.

Regime transitorio

Tutti coloro che siano in possesso della laurea quinquennale, o di una laurea specialistica (DM 509) o magistrale (DM 270) potranno conseguire l'abilitazione per l'insegnamento nella scuola secondaria di primo (scuola media inferiore) e in quella di secondo grado (licei, tecnici e professionali) accedendo, dietro il superamento di prove di accesso, all'anno di Tirocinio Formativo Attivo a numero programmato, che potrà essere attivato da questo anno accademico.

Accesso al Tirocinio Formativo Attivo (TFA)

Le prove di accesso consistono in una prova preselettiva organizzata dal MIUR (domande aperte – max 20 punti), una prova scritta (max 20 punti) ed una prova orale (max 20 punti) organizzate dalle Facoltà; saranno considerati come titoli (max 20 punti) l'insegnamento prestato, il dottorato, i prodotti di ricerca e i titoli accademici.

Tirocinio

Il tirocinio (475 ore) si svolgerà a Scuola sotto la guida di un insegnante tutor designato dal Dirigente Scolastico delle Scuole accreditate dalle USR e che devono stipulare una convenzione con l'Università. È necessario prevedere un'attività di monitoraggio sul tirocinio.

Prova finale

Alla fine del tirocinio la prova finale consiste nella presentazione di una relazione di tirocinio che non deve essere un elenco di attività svolte ma deve contenere la descrizione della progettazione dell'attività, gli obiettivi, il tempo previsto, le prove di valutazione e una puntuale analisi critica dell'attività svolta alla luce dei risultati conseguiti.

(1) L'inserimento di un corso di didattica chimica in tutti i TFA delle classi di concorso dell'istruzione tecnica del settore tecnologico è motivato dalle competenze attese per la nuova disciplina "Scienze e tecnologie chimiche", introdotta dal riordino nel secondo anno di corso, che riguarda sostanzialmente i materiali di filiera ed ha funzione orientativa per la scelta dell'indirizzo futuro

(2) (Aldo Borsese, Livia Mascitelli, Antonella Rossi, Silvana Sacello, Eugenio Torracca, Mariano Venanzi)

Prof. Michele A. Floriano
Presidente della Divisione di Didattica



Henri Braconnot

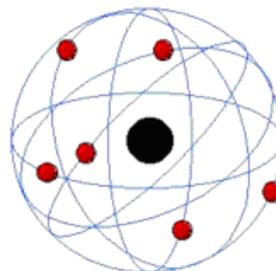
Il chimico francese **Henri Braconnot** scopre nel 1811 la **chitina** ($C_8H_{13}NO_5$)_n, nome IUPAC (poly(N-acetil-1,4-β-D-glucopiranosamina). La chitina, facendo parte dell'esoscheletro degli insetti, degli artropodi, dei funghi e dei batteri, è uno dei biopolimeri più abbondanti in natura. La sua etimologia deriva dal greco *χιτών* che significa mantello, rivestimento ed è riferito alla durezza del polimero.



Amedeo Avogadro

L'ipotesi di Amedeo Avogadro compie 200 anni

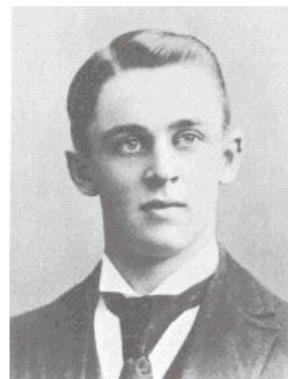
Nel 1811 Amedeo Avogadro (Torino 8 agosto 1776 – 9 luglio 1856) enunciò a proposito dei gas la sua ipotesi. Egli affermò che: «Nelle stesse condizioni di temperatura e di pressione, volumi uguali di gas diversi contengono lo stesso numero di molecole». Spedì la memoria contenente la sua ipotesi e scritta durante la permanenza a Vercelli al *Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire naturelle*. La pubblicazione avvenne nell'edizione del 14 luglio 1811 con il titolo «*Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons.*»



Modello atomico di Rutherford

I cento anni dell'atomo di Rutherford

Nel maggio 1911 comparve, sulla rivista *Philosophical Magazine*- Series 6, vol. 21, p. 669-688, un articolo dal titolo "The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom" in cui **Ernest Rutherford** formulava un nuovo modello atomico detto "modello planetario" contrapposto al modello "a panettone" di Joseph John Thomson.



