



Società Chimica Italiana

La Chimica nella Scuola



- 5 Editoriale
Gli indici di permanenza ambientale
Luigi Campanella
- 7 Dalla Copertina
Daniel Bernoulli
Pasquale Fetto
- 13 Scuola secondaria superiore (Triennio)
Una reazione energica...
Giuseppe D'Angelo
- 27 Un'esperienza di *collaborative teaching* nelle Scienze:
costruzione di un *learning object* integrando le metodologie
CLIL e IBSE.
Andrea Checchetti, Maria Clotilde Bruno, Donato Martano
- 41 Quali condizioni per conferire una dimensione culturale
all'insegnamento della chimica?
Antonio Testoni
- 47 Brevi note su "La chimica nelle cose", di Fabio Olmi
Aldo Borsese
- 49 Marie-Anne Paulze Lavoisier
Rossella Grassi
- 67 L'argomentazione socio-scientifica per migliorare
la didattica delle discipline scientifiche
Liberato Cardellini
- 72 Federchimica per la scuola
Le priorità europee per l'industria chimica in Italia
Luigi Campanella
- 75 Seconda circolare
I° Convegno Nazionale PLS-Scienza dei Materiali

Gli indici di permanenza ambientale

Quasi sempre l'approccio al problema ambientale nella Scuola avviene a partire dalla tossicità indotta all'ambiente stesso da parte delle attività antropiche con smaltimento di composti dannosi alla salute ed all'ambiente. Al contrario quasi mai viene trattato il tema della permanenza ambientale di una sostanza che pure è un importante indice positivo e negativo, riferito alla destinazione d'uso ed al suo ciclo di vita; nel senso positivo di durabilità, è la capacità di un materiale di mantenere nel tempo le caratteristiche fisico – meccaniche e di aspetto possedute nel momento della sua messa in opera; nel senso negativo della valutazione del rischio ambientale da sostanze chimiche, è l'assenza di degradabilità nell'ambiente ed indica che una determinata sostanza non è facilmente biodegradabile da parte dei batteri, dei miceti o attraverso altri agenti naturali. Tanto più è grande l'indice di persistenza, tanto più la matrice testata può essere caratterizzata come recalcitrante e persistente al degrado: per i materiali per i quali la permanenza è una qualità positiva i valori alti di questo indice indicano la durabilità; per i materiali per i quali la permanenza è una qualità negativa, i valori alti di questo indice indicano la difficile degradabilità. Pertanto questo indice, pur essendo sempre lo stesso, può essere utilizzato per fini diversi e con significati diversi a seconda della matrice testata con lo scopo di studiare ad esempio:

▪ **nel campo dei Beni Culturali:**

-la misura della resistenza della carta al degrado,
-la datazione e la resistenza del legno e di tessuti al degrado,
-come primo approccio la caratterizzazione di vari tipi di marmo con la prospettiva futura della diagnosi per il loro riconoscimento vero e proprio;

▪ **nel campo merceologico** degli alimenti, dei cosmetici, dei farmaci, dei coloranti:

-la determinazione della qualità e del degrado del vino;
-la misura della stabilità dei prodotti cosmetici finalizzata alla sicurezza dell'utente;

-la determinazione della persistenza di coloranti utilizzati nelle industrie tessili, conciarie, plastiche, cosmetiche, alimentari e di inchiostri;

▪ nel **campo ambientale**:

- la determinazione dell'ecopermanenza di composti tossici marker anche su matrici reali

La ricerca scientifica ha messo a punto dei metodi sia teorici che sperimentali per avere dati di permanenza ambientale. I primi si basano su una trattazione termodinamica a partire dalla struttura della molecola, i secondi su metodi ibridati (combinazioni di tecniche diverse) o su approccio sensoristico (biosensori e sensori fotochimici).

Il regolamento REACH ha sancito l'importanza degli indici di permanenza ambientale indicando tale proprietà, insieme a tossicità e bioaccumulabilità, come quella che condiziona l'autorizzazione alla circolazione di un prodotto da parte dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (ECHA)

Dalla Copertina

a cura di Pasquale Fetto
(pasquale.fetto@didichim.org)

Daniel Bernoulli

Groninga 29 gennaio 1700

Basilea 17 marzo 1782

di

Pasquale Fetto



Daniel Bernoulli nacque a Groninga (Paesi Bassi) il 29 gennaio 1700 è stato uno dei più importanti matematici della famiglia Bernoulli. Egli è ricordato in particolare modo per le applicazioni della matematica alla meccanica, specialmente la fluidodinamica, e per il suo pionieristico lavoro sulla probabilità e la statistica. Le opere di Bernoulli sono ancora oggi studiate in molti ambienti scientifici in ogni parte del mondo.

Daniel voleva intraprendere la carriera accademica come suo padre così fece domanda per due cattedre a Basilea. La designazione per la cattedra di *anatomia e botanica* fu decisa dal sorteggio che non gli fu favorevole. L'altra cattedra vacante che Daniel aveva richiesto era quella di *Logica*, anche in questo caso la selezione finale avvenne per sorteggio e fu sfavorevole a Daniel.

Non avendo ottenuto un posto accademico, Daniel si recò a Venezia per studiare medicina pratica e approfondire gli studi di medicina a Padova. La grave malattia che colpì Daniel durante la permanenza a Venezia gli impedì di recarsi a Padova ma gli diede la possibilità di lavorare sulla matematica e di pubblicare, con l'aiuto di Goldbach, all'età di 24 anni il suo primo lavoro dal titolo *Exercitationes* (Esercizi di Matematica). In questo lavoro erano distinte quattro parti ognuna delle quali trattava uno specifico argomento legato al suo interesse.

*Nella **prima parte** si descrive il gioco del faro che non ha importanza in quanto è solo una esercitazione sulla teoria probabilistica che stava imparando.*

*La **seconda parte** trattava del flusso di acqua da un foro in un contenitore e discute la teoria di Newton (che era errata) dimostrando un grande interesse per il moto dei fluidi.*

Daniel non aveva risolto il problema della pressione ma questa parte del lavoro mostra che il suo interesse si muoveva in questa direzione. Fu certamente la sua attività di medico ed il suo lavoro sul flusso del sangue e la pressione sanguigna a stimolare un interesse per il flusso del fluido.

*La **terza parte** era dedicata al metodo di risoluzione dell'equazione differenziale, Equazioni differenziali di Bernoulli. [3]*

*Nella **parte finale** si interrogava su una domanda di geometria relativa alle figure delimitate da due archi di cerchio.*

Fu grazie alla pubblicazione degli Esercizi Matematici che Daniel raggiunse la fama ottenendo la cattedra di matematica a San Pietroburgo. Nello stesso anno a suo fratello Nicolaus (II) Bernoulli fu offerta una cattedra di matematica sempre a San Pietroburgo così, verso la fine del 1725, i due fratelli si recarono a San Pietroburgo.

Durante la permanenza a Venezia, Daniel progettò e disegnò una clessidra che potesse essere utilizzata anche durante la navigazione con mari agitati. Presentò il suo lavoro all'Accademia di Parigi ottenendo il premio della prestigiosa Accademia.

Nel 1726, otto mesi dopo l'arrivo a San Pietroburgo, il fratello muore. Il dolore per la perdita del fratello e la rigidità del clima fecero maturare, in Daniel, l'idea di tornare a Basilea; scrisse a suo padre Johann dicendogli quanto fosse infelice in Pietroburgo. Johann Bernoulli ebbe la possibilità di organizzare la partenza per San Pietroburgo di **Leonhard Eulero**, uno dei suoi migliori allievi, per lavorare con Daniel. Il periodo intercorso tra l'arrivo di Eulero e la partenza da San Pietroburgo, avvenuta nel 1733, fu per Daniel il più produttivo.

Nel 1726, per la prima volta, osservò che qualsiasi moto poteva essere ottenuto dalla composizione di un moto di traslazione e uno di rotazione.

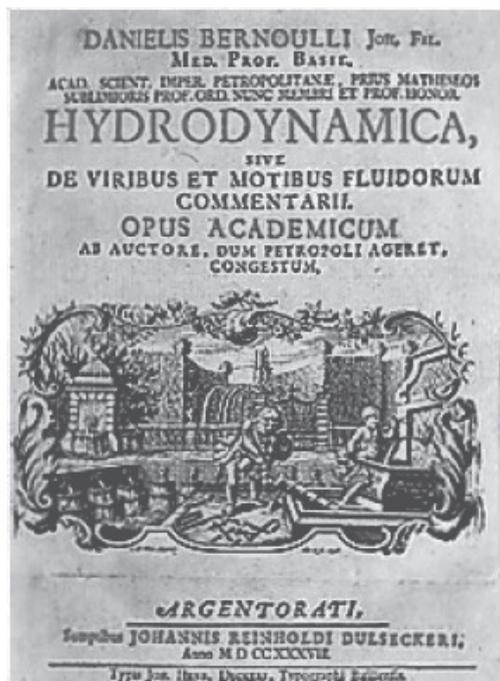
Uno dei temi che Daniel studiò in San Pietroburgo fu quello dei sistemi vibranti facendo una delle sue più celebri scoperte definendo **i nodi semplici e le frequenze di oscillazione di un sistema**. Egli mostrò che i movimenti delle corde degli strumenti musicali sono composti da un numero infinito di vibrazioni armoniche tutte sovrapposte sulla stringa.

Dal 1728, Bernoulli e Eulero hanno dominato la meccanica dei corpi flessibili ed elastici. Bernoulli determinò la forma che un filo perfettamente flessibile assume quando agitato da forze di cui un componente è verticale rispetto alla curva e l'altra è parallelo ad una data direzione.

Una successiva opera, molto importate, Daniel la produsse mentre era in San Pietroburgo; in questa opera trattò la **probabilità e l'economia politica**.

Daniel ipotizzò che il valore morale dell'aumento di ricchezza di una persona è inversamente proporzionale alla quantità di quella ricchezza. Poi assegna probabilità ai vari significa che una persona deve fare soldi e deduce una aspettativa di aumento della aspettativa morale. Daniel applicò alcune delle sue deduzioni alle assicurazioni.

Senza dubbio la più importante opera alla quale Daniel Bernoulli lavorò, mentre era in San Pietroburgo, fu il suo trattato sulla idrodinamica; il termine stesso divenne il titolo del trattato "*Hydrodynamica*". Prima di lasciare San Pietroburgo, Daniel lasciò una bozza del libro da stampare. Tuttavia il lavoro non fu pubblicato fino al 1738 e anche se fu rivisto notevolmente tra il 1734 e il 1738, la revisione riguardò più la presentazione che la sostanza.



L'anno successivo il padre pubblicò *Hydraulica*, che attingeva largamente dal figlio, cercando di fare passare l'opera di Daniel come copiata datando la

pubblicazione al 1732. Questo tentativo di attribuirsi le scoperte del figlio dimostra quale fossero i rapporti tra i due anche se solo da parte del padre. Daniel, infatti, scrive nel frontespizio della sua opera *'Daniel Bernoulli, figlio di Johann'*.

Questo lavoro contiene, per la prima volta, la corretta analisi dell'acqua che scorre da un foro in un contenitore. Questa analisi si basava sul principio di conservazione dell'energia, che Daniel aveva studiato con il padre nel 1720. Bernoulli ha trattato a lungo intorno alle pompe e ad altre macchine per sollevare l'acqua. Una notevole scoperta è evidenziata nel capitolo 10 di *Hydrodynamica* in cui Daniel ha trattato la base per la *teoria cinetica dei gas*. Fu in grado di formulare le leggi fondamentali per la teoria dei gas e diede, anche se non in dettaglio, l'equazione di stato scoperta da Van der Waals un secolo più tardi.

La *teoria cinetica dei gas*, proposta per la prima volta da Bernoulli, anticipava l'elaborazione del modello fisico statistico di James Clerk **Maxwell** (1831-1879).

L'*Hydrodynamica*, nella sua struttura è simile alla *Méchanique Analytique* di Joseph-Louis **Lagrange**: *tutti i risultati sono conseguenza di un singolo principio, e precisamente quello di conservazione dell'energia*.

All'*Hydrodynamica* seguì una memoria sulla *teoria delle maree*, alla quale, insieme alle memorie di Eulero e Colin Maclaurin, l'Accademie Royale des Sciences francese, assegnò un premio: queste tre memorie contengono tutto ciò che sull'argomento venne scritto tra i "*Mathematical Principles of Natural Philosophy*" di Isaac **Newton** (1642 -1727) e le investigazioni presenti nella *Mécanique Céleste* di Pierre-Simon **Laplace** (1749 – 1827).

Bernoulli scrisse anche un gran numero di articoli su vari argomenti matematici, specialmente sui problemi concernenti le corde vibranti e sulla la soluzione data da Brook **Taylor** (1685-1738) e Jean **Le Rond d'Alembert** (1717-1783).

Bernoulli spiegò come si genera il moto ascensionale.



Effetto Bernoulli sul profilo alare

Non ancora trentenne, infatti, Daniel Bernoulli aveva scoperto le proprietà dei fluidi. Se il '600 fu il secolo dei corpi solidi e l'800 quello dell'elettromagnetismo e della materia animata, il '700 fu il secolo in cui si posero le basi fondamentali della fluidodinamica.

Quando Daniel iniziò il suo lavoro sui fluidi, all'inizio del XVIII secolo, non esistevano metodi per misurare né la pressione né la velocità di un fluido dentro a un qualsiasi condotto.

Ciò che si conosceva era *il principio di continuità* enunciato da **Leonardo da Vinci**, secondo cui, quando lungo il suo corso un fluido che scorre incontra strozzature, aumenta di velocità. Leonardo giunse a questa conclusione studiando il moto dell'acqua nei fiumi, e osservando come questa scorresse lenta quando il fiume era largo e profondo, mentre diveniva più rapida e impetuosa dove il fiume si restringeva.