Robert Andrews Millikan

Robert Andrews Millikan, premio nobel per la fisica nel 1923, fornì la prova che l'elettrone era dotato della più piccola quantità di carica possibile e che le minuscole particelle, presenti in tutta la materia, si distinguevano per la quantità di elettricità di cui erano dotate. Il valore della carica elementare venne comunicato al **Consiglio Solvay**. Il Convegno Solvay, ad invito, si svolse dal **30 ottobre al 3 novembre 1911 a Bruxelles** ed ebbe il seguente tema: La teoria dell'irraggiamento ed i quanti

Per i prossimi anni l'Italia investirà meno risorse finanziarie (Pil) per l'istruzione.

Lo prevede il Documento di Economia e Finanza 2011 varato dal Consiglio dei Ministri su proposta del Ministero dell'Economia e Finanze.

La percentuale del Prodotto interno lordo (Pil), cioè la ricchezza del Paese, relativa all'istruzione e determinata per il 2010 (come per il 2005) nella misura del 4,2%, per gli anni e i decenni successivi tenderà gradualmente a diminuire.

Già nel 2015 sarà sceso al 3,7%, nel 2020 al 3,5%, nel 2025 al 3,4% e continuare lentamente a decrescere fino al 2040 per riprendere a salire lentamente nei quinquenni successivi.

Stupisce questa previsione di minor investimento per l'istruzione, ma la spiegazione (tecnica) è contenuta nello stesso Documento che precisa, in proposito che le previsioni sono frutto di proiezioni effettuate utilizzando i modelli di previsione di medio-lungo periodo della Ragioneria Generale dello Stato.

In particolare (e questa sembra essere la spiegazione della flessione del Pil) le previsioni sono conseguenti alle variazioni demografiche e macroeconomiche elaborate da Eurostat nel 2007 che hanno evidenziato per l'Italia una tendenza di flessione del flusso immigratorio, il calo di fecondità delle donne, l'invecchiamento complessivo della popolazione.

Nei prossimi quinquenni vi dovrebbe essere, quindi, un costante decremento della popolazione scolastica con conseguente minor fabbisogno di classi, docenti, personale Ata, servizi, ecc. La spesa per l'istruzione dovrebbe, quindi, diminuire strutturalmente.

Investimenti pubblici per l'istruzione: % Pil

Nazione	2000	2006	diff.
DAN	8,29%	7,98%	-0,3
ISL	5,81%	7,55%	1,7
CIP	5,35%	7,02%	1,7
SVE	7,21%	6,85%	-0,4
MAL	4,49%	6,76%	2,3
NOR	6,74%	6,55%	-0,2
FIN	5,89%	6,14%	0,3
BEL	6,00%	6,00%	0,0
SLO	5,89%	5,72%	-0,2
FRA	6,03%	5,58%	-0,5
GB	4,46%	5,48%	1,0
OLA	4,96%	5,46%	0,5
AUS	5,74%	5,44%	-0,3
UNG	4,42%	5,41%	1,0
POL	4,89%	5,25%	0,4
POR	5,42%	5,25%	-0,2

Nazione	2000	2006	diff.
GER	6,00%	7,90%	1,9
LET	5,64%	5,07%	-0,6
IRL	4,28%	4,86%	0,6
LIT	5,90%	4,84%	-1,1
EST	6,10%	4,80%	-1,3
ITA	4,55%	4,73%	0,2
CEC	3,97%	4,61%	0,6
SPA	4,28%	4,28%	0,0
BUL	3,97%	4,24%	0,3
CRO	3,72%	4,11%	0,4
GRE	3,39%	4,00%	0,6
SLK	3,93%	3,79%	-0,1
ROM	2,86%	3,48%	0,6
LUS	3,74%	3,41%	-0,3
TUR	2,59%	2,86%	0,3
UE	4,91%	5,05%	0,1

Mediamente ogni anno, se pur con attenuazione negli ultimi tempi, vengono nominati circa 100 mila docenti precari (nomina annuale o fino al termine delle attività) e circa 50 mila Ata (nomine annuali o fino al termine delle attività).

Chi è fuori dal mondo della scuola non riesce a capire come sia possibile una quantità così elevata, e ripetuta nel tempo, di fabbisogno di nomine per personale precario e può pensare che tutto possa dipendere dalla mancanza di assunzioni regolari in ruolo del personale (per concorso o per graduatorie).

In minima parte la ragione è questa della mancata assunzione, ma nella maggior parte dei casi tutto dipende dalla non coincidenza tra organico di diritto e organico di fatto.

Il primo (il diritto) è quello ufficiale che individua chiaramente posti e classi con determinazione puntuale del personale da utilizzare; il secondo (il fatto) è la situazione vera e reale del fabbisogno di posti e classi con effettiva individuazione all'inizio dell'anno scolastico di tutto il personale che serve per garantire il servizio. E la differenza tra diritto e fatto è ogni anno sempre notevole.

Ma, mentre sui posti di diritto, può andare soltanto il personale titolare (quasi tutto di ruolo), succede che sui posti di fatto istituiti in più vadano precari.

Il costo che la scuola sostiene ogni anno è quello di fatto, non quello di diritto.

Ogni anno numerose scuole partecipano alle attività promosse da Federchimica, l'Associazione Nazionale dell'Industria Chimica per approfondire la conoscenza e divulgare un corretta immagine della chimica e della sua industria.

Federchimica prende parte attivamente al Progetto Lauree Scientifiche del Ministero dell'Istruzione nato per stimolare le vocazioni scientifiche e aumentare le iscrizioni ai corsi di Laurea in chimica cercando nello stesso tempo di migliorare l'insegnamento della chimica nei vari cicli scolastici.

Per questi obiettivi sono stati messi a punto e sono a disposizione di chiunque ne faccia richiesta i seguenti materiali:

- "Tutti pazzi per la Chimica" giornalino tipo fumetto per avvicinare alla chimica i ragazzi di Scuola Secondaria di primo grado.
- Bando "Premio Nazionale Federchimica giovani - Sezione Cloro e Plastica" per le classi di Scuola Primaria e Secondaria di primo grado.
- Guida "Chimica: una buona scelta" per orientare alle scelte universitarie gli studenti delle superiori.
- Guida "Costruirsi un futuro nell'industria chimica" per gli studenti universitari e per chiunque voglia conoscere di più l'industria chimica.
- Video "Vivere senza Chimica?" per animare dibattiti e riflessioni sull'importanza della Chimica nella vita quotidiana adatto a tutti i pubblici.
- Video "Chimica oltre il luogo comune" per una maggior consapevolezza sul ruolo della Chimica nello sviluppo e nel futuro del nostro Paese adatto dalla scuola superiore.
- Bando per "Premi di Tesi di Laurea Specialistica in Discipline Chimiche" per tesi di interesse industriale.

L'insegnamento della chimica al livello della scuola ha l'obiettivo di scoprire, oltre le apparenze, le relazioni tra mondo fisico e biologico, sviluppare la riflessione e lo spirito critico sottolineando come nella vita quotidiana i cambiamenti e le trasformazioni siano continuamente sotto i nostri occhi. La collocazione storica della scienza è un altro obiettivo dell'insegnamento delle scienze: far comprendere agli alunni che la conoscenza è in continua evoluzione, che il passato e il futuro sono inscindibilmente legati al presente e che lo studio supportato da interesse e curiosità per il mondo che ci circonda lascia sempre una traccia nella storia dell'uomo.

Ogni scienza, soprattutto ognuna di quelle pure, si basa su concetti fondamentali e fondanti, che possono essere sì giustificati storicamente con digressioni teoriche e diventare oggetto di speculazioni di calcolo, ma la loro natura, formatività e diciamo anche bellezza, resta strettamente legata al concetto medesimo.

I concetti sono sicuramente più difficili da trasmettere e richiedono che l'insegnante in prima persona li senta propri, li abbia compresi ed interiorizzati, fatti suoi, per poter trovare di volta in volta le parole migliori per esprimerli, le metafore, le similitudini, e purtroppo nella maggior parte delle scuole medie superiori l'insegnamento della chimica è affidato a professionalità scientifiche o tecniche di specializzazione universitaria diversa dalla chimica. Anche gli studenti, all'inizio potrebbero risultare spiazzati, proprio come talvolta risultano spiazzati dall'entrare a contatto con discipline profondamente concettuali come ad esempio la filosofia, ma proprio come nel caso della filosofia, ne rimarranno probabilmente più coinvolti e fascinati nel tempo.