Era il 1729 quando Daniel Bernoulli, stimolato dai suoi studi in medicina, pensava come risolvere il problema legato alla misurazione la pressione del sangue. A quel tempo si praticava il salasso, facendone spesso abuso, con risultati nefasti per i pazienti. Pensando al sangue che spruzzava verso l'alto, quando si bucava un'arteria, intuì che misurando quell'altezza, si sarebbe potuto misurare la pressione del sangue. Fu così che mise a punto una cannula di vetro che poteva essere infilata in un'arteria; l'altezza raggiunta dal sangue nella cannula dava la misura della pressione del sangue senza dissanguare il paziente. Il metodo ebbe una larga diffusione rendendo famoso Bernoulli in tutta Europa.

Daniel partecipò al Grand Prix dell'Accademia di Parigi del 1734 presentando un lavoro sull'astronomia. Allo stesso Grand Prix partecipò anche il padre Johann e, ironia della sorte, furono dichiarati vincitori a pari merito. Ciò provocò le ire del padre, che non sopportava di essere messo allo stesso livello del figlio, e si ebbe la conseguente rottura delle relazioni tra i due. Daniel continuò ad essere in rapporto epistolare con Eulero, che grazie alle sue capacità analitiche, metteva in forma matematica rigorosa le idee di Bernoulli; nel frattempo ampliò il suo trattato di idrodinamica con un capitolo sulla resistenza dei fluidi e sulla propulsione delle navi.

Il Grand Prix del 1737 riguardava la nautica ed in particolare il tema era la *forma dell'ancora*, Daniel vi partecipò ottenendo il premio a pari merito con **Poleni**. Continuò a vincere il Grand Prix dell'Accademia di Parigi, per un totale di 10 edizioni, con lavori sulla teoria delle maree di Newton (insieme ad Eulero nel 1740), sul magnetismo (nel 1743 e '46), sulla determinazione dell'ora in mare (1747), sulle correnti oceaniche (1751), sulle forze sulle navi con mare grosso (1753 e '57).

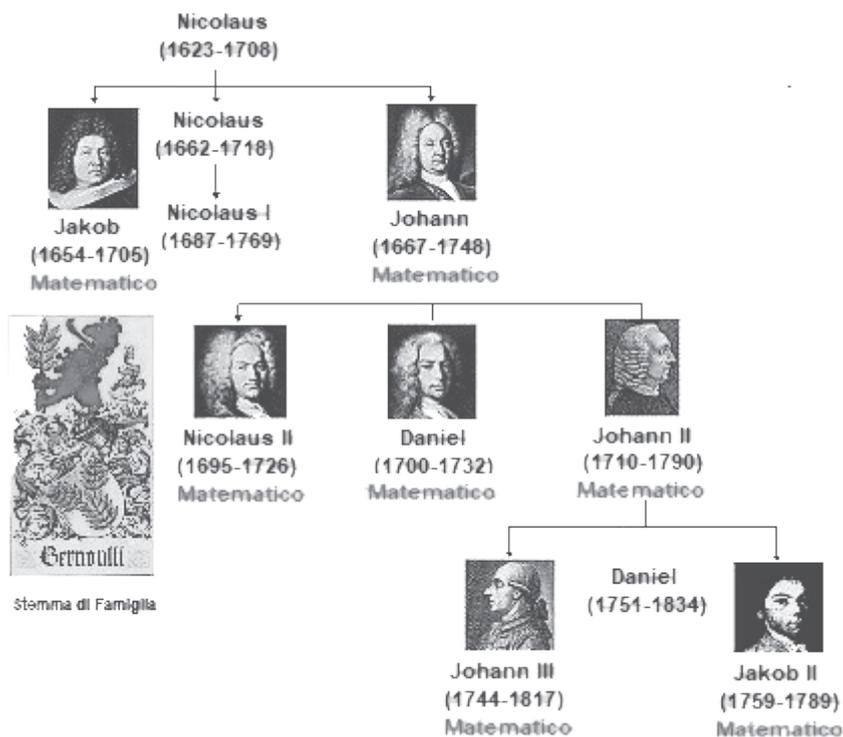
Le lezioni di botanica non erano ciò che Daniel desiderava e ottenne il passaggio al corso di fisiologia nel 1743 e nel 1750 alla cattedra di fisica che tenne fino al 1776.

Le sue brillanti lezioni erano corredate da molti esperimenti e sembra che verificasse sperimentalmente alcune leggi ‘scoperte’ ufficialmente solo dopo molti anni come la legge di Coulomb in elettrostatica. Un suo contributo importante alla fisica matematica venne dall’integrazione delle teorie di Newton in meccanica con i metodi matematici di Leibniz e con l’uso del principio di conservazione dell’energia.

Continuò anche ad occuparsi di oscillazioni, dando una elegante trattazione della vibrazione dell’aria nelle canne d’organo.

Daniel ebbe numerose onorificenze e fu eletto membro delle più importanti Accademie scientifiche del tempo, come Bologna, Parigi, Berlino, San Pietroburgo, Londra, Torino e Zurigo. Morì a Basilea il 17 marzo 1782

Il 5 marzo del 1973, fu scoperto, nella regione del sistema solare situata grosso modo tra le orbite di Marte e di Giove, un asteroide che venne chiamato **2034 Bernoulli** in onore della famiglia di matematici.



Una reazione energica...

Giuseppe D'Angelo
Liceo Scientifico di Giarre (Catania)
sitdang@teletu.it

Introduzione

Alcoli, Aldeidi, Chetoni, Carboidrati, Lipidi sono tra i principali composti che vengono trattati nello studio della Chimica Organica e della Biochimica nelle classi quinte di un Liceo Scientifico ed in genere nei trienni delle Superiori. Si tratta di sostanze molto diffuse in natura e di grande importanza biologica. E' superfluo ricordare gli importantissimi compiti svolti da tali molecole in ambito metabolico e strutturale nei viventi. In particolare poi alcoli, aldeidi e zuccheri subendo più o meno facilmente l'ossidazione da parte di differenti agenti ossidanti si prestano bene per semplici attività sperimentali che hanno il fine di coinvolgere e meglio motivare gli studenti. Così ad esempio è facile fare il riconoscimento degli zuccheri riducenti utilizzando il reattivo di Fehling oppure distinguere un'aldeide da un chetone realizzando il saggio di Tollens. Analogamente si può utilizzare il permanganato di potassio o il cromato di potassio se si tratta di un alcool, ecc.

Capita anche che per curiosità si provi la "forza" di una particolare reazione con lo scopo di incuriosire gli alunni durante l'ora di laboratorio. Sono queste le occasioni che a volte ci permettono di fare degli inattesi approfondimenti disciplinari.

In una di queste occasioni aggiungendo in un becher contenente qualche mL di alcool sec-propilico una pipettata di acido nitrico⁽¹⁾ si osservò quasi subito una copiosa produzione di bollicine, un forte rialzo termico e la produzione di un gas di colore bruno.

Si trattava di una reazione redox piuttosto vivace indotta dall'acido nitrico, potente ossidante, sull'alcool. Osservando tuttavia una differente reattività tra alcoli primari e secondari si è voluto approfondire il perché di questo comportamento differenziale. Così è stato effettuato un breve iter laboratoriale di verifiche sperimentali ed è stata avanzata anche un'ipotesi meccanicistica di cui si relaziona.

1. E' bene ricordare che la reazione descritta va realizzata osservando scrupolosamente le norme operative di laboratorio. Infatti essendo una reazione fortemente esotermica e liberando gas tossici può diventare rischioso per l'operatore manipolare tali sostanze senza le dovute cautele. Si raccomanda quindi di operare sempre sotto cappa con schermo abbassato utilizzando guanti ed altri dispositivi di protezione individuale.

Va considerato che si tratta di verifiche realizzate in un laboratorio scolastico ben poco attrezzato ed i dati acquisiti sono certamente insufficienti a definire i vari aspetti cinetici e le varie fasi del meccanismo di reazione. Tuttavia non si poteva non avanzare una ipotesi su detto meccanismo di reazione in quanto ciò era necessario per poter inquadrare in maniera per quanto più possibile logica il fenomeno osservato. Le verifiche realizzate hanno comunque avuto una certa ricaduta didattica perché hanno permesso di proporre ai nostri studenti un percorso analitico valido a promuovere e stimolare l'interesse scientifico verso le problematiche inerenti la Chimica ed i processi che essa analizza.

Il fenomeno osservato

E' possibile verificare velocemente il fenomeno osservato procedendo nel seguente semplice modo.

Operando rigorosamente sotto cappa, indossando comunque l'apposito camice ed utilizzando occhiali, guanti e mascherina si ponga in due distinti becher⁽²⁾ (becher A, B,) una pipettata di alcool etilico⁽³⁾ in uno (becher A) e una pipettata di alcool sec-propilico nell'altro (becher B). In entrambi i becher si aggiunga poi una pipettata di acido nitrico (al 65%).

Quasi subito nel becher B si potrà osservare la reazione descritta. La reazione sarà violenta con una copiosa produzione di bollicine e l'emissione di un gas bruno dall'odore pungente. La soluzione inoltre assumerà una pigmentazione giallo – bruna. Nel becher A invece non si osserverà nulla.

Il gas in questione è il diossido d'azoto (o ipoazotite). Si tratta di un gas irritante e tossico che è possibile ottenerlo da differenti tipi di reazioni come ad esempio l'ossidazione del rame metallico:



Nel becher A si aggiunga successivamente un'altra pipettata di acido nitrico. Anche in questo caso non si osserverà nessuna immediata reazione, neanche attendendo parecchi minuti. Tuttavia se la soluzione del becher A viene riscaldata per pochi secondi su piastra elettrica la reazione si avvierà anche in questo becher. Avrà un inizio lento e poi procederà velocemente come nel caso del becher B. Se nel becher A si aggiunge invece l'equivalente di tre pipette di acido allora, dopo circa un minuto, si potrà osservare la reazione descritta che avverrà con la produzione di un denso gas rosso mattone. Se nel becher si aggiunge quindi solo una pipettata di acido nitrico non si osserva reazione immediata. La reazione non veniva innescata neanche previo riscaldamento su piastra elettrica per alcuni minuti.

2. E' consigliabile non usare provette per eseguire tale esperienza in quanto la produzione copiosa di gas che si verifica può far espellere violentemente la soluzione dalla provetta che potrebbe riversarsi addosso all'operatore!

3. Una pipetta Pasteur da 3 mL

L'aggiunta della giusta quantità di acido sembra essere una condizione essenziale. Ciò è vero anche per l'alcool sec-propilico. Infatti quando il rapporto volumetrico è inferiore a 1:1 con difetto quindi di acido nitrico (es. rapporto 1:2 acido/alcool) la reazione non si innescava autonomamente.

E' possibile affermare che la reazione non avviene facilmente con gli alcoli primari. Bisogna aumentare la concentrazione acida della soluzione (triplicarla) o innalzare la temperatura della stessa. Una volta innescata poi procede autonomamente. Si tratta infine di una reazione fortemente esotermica, innescabile peraltro dal calore ad una certa temperatura. Il calore liberato dalla reazione catalizza infine la reazione stessa.



Foto 1. Sviluppo di bollicine di ipoazotite

Verifica dell'ossidazione dell'alcool

Data l'evidente riduzione dell'azoto nitrico ad azoto nitroso, presente nel diossido, era importante verificare l'avvenuta ossidazione dell'alcool sec-propilico il cui prodotto di ossidazione è l'acetone. A tal fine si è pensato di verificarne la presenza a fine reazione utilizzando come metodo veloce le strisce reattive *Ketur – test* per la determinazione dei corpi chetonici⁽⁴⁾ nelle urine (reperibili in farmacia).

4. Si tratta di tre sostanze differenti (acetone, acido acetacetic e acido betaidrossibutirrico) che nelle urine di persone sane non risultano presenti. Per la loro determinazione si ricorre alla reazione di Legal.

A 5 mL di urina si aggiungono 5 gocce di nitroprussiato sodico in soluzione al 10%, poi qualche goccia di soluzione di idrossido di sodio al 20%. Compare una colorazione rosso mattone, che in presenza di corpi chetonici, vira rapidamente al violetto se si aggiungono 5 gocce di acido acetico al 10%. Se invece i corpi chetonici risultano assenti l'aggiunta dell'acido acetico schiarisce la soluzione rossastra.

Tali strisce contengono nitroprussiato sodico e glicina come reagenti. Si tratta dei reagenti della reazione di Legal[1] per il riconoscimento delle ammine. L'acido acetoacetico e l'acetone ad esempio reagiscono con nitroprussiato sodico (pentacianonitrosilferrato (III) di disodio) e glicina in ambiente alcalino formando un complesso di colore violetto. Nelle striscette la glicina funge, ovviamente, da ammina. Per poter verificare dunque la reazione che avrebbe dovuto essere evidenziata da una colorazione violetta si è dovuto neutralizzare e quindi leggermente alcalinizzare la soluzione ottenuta dalla reazione. Infatti, in quest'ultima, era ancora presente una certa acidità a giudicare dal colore della cartina tornasole. Si è preparata dunque una soluzione piuttosto concentrata di NaOH⁽⁵⁾ a cui si è aggiunta della fenoltaleina. Si è prelevata poi una pipettata di tale soluzione e gocciola a gocciola in una provetta si è effettuata la neutralizzazione di un paio di ml di soluzione (derivante dalla reazione dell'alcool). Si smise di aggiungere altra soluzione alcalina appena si osservò che le ultime gocce coloravano un po' di fucsia la soluzione base. Dopo aver effettuato tale neutralizzazione si è verificata la presenza di acetone immergendo una striscetta nella soluzione neutralizzata. Un'altra striscetta è stata immersa nella soluzione alcalina utilizzata per la neutralizzazione. Una terza striscetta è stata anche immersa in una porzione di soluzione di reazione non neutralizzata. Lo scopo era



Foto 2. Strisce Ketur-Test utilizzate

quello di confrontare i differenti comportamenti. Ecco i risultati cromatici osservati entro un minuto dall'immersione nella soluzione (vedi foto 2).