Prefazione di uno dei testi di Chimica Generale, quello sicuramente più di base e che potrebbe in realtà rivolgersi forse ancora meglio agli istituti di formazione media superiore:

“Un tempo i testi di Chimica Generale consistevano in una litania di descrizioni chimiche, praticamente prive di inquadramento teorico. Col passare degli anni, però, le considerazioni teoriche trovarono spazio sempre crescente, finché si venne a creare una situazione per la quale gli studenti finirono per sapere costruire gli orbitali ibridi che descrivono, ad esempio, i legami del metano, senza sapere che quello stesso metano è un gas incolore, inodore e combustibile. Recentemente è stata acquisita generale consapevolezza della necessità di raggiungere un equilibrio soddisfacente fra chimica descrittiva e chimica teorica. Noi concordiamo pienamente su questo anche se, come docenti, conosciamo le difficoltà che si incontrano facendo lezioni interamente dedicate alla chimica descrittiva, per esempio, degli elementi. Fino ad un passato recente, così come ha probabilmente fatto la maggioranza dei Docenti, ci siamo limitati a far leggere agli Studenti i capitoli di chimica descrittiva del testo adottato”

(dalla Prefazione de: Donald A. McQuarrie; Peter A. Rock – “General Chemistry” – prima edizione americana, 1984 – edito in Italia da Zanichelli, 1991)

Carissimi Colleghi,
appena tornato a casa dal Festival di Science on Stage di Copenaghen vi invio alcune considerazioni a caldo. Hanno presenziato anche Roberta e Rossana che spero confermino le mie impressioni. La manifestazione è stata organizzata molto bene, il posto si è rivelato adatto e bello (purtroppo il nostro stand era al terzo piano, con scala a spirale e ripida da fare più volte al giorno e senza ascensore !!) l'hotel vicino e praticamente occupato solo da tutti noi partecipanti. Ha inaugurato la Fiera il Ministro dell'Istruzione danese (principale sponsor del festival) e alla cerimonia ufficiale lunedì pomeriggio hanno partecipato tra gli altri il direttore generale dell'OCSE-Pisa e l'amministratore delegata dell'associazione tedesca degli industriali (principale sponsor di SOS Europe). Gli eventi sociali, dal ricevimento inaugurale tenuto nella sede del festival nei vari piani, alla visita con cena all'Experimentarium, alle visite guidate 'turistiche' sono stati piacevoli. La nostra delegazione ha preparato ottimi stand, direi tutti di buon livello e soprattutto con una varietà di proposte dalla fisica alla chimica e biologia, e di vari ordini e tipi di scuola dalla scuola dell'infanzia, ai professionali, tecnici e licei, nonché esempi di ricerca in collaborazione tra scuole diverse, tra scuole e industria e università. Abbiamo fatto direi una buona scelta. C'è stato anche un buon equilibrio tra vecchi partecipanti e nuovi e direi che i nuovi sono rimasti entusiasti dell'esperienza e si è formato un buon gruppo. Tra gli altri stand c'erano ottime proposte, ma anche molte cose già viste e non certo nuove, per esempio alcune anche presentate 'on stage' erano state viste da tempo ai congressi AIF, molte noi non le avremmo certo selezionate perché avevamo di meglio Comunque noi abbiamo vinto un premio, non tra quelli in denaro ma un soggiorno presso centri di ricerca, con il *'solito' Gianluca Farusi*. Il suo progetto di quest'anno era in effetti attraente ed originale, anche meglio dei precedenti, ma certo che essere premiato per ben tre volte (su tre partecipazioni) ha suscitato molti commenti e non solo tra gli italiani Complimenti a Gianluca, ma molti altri progetti hanno suscitato interesse e proposte di collaborazione e sono stati visitati. Grazie alle nuove possibilità, molte foto e video sono presenti sulla pagina facebook di Science on Stage Europe, inoltre sul canale webtv www.science-on-stage.tv sono presenti filmati (anche interviste con alcuni dei nostri) così come su you-tube. Ho anche creato una pagina facebook Science on Stage Italia che invito a visitare, metterò presto alcune foto degli stand italiani. Qualche problema, comunque previsto date le premesse e nonostante l'interessamento di Cristina, c'è stato con il workshop di Angela Cane che non parla per nulla inglese, la collega che si è portata ha parlato lei e tradotto (in parte) quello che diceva, ma complessivamente c'è stata un po' di confusione, anche per altri motivi. Comunque l'hanno fatto, con una discreta presenza, peccato perché la proposta meritava, ma bisogna in futuro esigere ed accertare la conoscenza almeno di un decente inglese. In questo hanno fatto ottima figura Sybille Hasler e Monica Zanella, che parlano benissimo inglese, italiano e ovviamente tedesco oltre ad avere un ricco e ben presentato progetto rivolto alla scuola dell'infanzia. Ultima notizia, che meriterà un ulteriore approfondimento, è stata la visita di un rappresentante del Ministero, per la prima volta: il Dott. Piscitelli. E' rimasto molto ben impressionato sia della manifestazione, sia della nostra delegazione, ed ha fatto molte promesse che vanno dall'interessamento per un evento nazionale (ha letteralmente detto che è dato per certo!) ad un finanziamento per il proseguimento dell'attività, e, in un colloquio con il Presidente dell'Executive Board, Weltz, si è sbilanciato sino a proporre l'Italia come sede di una prossima edizione!! Io non sono generalmente ottimista per cui vedremo se nascerà qualcosa, comunque almeno i contatti li abbiamo instaurati e lui auspica anche un coinvolgimento del Comitato Berlinguer. Il prof. Berlinguer invece all'ultimo momento non ha partecipato anche per motivi famigliari piuttosto seri, ma ci ha mandato un gradito e-mail di auguri di buon lavoro, scusandosi per la sua assenza. Uno stile ben diverso dal Ministro che nemmeno ha dato cenno di ricevuta dell'invito (del suo collega Danese e non mio!!). A proposito del futuro, c'è stata la riunione dei NSC alla quale ho partecipato, è stato rinnovato l'Executive Board (scaduto in base alla Berlin Declaration che prevedeva una durata di due anni): Stefanie Schlunk prende il posto di Weltz alla presidenza, Featonby inglese è sostituito da un'altra sempre Inglese, Ferdinand Wagner è sostituito da un maltese. Entra come supplente un giovane rappresentante francese. La sede della prossima edizione del 2013 sarà al confine tra Polonia e Germania (Francoforte sull'Oder) organizzata in collaborazione. Per ora chiudo queste veloci notizie per rendervi partecipi, scusandomi per la lunghezza, ma c'erano molte cose da dire.



Luigi Campanella

Mariano Venanzi

Dal mondo degli insegnanti scolastici

"Tutti pazzi per la chimica"

Da notizie dirette dal MIUR, confermate in un incontro con i sindacati, si apprende che sono stati autorizzati 2386 posti, invece dei 2871 inizialmente richiesti per il prossimo concorso alla dirigenza scolastica. Se tutte le procedure in atto andranno a buon fine, il calendario degli adempimenti della procedura concorsuale potrebbe essere il seguente: pubblicazione bando: entro giugno; presentazione domande: a partire dal 1° luglio; data preselezione: 15 settembre; date prove scritte: 31 ottobre – 1° novembre; correzione prove scritte: entro 20 febbraio 2012; svolgimento prove orali: entro 10 maggio 2012; pubblicazione graduatorie di merito: 30 giugno 2012; nomina in ruolo e inizio periodo di formazione: 1° settembre 2012. È possibile confermare inoltre che: la prova sarà unica e nella medesima data in tutte le regioni; verrà con molta probabilità pubblicata, con congruo anticipo rispetto alla data fissata per la preselezione, una batteria di 4000/5000 quiz già in fase di predisposizione all'INVALSI e all'INDIRE; da questa batteria saranno estratte le 100 domande alla quali si risponderà in 60 minuti; saranno ammessi alle prove scritte tutti i candidati che daranno 80 risposte positive (per le risposte negative o non date il punteggio sarà corrispondente a 0).