5. Circa 0,5 M; due perline di circa 0,1 g ciascuna di idrossido in circa 10 mL di acqua.

Si evince chiaramente la presenza del gruppo carbonilico nei composti presenti in soluzione.

Ipotesi meccanicistiche

Cosa dire del meccanismo di reazione?

Ad un primo esame la reazione tra alcool e acido nitrico suggerisce un meccanismo di nitratura del tutto simile alla nitratura del glicerolo per la produzione della nitroglicerina. In effetti l'assenza di acido solforico necessario per protonare l'acido nitrico al fine di produrre lo ione nitronio può essere giustificata considerando l'autoprotolisi⁽⁶⁾ dell'acido stesso vista la sua elevata concentrazione. In tal modo il meccanismo potrebbe essere:

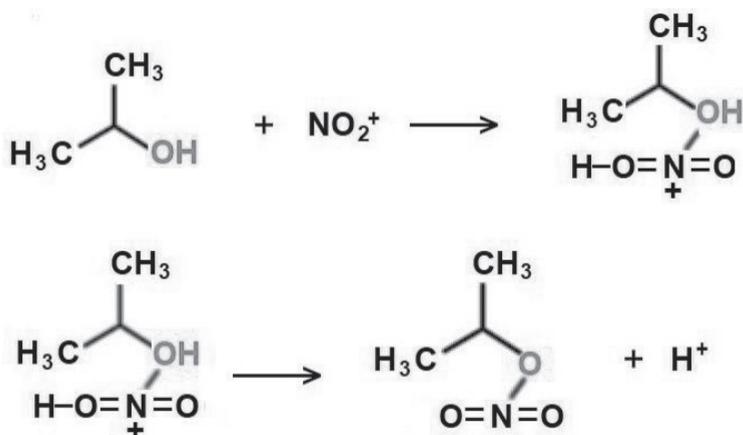
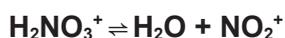
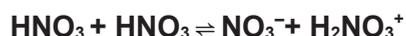


Figura 1. Meccanismo di reazione

Ed ovviamente:

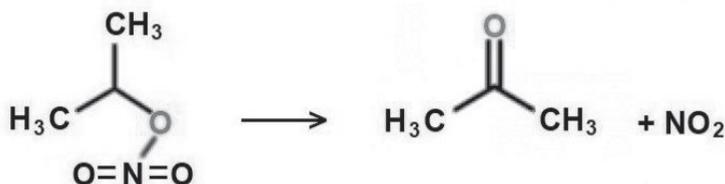


Figura 2.

6. Confronta con: [2] paragrafo 4

L'instabilità del legame N – O dovuta alla tendenza del gruppo nitro a passare nella forma gassosa di NO₂ giustifica la violenza della reazione generata dal nitrato d'etile prodotto. Per quanto riguarda poi la differente velocità di reazione tra alcool primario e secondario è possibile pensare che in quest'ultimo la carica positiva apportata dallo ione nitronio può essere meglio delocalizzata sui due carboni metilici, pertanto il prodotto intermedio con carica positiva che ne deriva risulterebbe essere meglio stabilizzato. Il meccanismo di reazione si basa, in buona sostanza, su una sostituzione elettrofila non aromatica sull'ossigeno ossidrilico[3].

Tuttavia riflettendo su quanto osservato durante le varie prove effettuate con i due tipi di alcool utilizzati è possibile fare alcune altre considerazioni. La sostanziale differenza di velocità tra alcoli primari e secondari a favore di questi ultimi può anche rispondere ad un differente meccanismo di reazione. Infatti tale comportamento lascia ipotizzare che la reazione potrebbe essere realizzata, presumibilmente, previa formazione di un carbocatione intermedio con un meccanismo in due stadi. In tal senso il carbocatione secondario risulterebbe più stabile di quello primario e quindi la reazione diventerebbe complessivamente più veloce. In tale ottica è possibile ipotizzare un prevalente meccanismo S_N1 in cui una prima molecola di acido nitrico protona il gruppo ossidrilico dell'alcool a cui segue, dopo formazione del carbocatione intermedio, la sostituzione nucleofila operata da una seconda molecola di acido nitrico. In tale reazione l'acido nitrico assumerebbe anche il ruolo di nucleofilo. In effetti la struttura molecolare dell'acido prevede il noto fenomeno della risonanza[4]. Ciò significa che sugli atomi di ossigeno legati solo con l'azoto esiste una carica negativa delocalizzata (vedi figura 3).

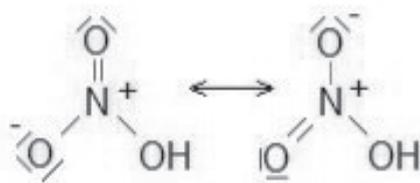


Figura 3.

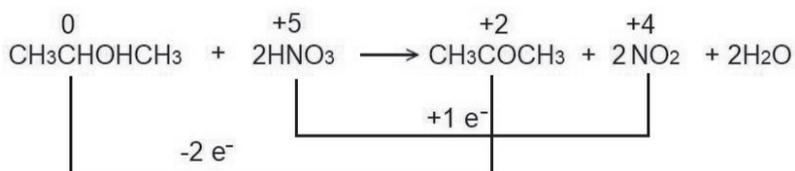
Ciò renderebbe in effetti l'acido nitrico anche un potenziale nucleofilo. Del resto la formazione dello ione nitronio dimostra il comportamento dell'acido nitrico come base[5]

Segue quindi la formazione dell'acetone previa espulsione dell'acido nitroso. La forte natura esotermica della reazione porta poi alla formazione del diossido di azoto che potrebbe derivare dalla dismutazione dell'acido

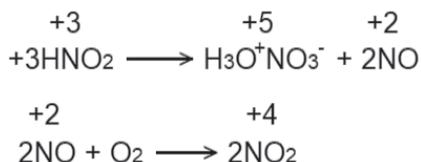
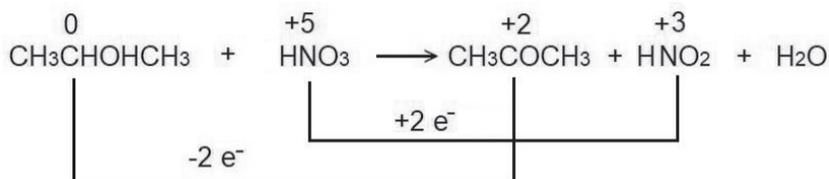
nitroso in acido nitrico e monossido d'azoto secondo la reazione:



Alla luce di queste considerazioni è stata ipotizzata anche la seguente reazione redox generale:

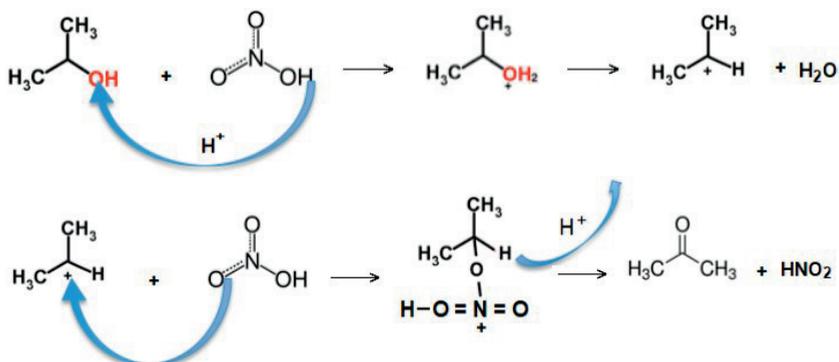


che in realtà è da considerare suddivisa nelle seguenti reazioni parziali:



Per quanto riguarda il meccanismo della vera reazione che riguarda l'alcool (la reazione 2) si è fatta quindi la seguente considerazione [6] che ovviamente rimane un'ipotesi tutta da dimostrata ma per noi importante perché ci permette di approfondire una tematica piuttosto complessa come appunto quella dei meccanismi di reazione in Chimica Organica.

7. L'ossigeno necessario a far trasformare il monossido in diossido è quello presente nell'aria. Il contatto del monossido con l'ossigeno atmosferico avviene sia nel momento in cui il gas si libera dalla soluzione sia durante l'ebollizione della stessa, processo durante il quale aria e soluzione liquida si mescolano facilmente.



La prima fase (stadio lento) comporta la protonazione dell'alcool da parte di una molecola di ac. nitrico di cui rimarrà in soluzione lo ione nitrato NO_3^- e si conclude con la formazione del carbocatione intermedio per eliminazione di una molecola d'acqua. Nella seconda tappa (stadio veloce) si somma una seconda molecola di acido al carbocatione. La perdita di un protone da parte del carbonio centrale dell'alcool sec-propilico permette la formazione del doppio legame $\text{C}=\text{O}$ e l'eliminazione dell'acido nitroso. L'anione nitrico ed il protone liberato in questa seconda fase ripristinano la prima molecola di acido utilizzata.

Come già riferito la reazione si verifica spontaneamente se viene superata una certa soglia minima di concentrazione di acido nitrico che dipende dal tipo di alcool. E in particolare la soglia minima è più alta se si tratta di un alcool primario. Tale limite di concentrazione tuttavia può, in alcuni casi, essere eluso innalzando la temperatura della soluzione. Tutto questo fa pensare che per gli alcoli primari possa valere più che altro un meccanismo $\text{S}_{\text{N}}2$. Essendo infatti il meccanismo di sostituzione nucleofila bimolecolare favorito dalla concentrazione dei reagenti sembrerebbe evidente un suo coinvolgimento nella reazione dell'alcool etilico con l'acido nitrico.

Così in un primo stadio l'alcool viene protonato dall'acido mentre nel secondo stadio una seconda molecola di acido (che svolge il ruolo di nucleofilo entrante) allontana l'acqua con un tipico processo $\text{S}_{\text{N}}2^{(8)}$. Un voluto innalzamento della temperatura supplirebbe, in alcuni casi, la carente concentrazione dei reagenti. Nel caso dell'alcool sec-propilico avrebbe invece un peso maggiore una $\text{S}_{\text{N}}1$. Esiste infine una concentrazione limite perché, probabilmente, è necessaria una certa densità di molecole di acido

8. Il meccanismo proposto ricorda in maniera del tutto simile quello della reazione degli alcoli con gli acidi alogenidrici. Confronta analogia con: Hart et Al. *Chimica Organica*, settima edizione, Zanichelli, paragrafo 7.9; vedi anche: R.T. Morison – R.N. Boyd *Chimica Organica*, terza edizione Casa Editrice Ambrosiana – Milano pag. 566 paragrafo 16.5.

nitrico in prossimità del carbonio ossidrilico per realizzare le due fasi della reazione. Ciò infatti porterebbe a determinare la condizione ottimale per favorire il legame dell'acido medesimo al suddetto carbonio. Bisogna poi considerare che la miscela alcool etilico/acido nitrico può reagire violentemente anche dopo molte ore dalla sua preparazione ⁽⁹⁾ quando il rapporto acido/alcool è piuttosto basso. Ciò lascia pensare che la nitratura dell'etanolo con meccanismo S_N2 possa avvenire anche lentamente e che il nitrato d'etile che progressivamente si accumula possa, ad un certo momento, subire dissociazione spontanea liberando NO₂ e calore. Un procedere così lento della reazione può essere giustificato meglio da un meccanismo di sostituzione elettrofila o da quello di una sostituzione nucleofila? Quale meccanismo di reazione è quello vero? A dirimere la questione non ci vengono in aiuto neanche i rapporti stechiometrici tra alcool e acido nitrico. Infatti in entrambi i meccanismi proposti le rispettive quantità utilizzate stanno nel rapporto molare di 1:1. In effetti se si osservano i dati della seguente tabella (caso dell'alcool sec-propilico) il numero delle moli utilizzate nella reazione dell'un reagente è pressoché uguale a quello dell'altro, nei limiti degli errori sperimentali ⁽¹⁰⁾.

Sostanza	Peso Molecolare	Volume (mL)	Densità (g/mL)	Concentrazione	Massa (g)	N° Moli
Ac. Nitrico	63,818	3	1,4	65%	2,73	0,043
Alcool sec-propilico	60,1	3	1,786	99,5%	2,35	0,039

Bisogna anche ricordare però che, secondo le reazioni proposte, inizialmente è necessario protonare l'alcool o l'acido stesso per poter avviare la reazione. Se l'acido viene dunque impiegato anche per questo scopo è evidente che la protonazione rappresenta una semplice fase d'innesco della reazione stessa e che l'acido utilizzato per tale scopo in realtà verrà comunque utilizzato per la nitratura dell'alcool.

9. Non conservare mai per il giorno successivo, in contenitore chiuso, le soluzioni di acido nitrico e alcool che non hanno reagito subito. [7]

10. Si tenga conto che in fase sperimentale è stata prelevata una pipettata di acido e una di alcool e quindi non è stata utilizzata una esatta quantità stechiometrica come previsto dalla reazione proposta. Nello specifico l'acido era un po' in eccesso rispetto all'alcool come dimostra, peraltro, la necessaria neutralizzazione che si è dovuto fare per poter realizzare il test con le striscette *Ketur-Test*. Tuttavia prelevando quantità di acido inferiori ad una pipettata (ad es. ½ pipettata circa) si era visto che la reazione era decisamente più lenta e bisognava riscaldare per innescarla.