Gli insegnanti italiani. Una ricerca del Cidi

Nell'ambito del convegno nazionale promosso dal Cidi a Torino il prossimo 15 aprile, avverrà la presentazione della ricerca: Gli insegnanti italiani e la scuola della Costituzione: valori e comportamenti. La ricerca è stata realizzata dal Cidi per conto del Comitato Italia 150 ed ha coinvolto un campione di 53 scuole di tutta Italia e circa 2400 insegnanti che hanno risposto ad un questionario di 40 domande. Essa ha indagato sulle motivazioni e le disillusioni, le idee e i comportamenti, i valori e le prospettive dei docenti italiani in un momento particolarmente delicato per la scuola e la società. Nell'impostazione del questionario e delle stesse domande, la ricerca ha in parte assunto anche le caratteristiche di un bilancio in prospettiva storica. La progettazione culturale e la gestione operativa sono state affidate al Cidi di Torino.

Comprendere il ruolo degli insegnanti nella società è stata una delle motivazioni della partecipazione del Cidi a questa iniziativa. Il sistema scolastico italiano ha ancora in una parte consistente del suo corpo insegnante una risorsa straordinaria da valorizzare. Questa ricerca vuole dunque contribuire ad una più approfondita conoscenza delle condizioni e degli atteggiamenti degli insegnanti, spesso confinati in spazi inadeguati se non addirittura trascurati o fraintesi dai decisori pubblici.

Due importanti pareri espressi lo scorso 30 marzo dal Cnpi: quello contrario sulla ulteriore riduzione d'orario nei tecnici e nei professionali che è stato reso all'unanimità, e quello sui progetti sperimentali delle scuole Pestalozzi, Don Milani e Rinascita-Livi di Firenze, Genova e Milano, cosiddetto ex articolo 11.

"Tutti pazzi per la chimica"

Caro Direttore,

mi è capitato nei giorni scorsi di far parte della Commissione che ha valutato i lavori giunti per il concorso 'Tutti pazzi per la chimica' riservato a studenti delle scuole medie indetto da SCI, MIUR e Federchimica.

Sono arrivati ca. 75 lavori da 71 scuole diverse sotto forma di video clips, presentazioni ppt, giornali, 1 fumetto.

Parte del materiale verrà pubblicato sul sito di Chimica 2011.

Non mi sembra una cattiva idea, quella di un numero speciale di CNS dedicato a questo concorso con la pubblicazione di materiale selezionato.

Il lavoro di redazione non sarebbe trascurabile, ma potremmo di nuovo coinvolgere le scuole che hanno preparato i lavori

Mariano Venanzi Chair of the School of Chemistry
Dept. of Chemical Sciences and Technology University of Rome Tor Vergata

Una delle proposte della Commissione Europea propugna un accesso universale ad un'educazione prescolastica di qualità, per il raggiungimento di due dei grandi obiettivi della strategia "Europa 2020" della Commissione – vale a dire la riduzione della dispersione scolastica che dovrebbe essere portata sotto al 10% ed il riscatto di almeno 20 milioni di persone dal rischio di povertà e di esclusione sociale.

Androulla Vassiliou, Commissario europeo responsabile per l'istruzione, la cultura, il multilinguismo e la gioventù, ha affermato: "Investire nell'educazione e nella cura della prima infanzia è uno dei migliori investimenti che possiamo fare per i nostri bambini – e quindi anche per il futuro dell'Europa. L'investimento in un'educazione prescolastica di qualità è molto più efficace degli interventi nelle successive fasi di scolarizzazione".

Nella maggior parte degli Stati membri l'istruzione dell'obbligo inizia all'età di 5 o 6 anni, ma anche prima a Cipro, nel Lussemburgo e nell'Irlanda del nord (Regno Unito). Il livello dei servizi erogati ai bambini in tenera età fino all'inizio dell'istruzione dell'obbligo varia notevolmente in Europa in termini di finanziamento, governance e politiche del personale.

Nel 2009 i Ministri dell'istruzione hanno fissato un obiettivo in base al quale il 95% dei bambini dovrebbe fruire di un'educazione precoce e di servizi di custodia dell'infanzia a partire dall'età di 4 anni. L'attuale media UE è pari al 92,3%, ma anche in questo caso le cifre variano notevolmente e non rispecchiano necessariamente la qualità dei servizi forniti.

Di fronte a tale situazione, le nuove proposte della Commissione europea invocano:

- un accesso universale a un'educazione prescolastica di qualità, basata su finanziamenti stabili e sulla buona governance;
- un approccio integrato all'istruzione e ai servizi di custodia dell'infanzia che tenga conto dei bisogni dei bambini in modo onnicomprensivo;
- curricoli adattati all'età che presentino il giusto equilibrio tra le abilità più tecniche e quelle trasversali;
- una maggiore attenzione alla professionalizzazione del personale assicurando qualifiche, salari e condizioni di lavoro appropriati;
- sistemi di garanzia della qualità e standard al fine di monitorare i progressi.

Le proposte della Commissione saranno discusse a maggio dai ministri dell'istruzione dell'UE. I ministri identificheranno le priorità e la Commissione incoraggerà lo scambio di idee e di conoscenze a partire dalle politiche che risulteranno più efficaci. La Commissione definirà poi le priorità per gli investimenti nell'ambito delle iniziative dell'educazione e la cura della prima infanzia.

“Io Amo i Beni Culturali”

È rivolto a partenariati costituiti tra scuole e musei dell'Emilia Romagna il concorso di idee Io Amo i Beni Culturali, collegato al progetto europeo Aqueduct. Quest'ultimo è il progetto che utilizza il patrimonio culturale come strumento per acquisire le competenze chiave trasversali per l'apprendimento permanente stabilite dal Quadro di Riferimento adottato dal Parlamento europeo e dal Consiglio nel 2006:

imparare a imparare;

competenze sociali e civiche;

spirito di iniziativa e di imprenditorialità;

consapevolezza ed espressione culturali.

Il concorso “Io Amo i Beni Culturali” è indetto dall'Istituto per i beni culturali e il Servizio istruzione e integrazione fra i sistemi formativi della Regione Emilia-Romagna, in collaborazione con l'Ufficio scolastico regionale e l'Agenzia nazionale per lo sviluppo dell'autonomia scolastica. Obiettivo di Io Amo i Beni Culturali è quello di assicurare ad Aqueduct un'ampia ricaduta a livello regionale: i progetti presentati in partenariato tra scuole e musei, infatti, devono porsi come obiettivo principale lo sviluppo delle competenze trasversali, attraverso la partecipazione attiva dei giovani studenti.

Per partecipare al concorso occorre che scuole e musei presentino congiuntamente un progetto per un'iniziativa inedita finalizzata alla valorizzazione del/i museo/i prescelto/i oppure del bene culturale contenuto al suo/loro interno o nel territorio. L'iniziativa dovrà essere mirata allo sviluppo di una, o di più di una, delle competenze chiave trasversali e dovrà essere realizzata nell'anno scolastico 2011/2012. I cinque progetti selezionati dalla giuria saranno sostenuti con l'attribuzione di risorse finanziarie.

Informazioni



CnS-La Chimica nella Scuola

ISSN 0392-8942

**Anno XXXIII n. 2
Aprile - Maggio 2011**

Direttore responsabile

Luigi Campanella

Dipartimento di Chimica
Piazzale Aldo Moro, 5 - 00185 ROMA
e-mail: luigi.campanella@uniroma1.it

Redattore

Pasquale Fetto

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

Editore

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

Comitato di redazione

Aldo Borsese, Luigi Campanella, Liberato Cardellini, Marco Ciardi, Valentina Domenici, Pasquale Fetto, Silvano Fuso, Fabio Olmi, Pierluigi Riani, Silvia Ripoli, Gianmarco Ieluzzi, Giovanni Villani.

Comitato Scientifico

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

Periodicità: bimestrale (5 fascicoli all'anno)

Abbonamenti annuali

Italia € 48,00 - Paesi comunitari € 58,00

Fascicoli separati Italia € 12,00

Fascicoli separati Paesi extracomunitari € 15,00

Gli importi includono l'IVA e, per l'estero, le spese di spedizione via aerea.

Spedizione in abbonamento postale Art.2 comma 20/C Legge 662/96 Filiale di Roma

Ufficio Abbonamenti

Manuela Mostacci

SCI, Viale Liegi, 48/c - 00198 - Roma

Tel. 068549691 fax 068548734

e-mail: manuela.mostacci@soc.chim.it

Copyright 1995 Società Chimica Italiana

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

La riproduzione totale o parziale degli articoli e delle illustrazioni pubblicate in questa rivista è permessa solo se autorizzata dalla Direzione

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

Editing

Pasquale Fetto

pasquale.fetto@didichim.org

Stampa

DE VITTORIA s.r.l.

Via Degli Aurunci, 19 - 00185 ROMA