Infatti le moli utilizzate di acido per la nitratura sono uguali a quelle dell'alcool (come dimostra la tabella sopra riportata). Quindi tutto l'alcool viene utilizzato nella reazione di nitratura. Diversamente dovrebbe rimanere dell'alcool non reagito e ciò significherebbe che l'acido nitrico verrebbe utilizzato in differente rapporto da come ipotizzato ed anche, probabilmente, con un processo chimico differente da entrambe le ipotesi fatte che porterebbe ad ottenere prodotti di reazione differenti. A verifica di quanto ipotizzato si è ripetuta la reazione con il 2-propanolo. A reazione conclusa è stata aggiunta una seconda pipettata di acido nitrico. Nonostante alcuni minuti di attesa non è stata osservata nessuna ripresa della reazione. Invece aggiungendo poi altro alcool si ripresentò subito la nota effervescenza con produzione del solito gas bruno. Del resto non poteva essere diversamente e lo confermano entrambi i meccanismi proposti dove possiamo osservare una eliminazione di uno ione H^+ subito dopo il legame dello ione nitronio o dell'acido nitrico all'alcool. Ciò comporta ovviamente il recupero dell'acido utilizzato inizialmente per la protonazione dell'alcool. Per quanto riguarda invece la reazione con l'alcool etilico è stato osservato che un rapporto volumetrico inferiore a 3:1 a favore dell'acido nitrico era insufficiente ad avviare in tempi rapidi la reazione. Aumentando tale rapporto si osservava che i tempi di attesa per l'avvio della reazione si accorciavano progressivamente. Così ad esempio versando nell'alcool etilico (3 mL) un volume d'acido equivalente a tre pipettate (9 mL) bisognava attendere 1 minuto e 7 secondi. A tal fine è stato misurato con il cronometro di un cellulare il tempo impiegato dalla reazione ad avviarsi in modo evidente. versando invece l'equivalente di 4 pipettate il tempo impiegato si riduceva a 53 secondi. Con 5 pipettate si riduceva ancora a 45 secondi. il miglior modo quindi per velocizzare la reazione era quello di aumentare il rapporto acido nitrico/alcool (vedi tabella seguente).

Sostanza	Peso Molecolare	Volume (mL)	Densità (g/mL)	Concentrazione	Massa (g)	N° Moli	Rapporto Moli	Tempo di reazione
Ac Nitrico	63,018	15	1,4	65%	13,65	0,217	4,42	45 s
Ac Nitrico	63,018	12	1,4	65%	10,92	0,173	3,54	53 s
Ac Nitrico	63,018	9	1,4	65%	8,19	0,130	2,56	1m 7s
Alcool Etilico	46,07	3	0,79	96%	2,28	0,049	1	

I dati mostrati in tabella confermano l'importante ruolo della concentrazione per favorire la reazione. Cioè non sono necessarie più mole-

cole di acido per ossidare l'alcool ma una maggiore concentrazione dell'acido è una necessaria condizione di ambiente di reazione che facilita la reazione stessa. Una concentrazione elevata dell'acido favorirebbe insomma la cinetica della reazione perché avvicinerrebbe in modo opportuno le molecole dell'acido a quelle dell'alcool. Del resto la copiosissima produzione di NO_2 ben maggiore che nel caso dell'alcool isopropilico dimostrerebbe anche la trasformazione dell'eccesso di acido nitrico utilizzato, trasformazione indotta dall'innalzamento termico conseguente all'innescio della reazione medesima. Infatti l'acido nitrico è poco stabile alla luce e al calore subendo, sotto la loro azione, una decomposizione secondo la reazione: $\text{HNO}_3 \leftrightarrow 2\text{NO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ [5]. Pertanto nei prodotti di reazione si troverebbero complessivamente tre principali componenti gassose: H_2O , O_2 ed NO_2 . Quindi, ricapitolando, i due meccanismi sopra proposti sarebbero entrambi plausibili dal punto di vista stechiometrico. Tuttavia è anche da considerare che un attacco elettrofilo dell'ossidrile alcolico da parte dello ione nitronio (primo meccanismo ipotizzato) dovrebbe essere favorito, nel caso di un alcool primario, per via di un minore ingombro sterico. Ingombro che invece offrirebbe in qualche misura un alcool secondario. Ciò dovrebbe bilanciare, in parte, la maggior stabilità ottenibile con la delocalizzazione della carica positiva sui due metile dell'alcool sec-propilico e rendere più simili i tempi di reazione tra alcoli primari e secondari. In effetti non dovendo seguire all'attacco dello ione nitronio l'espulsione dell'ossidrile alcolico sotto forma di acqua non sono previste le difficoltà presentate dagli alcoli primari nei casi di $\text{S}_{\text{N}}2$ [8].

Tutte le considerazioni fatte ci inducono a pensare che il secondo meccanismo proposto possa essere più verosimilmente quello seguito dalla reazione studiata e che quindi si possa trattare di una sostituzione nucleofila che a seconda del tipo di alcool potrà seguire una cinetica prevalentemente monomolecolare $\text{S}_{\text{N}}1$ o bimolecolare $\text{S}_{\text{N}}2$. Purtroppo la nostra indagine è costretta a fermarsi qui perché non abbiamo altre possibilità tecniche per valutare obiettivamente quale dei due meccanismi considerati sia realmente quello seguito. Peraltro non abbiamo potuto neanche verificare il comportamento degli alcoli terziari a causa della non disponibilità di quest'ultimi composti. Tuttavia ipotizziamo il prevalere del meccanismo $\text{S}_{\text{N}}1$.

Conclusioni

Offrire una opportunità di approfondimento disciplinare è spesso volte necessario per stimolare e coinvolgere gli elementi trainanti di una classe di studenti. Non sempre infatti le eccellenze vengono curate come si conviene. Credo che il lavoro proposto si presti per organizzare una articolata esperienza di Chimica Organica per alunni di un triennio di un Istituto

Tecnico. La valenza formativa dell'esperienza è data dal processo di analisi dei dati sperimentali che inducono una riflessione sul più probabile meccanismo di reazione ipotizzabile. In verità non è stata condotta una approfondita ricerca bibliografica sulla reazione studiata e sul suo meccanismo. Ad essa si rimanda il lettore per le finali conclusioni sul caso. Ciò che importava in questa sede era proprio il calarsi nei panni del "ricercatore" cioè di colui che avendo solo degli strumenti base minimali osservando deduce e sperimentando verifica. Lo scopo essenziale di questo lavoro è proprio questo: suggerire un esempio di processo scientifico elementare. L'insegnante può suddividere l'esperienza suggerita in più tappe procedurali ideando un percorso a staffetta. In ognuna di esse si osserva il fenomeno e si propongono delle ipotesi meccanicistiche, che verranno verificate nelle tappe successive. Anche la relazione prodotta dagli alunni avrà un non indifferente valore formativo.

Bibliografia

- [1] http://www.farmacia.unicz.it/docenti/franco/analisi_II/AA_current/laboratorio/Lab-04.pdf
- [2] https://it.wikipedia.org/wiki/Acido_nitrico
- [3] <http://www.chimicamo.org/chimica-organica/sostituzione-elettrofilase.html>
- [4] Proprietà chimiche dell'acido nitrico.
https://it.wikipedia.org/wiki/Acido_nitrico
- [5] <http://www.chimica-online.it/composti/acido-nitrico.htm>
- [6] R.T. Morison – R.N. Boyd *Chimica Organica*, terza edizione Casa Editrice Ambrosiana – Milano, pag. 572.
- [6] https://it.wikipedia.org/wiki/Acido_nitroso
- [7] <http://www.ab.ust.hk/hseo/tips/lsls005.htm>
<http://www.rgstrumenti.it/en/safety-data-sheet/173-sstc65515-nital-2-soluzione-per-metallografia/download.html>
- [8] Hart et Al. *Chimica Organica*, settima edizione, Zanichelli, paragrafo 7.9
<http://www.chimica-online.it/organica/reazioni-ammine.htm>
<http://www.chimica-online.it/organica/immine.htm>
https://elearning2.uniroma1.it/pluginfile.php/412780/mod_folder/content/0/ammine.pdf?forcedownload=1
https://it.wikipedia.org/wiki/Sostituzione_elettrofila
http://www.simonescuola.it/areadocenti/s559/2_Ossidazione%20dell'alcol%20etilico.pdf
<http://www.chimicamo.org/chimica-organica/etanolo-reazioni-e-metodi-di-sintesi.html>
<http://www.cndstudio.it/corso.aspx?Categoria=9&Settore=3>
<https://it.wikipedia.org/wiki/Nitroglicerina>

http://www.metallurgia.unicas.it/files/Metodologie_3.pdf
http://vivalascuola.studenti.it/come-si-esegue-unanalisi-metallografica-45566.html#steps_1
https://it.wikipedia.org/wiki/Nitrato_di_etile
<https://es.m.wikipedia.org/wiki/Nital>
<http://www.chimicamo.org/chimica-organica/analisi-qualitativa-degli-alcoli.html>
<http://www.chimica-online.it/organica/ossidazione-alcoli.htm>
<http://docenti.unicam.it/tmp/4734.pdf> - pag. 21
<http://www.chimicamo.org/chimica-organica/metodi-per-distinguere-aldeidi-e-chetoni.html>
http://www.pianetachimica.it/didattica/documenti/Reazioni_Aldeidi_Mecc_2.pdf
http://www.farmacia.unicz.it/docenti/franco/analisi_II/AA_current/lezioni/sp_litted/L-09.pdf

Un'esperienza di *Collaborative Teaching* nelle Scienze: costruzione di un *learning object* integrando le metodologie CLIL e IBSE.

Andrea Checchetti^{1*}, Maria Clotilde Bruno², Donato Martano¹

¹I.I.S “Leonardo da Vinci” - San Giovanni in Fiore (Cs)

²I.I.S “Leonardo da Vinci-Nitti” - Cosenza(Cs)

*e-mail autore referente: andreachecchetti@alice.it

Riassunto

Questo articolo descrive il percorso progettuale della Rete di Scopo E-CLIL, costituita in Calabria nell'a.s. 2015/16 in risposta all'Avviso MIUR AOODGOVS N° 8865/2015, relativo alla “produzione di materiali digitali finalizzati alla sensibilizzazione e diffusione della metodologia CLIL”, poi ampliata nel corso dell'a. s. 2016/17, con lo scopo prioritario di creare una comunità di pratica impegnata a compensare la mancanza di materiali CLIL di settore per l'indirizzo “Chimica, Materiali e Biotecnologie”. In particolare viene illustrato il lavoro realizzato dal Team CLIL della rete, costituito da una coppia di insegnanti, uno di Lingua Straniera e uno di Discipline Non Linguistiche (DNL), per ciascuna delle scuole coinvolte. I membri del Team CLIL, lavorando in sinergia e dopo un percorso condiviso di formazione teorica e tecnico-pratica, hanno sviluppato un progetto didattico focalizzato sulle discipline scientifiche di area chimico- biologica, producendo materiale destinato a docenti e a studenti delle classi quarte e quinte delle scuole secondarie superiori interessate all'utilizzo della metodologia CLIL (Content and Language Integrated Learning). L'articolo descrive sia il processo di progettazione che il prodotto realizzato, centrato sull'apprendimento per indagine, grazie alla combinazione tra metodologia CLIL e approccio IBSE (Inquiry Based Science Education). Il risultato è costituito da un Learning Object (LO), pubblicato sul portale Go-Lab (www.graasp.eu), caratterizzato da un significativo uso di nuove tecnologie multimediali e multimodali.

Parole chiave: CLIL, IBSE, ILS, Team CLIL, lesson plan, TLA, LO

Abstract

The present paper describes a didactic project designed by the E-CLIL Network of Schools, established in Calabria in the school year 2015/2016 in response to a call from the Ministry of Education aimed at producing digital materials to enhance the diffusion of CLIL methodology. The network was extended and strengthened in 2016/2017, with the primary objective of creating a community of practice engaged in the design of specific CLIL

materials for courses specializing in Chemistry, Materials and Biotechnologies. In particular, the paper illustrates the work of the CLIL TEAM, consisting of pairs of teachers of English as Foreign Language and teachers of Non-Linguistic Disciplines, each pair belonging to one of the schools of the Network. The members of the CLIL Team designed together a module focusing on scientific content, and specifically concerning Chemistry and Biochemistry. The teachers of the team produced materials addressed to teachers and students of the 4th and 5th year of upper secondary school, who are involved in the application of the CLIL (Content and Language Integrated Learning) methodology. The article describes both the outcome and the designing process of the CLIL TEAM, which was based on investigation, combining CLIL methodology and IBSE – Inquiry-Based Science Education approach. The result of project is a Learning Object (LO) published on the Go-Lab portal (www.graasp.eu), characterized by an extended use of new digital and multimedia technologies.

1 – Introduzione

Lo scopo del presente articolo è illustrare il progetto didattico realizzato dalla Rete di Scopo E-CLIL, costituita da un gruppo di scuole calabresi nell'anno scolastico 2015/2016, nell'ambito di un progetto biennale le cui finalità possono essere riassunte in due punti:

- 1) promuovere la diffusione e sperimentazione delle metodologie CLIL e IBSE nelle scuole appartenenti alla rete, attraverso l'offerta di un percorso di formazione teorico e pratico destinato ai docenti dell'area linguistica e dell'area tecnico-scientifica;
- 2) progettare e rendere disponibili per le scuole della rete una serie di materiali didattici specifici, destinati a studenti e docenti delle classi IV e V delle scuole secondarie di II grado, in particolare Istituti Tecnici, coinvolte nell'applicazione della metodologia CLIL secondo le recenti disposizioni dell'ordinamento scolastico.

Si partirà, pertanto, dall'analisi di alcuni aspetti relativi all'applicazione delle metodologie CLIL e IBSE nella scuola italiana, evidenziandone le positività e le criticità rilevate attraverso la riflessione e la pratica nell'ambito del percorso progettuale qui descritto. Successivamente, l'attenzione sarà concentrata sui due aspetti più interessanti del lavoro della rete:

- il *processo* di progettazione di gruppo
- il *prodotto* realizzato al termine del percorso progettuale.

Il primo aspetto concerne la costituzione del Team CLIL e la descrizione delle sue modalità di lavoro, una esperienza di insegnamento collaborativo articolata in due diverse dimensioni, quella del *pair work* (docente di Lingua/docente DNL) e del *group work* (il Team CLIL nel suo complesso).

Il secondo aspetto riguarda invece la progettazione e costruzione di un *Learning Object* secondo le metodologie CLIL e IBSE, realizzata dal Team attraverso l'utilizzo di tecnologie multimediali e webtools 2.0, e pubblicata sul portale Go-Lab (www.graasp.eu).

L'articolo si concluderà con un breve resoconto sulla sperimentazione del Learning Object in classe e con alcuni spunti sulle prospettive future.

2 - Le metodologie CLIL e IBSE e la loro applicazione pratica nella scuola

I nuovi ordinamenti scolastici avviati dall'a.s. 2010/11 introducono come elemento di novità nella scuola italiana l'adozione di una didattica basata sulle competenze. Relativamente all'insegnamento delle scienze, in particolare, viene richiesto, sia nei licei che negli istituti tecnici, di far uso di metodologie che sappiano offrire strategie per la risoluzione dei problemi e contemporaneamente siano in grado di garantire agli studenti modalità di apprendimento simili al contesto in cui si svolge la ricerca nei laboratori scientifici.

A livello europeo oggi la metodologia IBSE [1] (*Inquiry Based Science Education*) è quella più fortemente consigliata in campo scientifico, perché consente di esplorare la realtà attraverso la formulazione di ipotesi, domande o quesiti, la conduzione di indagini, la raccolta dei dati, fino all'elaborazione e conclusione dell'analisi.

Allo stesso tempo, nell'ultimo decennio tutti i documenti europei relativi all'insegnamento e apprendimento delle lingue straniere hanno richiamato gli Stati membri sull'opportunità di promuovere la metodologia CLIL [2] (*Content and Language Integrated Learning*) come strategia elettiva per veicolare l'apprendimento linguistico attraverso contesti disciplinari di indirizzo.

L'utilizzo della metodologia CLIL è inconciliabile con una didattica basata su un modello passivo-trasmissivo. Essa si sposa invece molto bene con l'IBSE, che si basa su una didattica induttiva, in cui l'esperienza dell'allievo è determinante e imprescindibile. La combinazione di questi due diversi approcci può dare l'opportunità agli studenti di apprendere in maniera innovativa, garantendo, così, lo sviluppo contemporaneo di competenze sia scientifiche che linguistiche.

Nonostante il MIUR abbia avviato un'azione integrata di formazione dei docenti, mirata all'acquisizione tanto delle necessarie competenze in L2 (corrispondenti al livello C1 del CEFR) quanto di quelle metodologiche, a tutt'oggi incontrare docenti che siano contemporaneamente muniti delle necessarie competenze disciplinari e didattiche sia in ambito tecnico-scientifico che in ambito linguistico, è difficile. Giova ricordare che il CLIL non prevede la semplice trasmissione di un contenuto disciplinare attraverso

una lingua straniera, ma piuttosto lo sviluppo armonico delle competenze disciplinari (ad esempio tecnico-scientifiche) e linguistico-comunicative, attraverso un'interazione dinamica che funge da stimolo reciproco fra i due ambiti, che promuove nel contempo lo sviluppo di competenze trasversali e intermedie (ad esempio a livello pragmatico, metacognitivo o sociale).

Per queste ragioni, in attesa di vedere applicata la metodologia CLIL nelle modalità prospettate, vale a dire da docenti con la doppia specializzazione e competenza nell'insegnamento della lingua straniera e della disciplina, secondo il parere e l'esperienza di chi scrive l'approccio più accessibile e fruttuoso all'insegnamento in modalità CLIL è quello di un lavoro coordinato di un team di docenti (il team CLIL), costituito, nella sua formazione minima, da un docente di lingua straniera e un docente DNL. Si tratta di un contesto di *Collaborative Teaching* che può essere esteso ed incentivato con la formazione di reti di scuole – già prevista dal Regolamento sull'autonomia (DPR n. 275/99) – con lo scopo di sviluppare materiali didattici efficaci e riusabili, attraverso la combinazione di pratiche metodologiche che tengano contemporaneamente conto [3]:

- dell'organizzazione e selezione delle classi target
- degli obiettivi disciplinari relativi all'indirizzo di studio
- del livello di competenza iniziale degli alunni
- dei bisogni ed obiettivi linguistico-comunicativi della classe
- dello sviluppo armonico delle competenze in lingua madre e lingua straniera
- dell'interazione tra docente e discenti e tra discenti stessi
- dell'uso di supporti non verbali (visivi e auditivi) per la comprensione dei concetti
- del *feedback* ricevuto dagli studenti

3 - Il Team CLIL come prassi di *Collaborative Teaching*

Lungi dal rappresentare un eccessivo dispendio di risorse umane, l'esperienza di insegnamento collaborativo rappresentata dal Team CLIL costituisce un'incredibile opportunità di formazione e una considerevole esperienza umana, tanto per i docenti quanto per gli studenti coinvolti. La collaborazione docente di Lingua/docente DNL richiede, di fatto, che le due prospettive si fondano creando un nuovo terreno comune, fatto di obiettivi condivisi, di metodologie coerenti e conciliabili, di strategie e pratiche didattiche con un ampio spettro di azione e ricaduta. I membri di un team non possono lavorare a compartimenti stagni, ma devono necessariamente invadere l'uno il campo dell'altro, riconoscendo e valorizzando le reciproche competenze, ma anche avendo il coraggio di osare e misurarsi con un nuovo mondo da esplorare e conoscere. Perché il team funzioni bene, in altre parole, è necessario che il docente DNL sia motivato ad accrescere

sempre di più le proprie competenze disciplinari e didattiche in Lingua Straniera, e che il docente di Lingua faccia lo stesso con i contenuti e la didattica della materia tecnico-scientifica.

Una dinamica basata su un delicato equilibrio di questo tipo, richiede naturalmente una fortissima motivazione da parte dei componenti del team. È necessario avere una grande predisposizione al confronto, all'ascolto e al dialogo, un giusto bilanciamento fra l'iniziativa personale e il lavoro di gruppo, una buona dose di ottimismo ed entusiasmo, talvolta il coraggio di misurarsi con studi e pratiche completamente nuove (e.g. l'uso delle TIC nella progettazione e nella pratica didattica). Tutte le caratteristiche del *Cooperative Learning* (interazione, responsabilità individuale e di gruppo, interdipendenza positiva, suddivisione dei compiti, uso e sviluppo di *social skills*) vengono trasferite ed amplificate nel *Collaborative Teaching*, ed il successo del team è determinato dagli stessi fattori. È evidente che un docente non possa che essere estremamente arricchito da un percorso di questo tipo; prevedibilmente, anche gli studenti che partecipano ad un intervento didattico di insegnamento collaborativo beneficeranno della commistione di idee, metodologie ed obiettivi, attraverso l'esposizione ad un raggio più ampio di sollecitazioni, anche grazie alle diverse caratteristiche personali e professionali dei membri del team.

Nella realizzazione del progetto della Rete di scopo E-CLIL, i partecipanti hanno sperimentato nella prassi quotidiana quanto sopra descritto, sia nella dimensione di coppia che in quella più allargata del Team CLIL in senso stretto. Con l'obiettivo di progettare un Learning Object che integrasse le metodologie CLIL e IBSE, i membri del Team CLIL hanno attraversato insieme tutte le fasi della realizzazione del progetto: brainstorming e individuazione dei contenuti disciplinari, selezione dei materiali autentici e multimediali, strutturazione delle fasi e delle relative attività, realizzazione, presentazione e selezione dei singoli task, revisione generale del LO e suo trasferimento su piattaforma multimediale.

4 - La rete E-CLIL e la progettazione del Learning Object

Nel corso degli ultimi due anni la rete di scopo E-CLIL ha portato avanti due progetti articolati su due annualità successive, rispettivamente dai titoli *Chemistry&CLIL* (2015/2016) e *Science&CLIL* (2016/2017), per soddisfare alcune esigenze comuni alle diverse scuole della rete, e specificamente:

- avere a disposizione materiali didattici disciplinari specialistici per i percorsi CLIL, destinati in particolare agli studenti e docenti dell'ultimo anno degli **Istituti Tecnici** ad indirizzo “*Chimica, materiali e Biotecnologie*”;
- stimolare una riflessione sul ruolo e l'attività pratica del docente, sia attraverso un percorso di formazione sulle metodologie CLIL e

IBSE che attraverso una esperienza concreta di *Collaborative Teaching e Team Work*;

- favorire il ripensamento delle pratiche didattiche disciplinari, incentivando i docenti all'aggiornamento e alla sperimentazione per mezzo delle nuove tecnologie multimediali e multimodali;

Ai docenti che hanno partecipato ai progetti è stato richiesto di:

- seguire un percorso formativo online della durata di 6 settimane sulle metodologie CLIL-IBSE, attraverso una piattaforma e-learning dedicata (<http://www.chemistryclil.it>);
- progettare un modulo di 20 ore a favore degli studenti delle classi 4^a e/o 5^a, da sperimentare in classe e pubblicare sulla stessa piattaforma.

La rete attualmente è costituita da sei scuole:

1. I.I.S. "IPSIA-ITI" di Acri (CS) - Capofila
2. IIS "Leonardo da Vinci-Nitti" di Cosenza
3. IIS "Leonardo da Vinci" di San Giovanni in Fiore (CS)
4. ITI "E. Fermi" di Castrovillari (CS)
5. IIS "E. Fermi" di Catanzaro Lido
6. IIS "N. Pizi" di Palmi (RC)

Entrambi i progetti hanno avuto tra i loro punti di forza la costituzione del "Team CLIL", un team di docenti di lingua inglese e di discipline non linguistiche di settore specialistico, appartenenti a diverse istituzioni scolastiche e realtà territoriali anche molto distanti fra loro, che insieme hanno ideato, studiato, elaborato e realizzato un percorso comune di insegnamento/apprendimento di ambito Chimico-Biologico secondo la metodologia CLIL. Scopo specifico del Team CLIL è stato la creazione di un *learning object*, sviluppato secondo criteri e canoni prestabiliti, attraverso una modalità di lavoro collettivo e collaborativo, articolato in momenti di incontro in presenza e di attività in rete a distanza. Si tratta dunque dell'esperienza di un gruppo di lavoro in rete che ha condiviso finalità, strategie e prassi di insegnamento sia per la lingua straniera sia per i contenuti disciplinari relativi alla chimica e alla biochimica.

Il modulo realizzato durante il corrente anno scolastico, dal titolo "Enzymes", ha avuto tra le sue finalità quella di diffondere la metodologia CLIL attraverso la creazione, sperimentazione e pubblicazione di un percorso didattico, completo di strumenti di verifica e valutazione dell'apprendimento, centrato su contenuti relativi a discipline non linguistiche (DNL) appartenenti all'area chimico-biologica. Altro aspetto innovativo del progetto ha riguardato l'integrazione dell'approccio CLIL

con la metodologia IBSE, implementata attraverso l'utilizzo di un ambiente di apprendimento virtuale proposto dal portale *Go-Lab* (www.graasp.eu), basato sull'uso di nuove tecnologie multimediali e multimodali.

L'approccio per indagine (IBSE) permette di sviluppare attività didattiche in cui lo studente è parte attiva del processo, e mira al duplice obiettivo di potenziare sia le competenze linguistico-comunicative in L2, sia quelle tecnico-scientifiche, tramite una serie di fasi che fanno parte di un ciclo prestabilito, in grado di stimolare l'apprendimento utilizzando spazi d'indagine (*Inquiry Learning Spaces*) in modalità digitale, resi pubblici ed accessibili sul portale *Go-Lab*. Un ulteriore valore aggiunto che ne consegue è dunque il potenziamento delle competenze digitali degli studenti, a cui viene richiesta la realizzazione di prodotti digitali come documentazione delle esperienze realizzate durante le diverse fasi del progetto. Questi elaborati, in forma di presentazioni, rappresentazioni grafiche, report o altro, possono, a loro volta, essere resi pubblici sul portale *Go-Lab*.

5 - Criteri di progettazione del Learning Object secondo le fasi IBSE

Il progetto ha preso avvio dalla fruizione di una Unità Formativa, in modalità *blended*, rivolta a una platea relativamente ampia di docenti delle sei scuole in rete, allo scopo di estendere al massimo la ricaduta del progetto all'interno della rete stessa. Da qui ha preso avvio una più ristretta *comunità di pratica* (il Team CLIL, costituito da un docente di Lingua e un docente DNL per ciascuna delle scuole della rete), in grado di realizzare materiali fruibili in modalità e-learning utili per implementare le competenze nelle discipline di settore, ma anche per promuovere la metodologia CLIL fra i docenti e gli alunni delle scuole della rete, integrandola nel contesto delle tecnologie multimediali, elemento ormai imprescindibile della prassi didattica quotidiana. Il modulo progettato è stato implementato come *learning object* (LO), cioè un'unità di apprendimento *self-consistent* (autonoma e dotata di uno o più *asset*, ossia elementi minimi), organizzata per essere modulare (aggregabile con altri LO in un insieme più grande), reperibile (grazie ai metadati, ossia file testuali che la descrivono in forma standardizzata), riusabile (in situazioni diverse di apprendimento) e interoperabile (fruibile su differenti piattaforme LMS - *learning management system* - grazie allo standard SCORM, [4], una raccolta di tecniche che consentono lo scambio di contenuti digitali definendo le regole di "impacchettamento" e ordine di fruizione dei LO).

Il modulo qui descritto trae spunto da un precedente lavoro sperimentale condotto da alcuni membri del team, [5], nel quale sono stati utilizzati due concetti chiave della metodologia CLIL:

- lo *scaffolding* [6]: una serie di strategie e contenuti di supporto che mirano a facilitare la comprensione e l'acquisizione tanto

- dei contenuti quanto del linguaggio specifico;
- l'utilizzo di una *taxonomy* [7] di riferimento, per costruire una serie di task di diverse tipologie e livello di difficoltà.

È stato, così, possibile promuovere l'acquisizione sia di *LOTS* (Lower Order Thinking Skills) che di *HOTS* (Higher Order Thinking Skills), attraverso la combinazione dei cinque elementi individuati come *5Cs*: Content, Communication, Cognition, Community and Competence, [8]. In figura 1 è visibile la mappa concettuale che riassume le linee guida della progettazione del Team, nella quale i cinque elementi, insieme ai due conce-

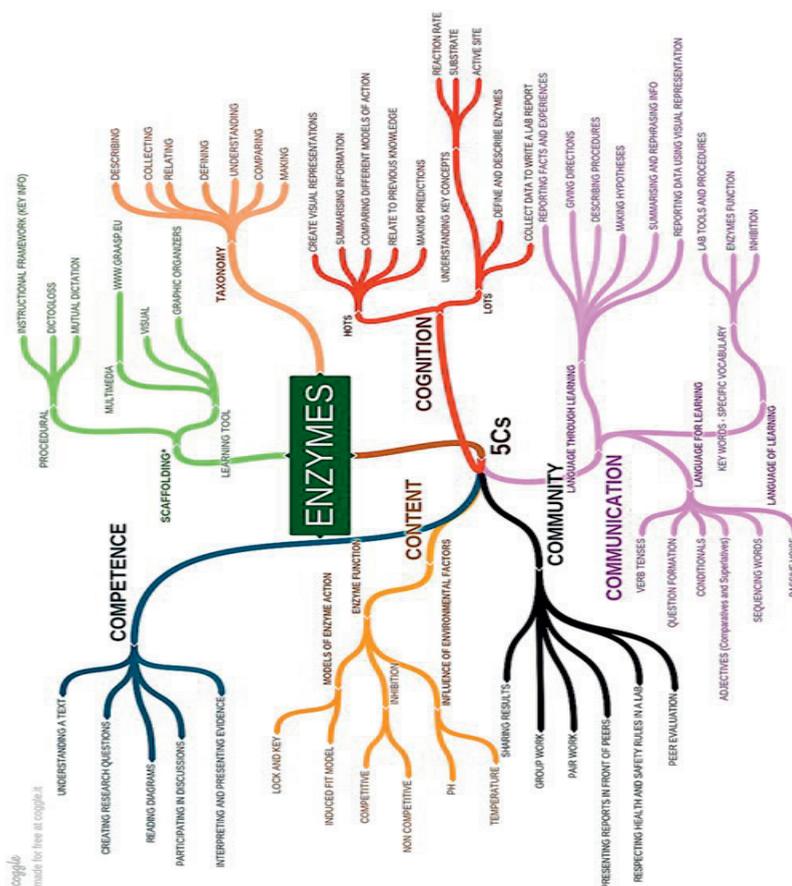


Figura 1. Mappa concettuale delle 5C

cetti chiave, sono correlati ai contenuti specifici che si è inteso sviluppare e alle competenze da far acquisire agli studenti. La mappa è pubblica ed è visibile al seguente link: <http://bit.ly/2h5KYKO>.

Essendo il progetto concentrato sulle discipline dell'area biochimica, il team ha scelto di far uso dell'approccio per indagine, una modalità educativa in cui gli studenti seguono metodi e pratiche simili a quelle usate nell'ambito e della ricerca e della prassi scientifica.

L'apprendimento basato sull'indagine può essere definito come un processo per scoprire nuove relazioni, guidando gli studenti a formulare ipotesi e a testarle conducendo esperimenti e/o facendo osservazioni. È generalmente considerato un approccio specificamente *task-based* e *problem-oriented*, che coinvolge, pertanto, l'applicazione di numerose competenze relative alla performance di azioni e alla risoluzione di problemi. La metodologia aspira a motivare gli studenti in un autentico processo di scoperta.

Da un punto di vista pedagogico, il processo scientifico è diviso in unità più piccole, connesse da un punto di vista logico, che guidano gli studenti verso l'acquisizione del pensiero scientifico. Queste unità individuali sono chiamate *fasi dell'indagine* e il loro insieme di connessioni costituisce il ciclo dell'indagine vero e proprio. Il ciclo più semplice contiene cinque fasi:

1. Orientamento;
2. Concettualizzazione;
3. Indagine;
4. Conclusione;
5. Discussione.

Tutte le fasi sono collegate fra di loro e insieme provvedono a incrementare l'efficienza delle attività d'apprendimento. Seguendo questo schema, il team ha formalizzato un *lesson plan* generale, che contiene una serie di attività didattiche e di apprendimento (TLA, *Teaching and Learning Activities*) relative a ciascuna delle cinque fasi indicate, creato per mezzo dell'applicativo *Learning Designer* (www.learningdesigner.org).

Nel *lesson plan*, visibile al link <https://v.gd/UYqGci>, sono delineate le cinque fasi e, all'interno di ciascuna di esse, i diversi task costruiti secondo gli obiettivi di apprendimento (vedere figura 2).

The screenshot displays a lesson plan for 'Enzymes' within a software interface. At the top left, a pie chart is divided into six segments labeled Aq, Ce, De, Inq, Pa, and Pfo. Below the chart, the lesson plan is organized into several sections:

- Name:** Enzymes
- Topic:** Biochemistry
- Learning time:** 1200 minutes
- Designed learning time:** 1200 minutes
- Number of students:** 20
- Description:** The module combines CLIL methodology and IBSE teaching. It focuses on Enzymes, and consists of two

The main content area is divided into three colored panels, each with a title and a list of activities:

- Orientation phase (blue panel):**
 - Read Watch Listen:** Warm-up: students watch the 'Enzyme Function and Inhibition' video with subtitles to activate prior knowledge.
 - Collaborate:** The 5 tasks on Worksheet 1 help students identify the main ideas contained in different parts of the video, acquiring and summarizing some core concepts.
 - Produce:** Students will have to use a Concept mapper tool to create an exhaustive mind map using studied keywords.
- Conceptualisation (green panel):**
 - Discuss:** Conceptualisation is a process of understanding a concept belonging to the stated problem. This activity is divided in two sub-phases.
 - Collaborate:** Worksheet 2 (Environmental factors affecting enzymes activity) helps students to relate the effect of temperature and pH changes to enzymes activity.
 - Produce:** A question scrapbook (linked to Key info 1) concludes this first part: it helps students to formulate research questions and to decide what they want to know by doing experiment.
- Investigation (purple panel):**
 - Read Watch Listen:** Students watch a video about the effects of temperature and pH on catalase action.
 - Investigate:** They reproduce the experiments in the lab and work on the 'Experiment design tool'.
 - Practice:** They then complete the 'Observation tool' where, guided by the teacher, they report what learnt.

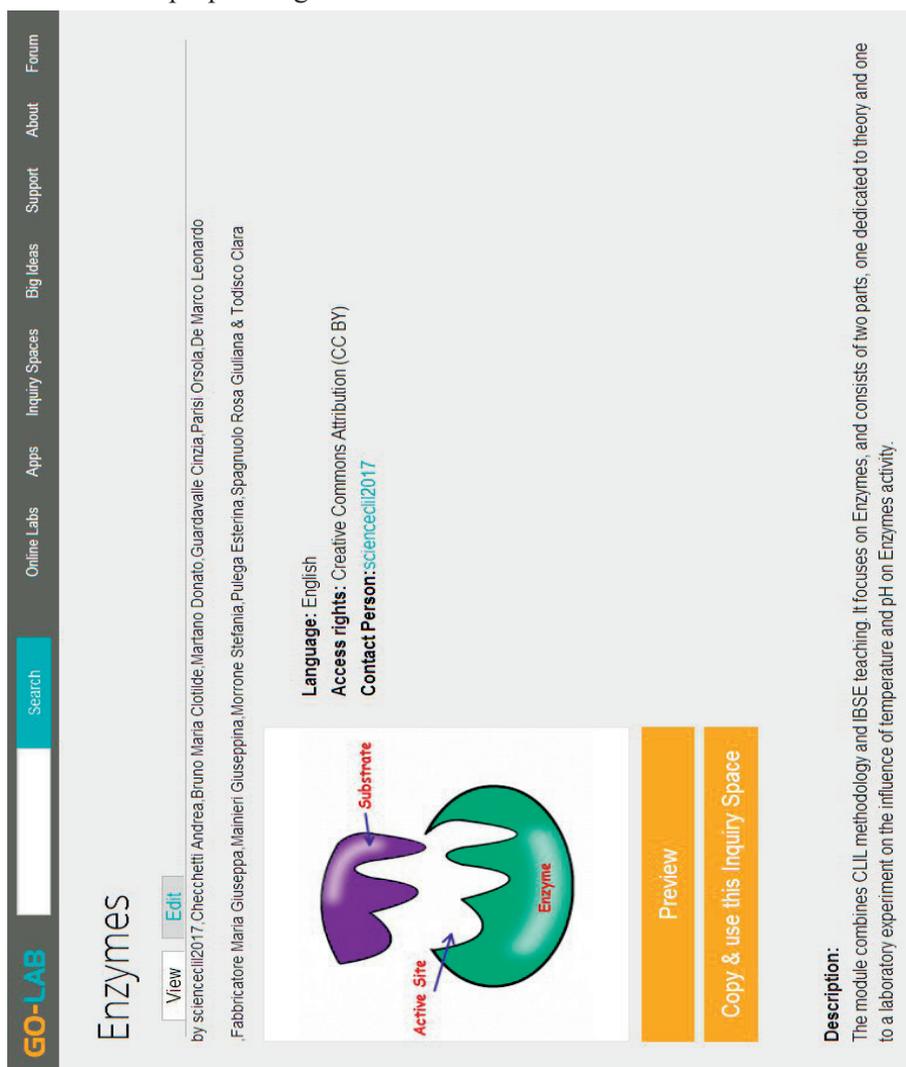
At the bottom, there are controls for 'Add TLA', 'New design', 'Import design', 'Export design', 'Share', and 'Save'. A 'Notes' section at the bottom right contains two YouTube links: <https://youtube.be/C5j6XHLFD8> and <https://youtube.be/KvQyM6p0gk>.

Figura 2. Lesson Plan

L'intero LO, con il ciclo nella sua completezza, è accessibile sul portale del progetto Go-Lab (*Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School*), fondato dalla Commissione Europea nell'ambito del settimo programma quadro. Qui è stato creato uno spazio d'apprendimento (ILS, *Inquiry Learning Space*) che dà agli studenti l'opportunità di impegnarsi in un processo di apprendimento strutturato.

L'Inquiry Learning Space (vedere fig. 3), visibile al seguente link: <http://www.golabz.eu/spaces/enzymes>, è un ambiente che contiene laboratori, risorse e applicazioni.

Le risorse di apprendimento sono in genere testi, video e altri materiali tesi a garantire agli studenti una comprensione di base del materiale didattico, e prepararli successivamente per eseguire indagini o per condurre esperimenti simulati per poi confrontarli con quelli reali. Lo spazio di ricerca può essere condiviso con altri insegnanti che possono ripristinarlo e adattarlo alle proprie esigenze e obiettivi.



Enzymes

by sciencecili2017, Checchetti Andrea, Bruno Maria, Ciotilde, Martano Donato, Guardavalle Cinzia, Parisi Orsola, De Marco Leonardo
 Fabbricatore Maria, Giuseppe, Maineri Giuseppina, Morrone Stefania, Pulega Esterina, Spagnuolo Rosa, Giuliana & Todisco Chiara

Language: English
 Access rights: Creative Commons Attribution (CC BY)
 Contact Person: sciencecili2017

Substrate

Active Site

Enzyme

Preview

Copy & use this Inquiry Space

Description:
 The module combines C.L.L. methodology and IBSE teaching. It focuses on Enzymes; and consists of two parts, one dedicated to theory and one to a laboratory experiment on the influence of temperature and pH on Enzymes activity.

Figura 3. Inquiry learning space: Enzymes

6 - Sperimentazione del LO e valutazione degli esiti

Il modulo didattico creato è stato sperimentato in due classi di ciascuno degli istituti della rete nei mesi di maggio e giugno 2017. Per la sperimentazione didattica sono state impiegate le tecnologie già presenti nelle scuole: Tablet, Lim, aule 2.0. I risultati della sperimentazione sono stati monitorati tramite la valutazione del processo che ha tenuto conto dei seguenti indicatori:

- osservazione del lavoro degli studenti durante le attività pratiche;
- valutazione dei progressi degli studenti attraverso gli elaborati e le performances orali (e.g. fornire spiegazioni scientifiche, collegando le ipotesi alle evidenze sperimentali raccolte durante la fase d'indagine; presentare gli esiti alla classe)

La valutazione delle competenze acquisite è stata completata dalla somministrazione di un questionario finale, realizzato nell'arco del progetto come parte integrante del Learning Object. Le rubriche di valutazione e il questionario finale sono visibili nello spazio "Enzymes".

Il team infine ha realizzato, come momento di racconto del percorso compiuto, un *diario di bordo*, visibile al link:

<https://spark.adobe.com/page/osAtmIzWSW4Aa/>, che contiene le principali testimonianze delle diverse fasi della ricerca educativa del progetto, e una traccia viva dei momenti più significativi della elaborazione del modulo, le metodologie utilizzate, le attività prodotte, i task elaborati, i software utilizzati, il prodotto finale. È una sorta di sintesi, autoriflessione e bilancio del lavoro condotto sia nell'arco temporale della progettazione che della sperimentazione in classe, che aiuta a comprendere le dinamiche di insegnamento/apprendimento messe in campo nell'attività didattica di ciascuno dei docenti coinvolti. L'intero progetto, comprensivo di tutti i materiali, è disponibile sulla piattaforma della rete all'indirizzo: <http://www.chemistryclil.it/corsi2/>.

7 - Conclusioni

Alla conclusione della seconda annualità di lavoro della rete E-CLIL, il bilancio è sicuramente positivo. La sperimentazione del *Learning Object* ha dato risultati incoraggianti, le classi coinvolte hanno risposto positivamente lavorando in un clima sereno e pienamente collaborativo e gli studenti si sono dimostrati curiosi, attenti e partecipativi, apprezzando soprattutto l'utilizzo di tecnologie e *tools* multimediali, il lavoro di gruppo e le attività di *problem solving*. Il modulo rappresenta pertanto una preziosa risorsa riutilizzabile e riproponibile all'interno della programmazione dipartimentale e costituisce un percorso di apprendimento innovativo e alternativo alla didattica tradizionale.

Dal punto di vista dei docenti coinvolti nella progettazione, i risultati sono

altamente soddisfacenti, e aprono questioni e prospettive su cui è necessario interrogarsi per il futuro. Per molti si è trattato di un “anno zero”, una prima esperienza dall'alto valore formativo che ha permesso a ciascun docente di imparare moltissimo, non solo sulle metodologie in oggetto, ma soprattutto su sé stessi e sulle proprie potenzialità. I docenti che hanno avuto occasione di partecipare ad entrambe le annualità hanno invece fatto tesoro della maggiore esperienza, riscontrando nella seconda netti miglioramenti nella gestione tecnica e pragmatica della modalità di lavoro di gruppo, dovuti alla familiarità acquisita nel corso della prima annualità. Al momento non è noto se la Rete E-CLIL avrà la possibilità di lavorare insieme per un ulteriore periodo, data la difficoltà di realizzare e finanziare progetti a medio e lungo termine. L'idea di chi scrive è che la creazione di gruppi e reti operanti in modo permanente avrebbe un potenziale dirompente, consentendo di affinare nel tempo le competenze metodologico-didattiche e le dinamiche operative e relazionali dei gruppi coinvolti. È una prospettiva che davvero darebbe alla scuola italiana l'opportunità di sperimentare insieme nuove metodologie d'insegnamento e nuovi ambienti e modalità di apprendimento.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare i colleghi che hanno fatto parte del Team CLIL insieme ai quali è stato possibile concretizzare questa esperienza progettuale:

- Fabbriatore M. G. e Morrone S. dell'Ipsia-Iti di Acri (Cs);
- De Marco L. e Mainieri G. dell'IIS “Fermi” di Castrovillari (Cs);
- Guardavalle C. e Parisi O. dell'IIS “Prezi” di Palmi (RC);
- Spagnuolo R. G. dell'IIS “Leonardo da Vinci” di Cosenza;
- Pulega E. e Todisco C. del Liceo “Fermi” di Catanzaro Lido.

Bibliografia

1. Pedaste M., Mäeots M., Siiman L. A., de Jong T., van Riesen S. A. N., Kamp E.T., Manoli C. C., Zacharia Z. C., Tsourlidaki E., Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle, *Educational Research Review*, **14**, 47-61, 2015.
2. Coyle D., Hood P., Marsh D., *CLIL, Content and Language Integrated Learning*, Cambridge English, 2010.
3. Lucietto S., CLIL: Sfide e problemi aperti, in ...e allora CLIL! L'apprendimento integrato delle lingue straniere nella scuola. Dieci anni di buone prassi in Trentino e in Europa, Trento, Editore Provincia autonoma di Trento – IPRASE del Trentino, 2008.
4. Gonzalez-Barbone V. and Anido-Rifon L., From SCORM to common cartridge: a step forward, *Computers & Education*, **54** (1), 88-102, 2010.

5. Bruno M. C. and Checchetti A., CLIL & IBSE methodologies in a chemistry learning unit, *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*, **4** (8), 1-12, 2016.
6. Hmelo-Silver C. E., Golan Duncan R. and Chinn C. A., Scaffolding and achievement in problem based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller and Clark, *Journal of Educational psychologist*, **42** (2), 99-107, 2007.
7. Anderson L. W. and Krathwohl D. R., *A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy*. New York, Longman Publishing, 2001.
8. Arens, K., Genres and the standards: teaching the 5 C's through texts, *The German Quarterly*, **80** (1), 35-48, 2008.

Quali condizioni per conferire una dimensione culturale all'insegnamento della chimica?

Antonio Tesoni¹

IIS "Copernico-Carpeggiani" Ferrara

*"In un momento in cui la veemente irrazionalità diffusa sul pianeta insidia il destino stesso della cultura occidentale, le scienze e la storia del loro sviluppo restano forse la testimonianza migliore della capacità di ragionare dell'umanità e, di conseguenza, se non ci preoccuperemo di comprendere e rivendicare con orgoglio la nostra storia, non avremo reso pienamente giustizia alle nostre responsabilità di scienziati e di insegnanti"*¹

Se si vuole veramente affrontare l'annosa questione di come conferire alla chimica, e più in generale alla scienza, uno spessore culturale e formativo, ci si deve rendere conto che *"per capire il significato culturale delle scoperte scientifiche bisogna vederle nel loro prodursi, nel loro attuarsi: nella loro storia."*² Intendendo la storia della scienza non come pura cronologia, né come cronaca, ma soprattutto come **sviluppo del pensiero umano**. Nella scuola l'individuo deve trovare gli stimoli sistematici a riflettere, nella maniera più formale e astratta possibile e, al tempo stesso, con un forte senso della storia che gli permetta di recuperare le strategie mentali elaborate nel passato sugli aspetti, sui segni, sulle spie che indicano i punti più qualificanti del cambiamento della società in cui vive. I ragazzi devono essere consapevoli che il nostro modo di pensare e di vedere il mondo è **fortemente debitore** nei confronti di chi ci ha preceduto e che anche le teorie "sbagliate" hanno avuto un'importanza fondamentale per il progresso del pensiero scientifico.³ In assenza di una razionale conoscenza della genesi, dello sviluppo di leggi e di teorie, degli aspetti ipotetici delle forme di sapere

1. G. Holton, *Scienza educazione e interesse pubblico*, Il Mulino, 1990, pag.11

2. L.Geymonat, *Storicità e attualità della cultura scientifica e insegnamento delle scienze*, CIDI Firenze, Marietti-Manzuoli, 1986

3. *"Una teoria falsa può rappresentare una grande conquista, quanto una vera. Le teorie false hanno giovato alla ricerca della verità più di altre, meno interessanti, ancora oggi accettate. Le teorie false possono infatti essere di aiuto in molteplici modi: per esempio, suggerendo alcune modifiche più o meno radicali, e stimolando la critica."* (K. Popper, *Congetture e confutazioni*, Il Mulino, 1972, pp. 243-244)

trasmesse, accettate ed accumulate dall'umanità nel corso del tempo, l'apprendimento resta affidato all'intuito, all'autoevidenza, e si riduce a sterile memorizzazione. Un risultato scientifico trae infatti significato dai punti di partenza, dai metodi e dai punti di arrivo sempre provvisori entro i quali si iscrive, per cui la **problematicità** ed il **significato** dei concetti scientifici portanti possono essere compresi soltanto se si ricostruisce il contesto nel quale questi concetti sono nati, cioè i quadri teorici e sperimentali che hanno reso possibile l'enucleazione del problema. Questo non significa sostituire l'insegnamento della chimica con la storia della chimica ma utilizzare momenti e aspetti della storia della scienza e dell'epistemologia particolarmente adatti per collocare problemi, ipotesi e soluzioni nella giusta cornice. Così pure il **linguaggio scientifico** è una creazione che può essere intesa nel suo genuino significato solo se riportata al processo che la genera, un processo di ricerca che tenta di ricostruire un'immagine del mondo coerente con i fatti sperimentali attraverso una serie di ipotesi sottoposte a continuo controllo. È importante dare ai ragazzi un'idea di come una disciplina scientifica si articola, nonché capire come si arriva a stabilire l'attendibilità di una determinata concezione generale, piuttosto che conoscere una gran quantità di informazioni, che non possono essere valutate criticamente. Questo comporta che si debba procedere a scelte "drastiche" riguardo ai contenuti da trattare, ponendo la dovuta attenzione alle modalità con cui vengono introdotti e sviluppati. Ad esempio, è un'illusione pensare che i concetti fondamentali delle discipline scientifiche possano essere **riscoperti** dagli studenti e che un insegnamento di tipo sperimentale possa rispondere in modo adeguato a questa esigenza; allo stesso modo, i modelli "microscopici" della materia, quando assumono un carattere "quantitativo" e non solo "qualitativo", non possono essere "reinventati" dai ragazzi. Essi devono essere debitamente **contestualizzati** e **presentati**. Un caso emblematico riguarda appunto le relazioni fra "macroscopico" e "microscopico". In chimica il "micro" è indiscutibilmente legato alla teoria atomica di Dalton ed è proprio la contestualizzazione storica che la rende particolarmente viva e feconda⁴ e ne permette l'effettiva comprensione. L'atomo chimico viene infatti "modellato" sulla base della chimica lavoisieriana⁵. Il comportamento chimico-fisico delle sostanze non viene "dedotto" a partire da determinate caratteristiche degli oggetti microscopici, ma viene utilizzato per stabilire se gli attributi di tali entità rendono conto delle proprietà delle sostanze.

4. La grande novità di questa teoria è comprensibile alla luce della "rivoluzione" che Lavoisier, nella seconda metà del XVIII secolo, portò nella chimica.

5. La nuova concezione di elemento, la legge di conservazione del peso (massa) e la legge delle proporzioni definite (Proust) costituirono le premesse necessarie per la nascita della teoria atomica.

Si attua quindi una stretta correlazione tra dati osservativi ed elementi della teoria, che non è di tipo deduttivo, ma che viene valutata esaminando le proprietà *esplicative* del modello e la sua capacità *predittiva*. Modello che, per la sua stessa natura, viene poi modificato e perfezionato alla luce dei contributi decisivi di Gay-Lussac, Avogadro, Cannizzaro... È proprio questo modo di procedere che permette, tra l'altro, di comprendere l'importanza del processo di modellizzazione della realtà, nonché i limiti e gli ambiti di validità dei modelli che la comunità scientifica ha via via adottato.

Pertanto, se vogliamo

- “*dare un'immagine della scienza come un fatto essenzialmente storico in cui la «verità» di oggi sarà verosimilmente l'«errore» di domani;*
- *mostrare che la scienza è frutto di tentativi ed errori, di congetture e confutazioni e che progredisce proprio perché apprende dai propri errori;*
- *far vedere che le teorie scientifiche sono smentibili, che sono cose umane e quindi non assolute, ma perfettibili”* ⁶

non possiamo decontestualizzare il sapere, dividerlo dalla sua origine e dalla rete di problematiche che l'hanno generato. I fatti, i modelli hanno senso e significato solo rispetto ad un sistema di pensiero, ad una teoria preesistente. Ogni campo della ricerca scientifica è continuamente in connessione con problemi, dibattiti, nozioni che lo circondano e lo precedono. Non si danno risposte se non si pongono domande e le *domande della scienza*, a cui gli scienziati tentano di dare una risposta, emergono dal flusso della storia della scienza.

A tal riguardo, non possiamo che constatare quanta poca considerazione abbia, soprattutto dal punto di vista didattico, la cosiddetta chimica classica. Chimica classica che, secondo noi, dovrebbe invece costituire la parte principale dell'insegnamento della chimica nell'area comune della scuola secondaria di secondo grado, per le ragioni sopra esposte e perché:

- costituisce un corpo di *conoscenze fondamentali e fondanti* la chimica;
- è una chimica *comprensibile*, è la chimica delle “quattro operazioni” che non richiede particolari conoscenze e, proprio per questo, particolarmente adatta per realizzare un *passaggio graduale* dalle concezioni di senso comune agli aspetti più formalizzati della chimica. Questo aspetto è importante sul piano pedagogico-didattico. L'importanza disciplinare di determinate problematiche costituisce, infatti, una condizione necessaria, ma tutt'altro che sufficiente per il loro inserimento nel curriculum.

6. D. Antiseri, *Didattica delle scienze*, Armando, 1977, pag. 11

Bisogna rendersi conto che la comprensione del **significato** di un concetto non è garantita tanto da una spiegazione, chiara ed esauriente quanto si voglia, quanto invece dalla possibilità che il concetto si strutturi efficacemente nel quadro cognitivo dello studente: se non trova una possibile reticolazione nel tessuto delle conoscenze già possedute questo non viene assimilato;

- è essenziale per cogliere le caratteristiche dei **differenti livelli di descrizione e di organizzazione della materia** (livelli fra loro in relazione ma non completamente riducibili l'uno all'altro), in particolare la distinzione fra l'aspetto macroscopico, fenomenico e concreto, dove è possibile la pratica scientifica, e quello microscopico, astratto, puro oggetto di pensiero, sede delle teorie più significative della chimica;
- si muovono i primi passi verso quell'**approccio sistemico** della realtà che caratterizza la scienza moderna e la chimica in particolare. Approccio difficilmente comprensibile se viene a mancare l'ambito più concreto, proprio del canone interpretativo classico. È con Lavoisier prima (elemento/composto) e Dalton poi (atomo/molecola) che la chimica abbandona definitivamente il paradigma della semplicità per avventurarsi in quello della "**complessità sistemica**"⁷;
- permette una **narrazione** della chimica strettamente connessa con problematiche accessibili, molte delle quali legate all'esperienza quotidiana e quindi decisamente **motivante**;
- ben si presta a riflessioni metacognitive sulla natura della **conoscenza** scientifica.

Il pensiero riduzionista, tuttora molto diffuso, porta a ritenere che le spiegazioni valide siano sempre le ultime, nascoste nella struttura intima della materia. Invece c'è molta chimica prima della "chimica quantistica", una chimica ricca di concetti e di generalizzazioni. Il percorso tipico della chimica classica è forse il sostegno più convincente della validità di un progetto didattico volto, innanzitutto, a recuperare e valorizzare le radici, i fondamenti della nostra disciplina⁸ ed a contrastare alcune convinzioni, purtroppo, molto diffuse e ben radicate: "*Io e i miei colleghi abbiamo un difetto grave, condiviso da troppi: viviamo nel presente e consideriamo il passato obsoleto, quasi spazzatura. Come se le idee e i risultati più impor-*

⁷ G.Villani, *Complessità sistemica. Un concetto di notevole importanza in chimica*, CnS, Aprile-Giugno 2009, p.109

⁸ "*Una scienza che esita a dimenticare i suoi fondatori è perduta*" di A.N.Witehead citato in T.S.Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, 1995, pag.

*tanti fossero solo gli ultimi. Come se il **contenuto culturale** di una storia sofferta fosse pressoché nullo. No, amici e colleghi, è un errore, anche grave ... Via! Un piccolo sforzo: **recuperiamo almeno la nostra storia**. Poi bisognerà studiare il modo di costruire una didattica delle scienze a misura di adolescenti.*"⁹

⁹ C.Bernardini, *Il brutto anatroccolo*, Insegnare, 9, 2005, pag.6

Brevi note su “La chimica nelle cose”, di Fabio Olmi

Aldo Borsese
aldo.borsese@unige.it

Sono molto critico nei confronti di coloro che, troppo disinvoltamente, si dichiarano comunicatori sociali della scienza ma non posseggono i requisiti necessari.

Sono, infatti, convinto che comunicare socialmente la scienza sia un compito più difficile che insegnare. Non è sufficiente avere competenze sul tema che si intende trattare o competenze nelle scienze dell'educazione, occorre possedere sia le une che le altre e, inoltre, essere anche in grado di integrarle.

Da questo punto di vista Fabio Olmi, che conosco da molti anni avendo condiviso con lui la grande passione per la chimica e per gli studi sul suo insegnamento, ha le carte in regola e lo dimostra con questo suo libro “La chimica nelle cose”.

Dopo una piacevolissima introduzione in cui racconta di sé, della sua “ossessione” per il petrolio e del suo approdo al corso di laurea in chimica dopo un breve soggiorno in quello in scienze geologiche, propone al lettore di seguirlo in una avventura “affascinante”, quella di conoscere alcuni temi di grande rilievo nella nostra vita quotidiana. E ci presenta alcune delle principali risorse naturali disponibili (petrolio, carbone, acqua, aria ...) con lo scopo dichiarato di mettere in evidenza il ruolo fondamentale della chimica per un loro proficuo utilizzo.



Il percorso che intraprende inizia non a caso con il petrolio, perché è stato proprio l'approfondito studio che Olmi ha fatto sull'“oro nero” che ha orientato la sua scelta universitaria e lavorativa.

Ma non solo il capitolo riguardante il petrolio nasce come esigenza personale di conoscere (“mi affascinava l'idea di carpire un segreto custodito dalla terra”) e si intreccia con la sua vita, anche quasi tutti gli altri che ci propone, fino all'ultimo, i metalli (“il meccano è stato uno dei giochi più ambiti per me, bambino ‘armeggione’”).

Il libro è interessante, piacevole e istruttivo e la capacità di mediazione didattica dell'autore rende i temi trattati di facile accessibilità.

Il suo coinvolgimento emotivo, infine, manifesta così apertamente la sua reale esigenza di sapere e di capire da contagiare il lettore favorendo una lettura curiosa, attenta e produttiva.

Marie-Anne Paulze Lavoisier

Rossella Grassi

Docente di Chimica IIS Leonardo da Vinci Firenze
rossellagrassi99@gmail.com

Riassunto

Marie-Anne Paulze Lavoisier fu una donna intelligente vissuta nel secolo dei Lumi. Non rappresentò una figura rivoluzionaria per i costumi femminili dell'epoca, ma certamente seppe sfruttare la sua condizione di moglie di Antoine Lavoisier per acquisire conoscenze scientifiche e diventare la principale collaboratrice del marito.

*La sua cultura le permise di tradurre dal latino e dall'inglese numerosi testi scientifici in modo che il marito potesse leggerli. Le sue traduzioni includono varie note, relativamente ai contenuti, che non sono presenti nella versione originale e che quindi sono da attribuire totalmente alle considerazioni di Marie-Anne. Inoltre fu dotata di un notevole talento artistico che utilizzò per documentare, con disegni e incisioni, gli strumenti del laboratorio usato da Lavoisier e dai suoi colleghi. Possiamo anche considerarla la prima divulgatrice scientifica, avendo completato e pubblicato le *Memories di Antoine Lavoisier*, rimaste incompiute. Durante tutta la sua vita, anche dopo la morte del marito, Marie-Anne continuò ad accogliere nel suo salotto scienziati, intellettuali e politici, ed i suoi incontri divennero un polo culturale per la città di Parigi.*

In definitiva, vale la pena di saperne di più su questa figura femminile che è stata per lungo tempo dimenticata dagli storici della scienza: probabilmente il suo ruolo nell'attività di ricerca di Lavoisier è stato più ampio di quanto le pubblicazioni giunte fino a noi testimonino.

Abstract

Marie Anne Paulze Lavoisier was an intelligent woman of the Enlightenment Age. She wasn't a revolutionary for the feminine costumes of that time but she was certainly able to use her condition as wife of Antoine Lavoisier to improve her scientific knowledge and to become the main collaborator of her husband.

Her culture has allowed her to translate from Latin and English many scientific texts that her husband later read. The translated sentences included various notes about the content that weren't present in the original version and therefore are to be totally ascribed to her considerations. Her artistic talent enabled her to draw many sketches and carved engravings of

the laboratory instruments used by Lavoisier and his colleagues. She is also considered to be the first scientific publisher because she completed and published the unfinished Memories by Antoine Lavoisier. During all of her life, even after the death of her husband, Lavoisier, Marie-Anne continued to host meetings of scientists, intellectuals and politicians in her house and she represented a cultural hub in Paris.

Finally it's worth knowing more about this feminine figure that was forgotten for too long time by the science historians: her role in the research of her husband was probably more significant than what emerges from Lavoisier's publications.

La storia di Marie-Anne Paulze Lavoisier non può che iniziare con un'immagine che tutti coloro che studiano chimica conoscono: quella del ritratto di Jacques-Louis David che la rappresenta insieme al marito, il famoso Antoine Lavoisier, nel loro laboratorio chimico.



Figura 1. “Ritratto di Antoine Laurent Lavoisier e di sua moglie” di Jacques-Louis David, 1788 Metropolitan Museum of Art, New York

Osservando il dipinto (Figura1), non è possibile non domandarsi perché una scena familiare sia stata ambientata nel laboratorio chimico dei Lavoisier e non nel salotto di casa. Evidentemente il pittore voleva cogliere la coppia in uno spaccato della loro vita quotidiana, quella della ricerca sperimentale condotta in piena collaborazione. A quel tempo le donne potevano avvicinarsi alla ricerca scientifica solo se appoggiate ad un marito,

a un padre o a un fratello e la posizione di Marie-Anne nel quadro, con la mano destra sulla spalla di Antoine e lo sguardo verso il mondo, sembra sintetizzare questa condizione. Non che Marie-Anne Lavoisier sia stata una rivoluzionaria per i costumi femminili dell'epoca, ma ha sicuramente saputo utilizzare la sua condizione di compagna di uno scienziato per collaborare agli esperimenti e alle teorizzazioni chimiche più di quanto i testi ci abbiano tramandato.

La famiglia

Marie-Anne Pierrette Paulze nacque il 20 gennaio 1758 a Montbrison, nel Dipartimento della Loira, unica femmina tra i quattro figli dei ricchi aristocratici Jacques e Claudine Paulze. Il padre, avvocato e finanziere, era membro della *Ferme Générale*, una società finanziaria che si occupava di riscuotere tributi per i regnanti.

La prematura morte della madre, avvenuta quando Marie-Anne aveva tre anni, indusse il padre ad affidarla alle cure delle suore di un convento, che la accudirono e la istruirono fino all'età di tredici anni. Da loro Marie-Anne ricevette una solida cultura di base, su cui costruirà tutto il suo sapere negli anni successivi.

Il ritorno a casa

All'età di tredici anni Marie-Anne fu richiamata a casa perché suo padre aveva ricevuto per lei una richiesta di matrimonio che gli aveva creato non poco imbarazzo, ma che non si sentiva di rifiutare subito. Il pretendente era infatti il cinquantenne Conte di Amerval, un uomo in gravi difficoltà finanziarie che contava di risanare le sue casse con la dote di Marie-Anne. Il problema era il sostegno offerto al conte dall'Abbé Terray, diretto superiore di Jacques Paulze. Un diniego al matrimonio avrebbe potuto mettere a repentaglio la sua attività lavorativa. Alla fine fu Marie-Anne a decidere perché, quando incontrò il conte, si ribellò immediatamente all'idea di diventare sua moglie, dicendo di lui che era "*uno stupido, un individuo grossolano e insensibile, un orco*". [4]

Jacques Paulze non ebbe cuore di costringere sua figlia a questo matrimonio sacrificale e scrisse al conte una lettera di cortese rifiuto. Tuttavia, per evitare altre pressioni, cercò di trovarle subito un marito più gradito. Come candidato ideale apparve un giovane collega della *Ferme Générale* che di tanto in tanto frequentava la casa dei Paulze, Antoine Laurent Lavoisier.

Non ci sono riscontri su cosa i due ragazzi pensassero di questa unione, ma si suppone che siano stati d'accordo, visto che a novembre del 1771 fu annunciato il loro fidanzamento e il 16 dicembre 1771 fu celebrato il matrimonio. Marie-Anne aveva quasi 14 anni e Antoine 28.

Il matrimonio con Antoine Lavoisier e gli anni della formazione culturale

Il matrimonio frettoloso, tanto da far mormorare che Marie-Anne fosse incinta, si rivelò ben presto molto felice e per i 22 anni in cui i due coniugi restarono insieme l'unione fu *“felice e piena di armonia, un matrimonio borghese privo a quanto sembra di qualcosa di diverso da stima e fedeltà”* [4].

Marie-Anne era quasi una bambina ma, curiosa dell'attività scientifica del marito e desiderosa di apprendere, dedicò i primi anni di matrimonio a migliorare la propria formazione culturale. Per la chimica fu affidata al collega collaboratore di Lavoisier, Jean-Baptiste Bucquet. Fu un'allieva tanto intraprendente che, dopo le lezioni a Marie-Anne, Lavoisier e Bucquet iniziarono a scrivere un testo per affinare i metodi di insegnamento della chimica, purtroppo mai concluso.

Intanto Marie-Anne prese lezioni di disegno e pittura da Jacques-Louis David, l'artista al quale i Lavoisier, qualche anno dopo, commissionarono il famoso dipinto che li ritrae entrambi. Risalgono a questo periodo alcuni pastelli e acquerelli di M.me Lavoisier, uno dei quali la immortalava nelle vesti di giovanissima sposa (Figura 2). In questi stessi anni Marie-Anne imparò a padroneggiare la lingua inglese.



Figura 2 – Autoritratto risalente ai primi anni di matrimonio (collezione privata)

Gli anni della ricerca chimica

Nel 1775, dopo l'ascesa al trono di Luigi XVI, Lavoisier ebbe l'incarico di Direttore dell'Amministrazione della Polvere da Sparo per il settore che riguardava la composizione e i metodi di produzione, ruolo ideale per un chimico. Per seguire questa attività i coniugi Lavoisier si trasferirono all'Arsenale di Parigi, dove spostarono anche il laboratorio di chimica. In questo laboratorio si svolsero gli esperimenti più significativi che portarono ad una vera rivoluzione delle conoscenze in questa disciplina, tanto che Lavoisier è comunemente ricordato come il padre della chimica moderna.

Probabilmente la chimica moderna, oltre ad un padre, ha avuto anche una madre in Marie-Anne Lavoisier.

Il contributo di Marie-Anne allo sviluppo della Chimica

Contributo documentato

Esistono documenti e testimonianze che attestano il ruolo di Marie-Anne nella ricerca chimica condotta dal marito. È lei la realizzatrice di tutti i disegni e le incisioni esplicative degli esperimenti svolti nel loro laboratorio. Notevoli sono le tredici tavole incise per l'opera più famosa, il *Traité élémentaire de chimie*, pubblicato nel 1789.

Alcuni suoi disegni (Figure 3,4) hanno un'enorme importanza documentaria perché raffigurano scene di esperimenti condotti da un vero gruppo di ricerca che comprendeva Antoine Lavoisier e lei stessa.

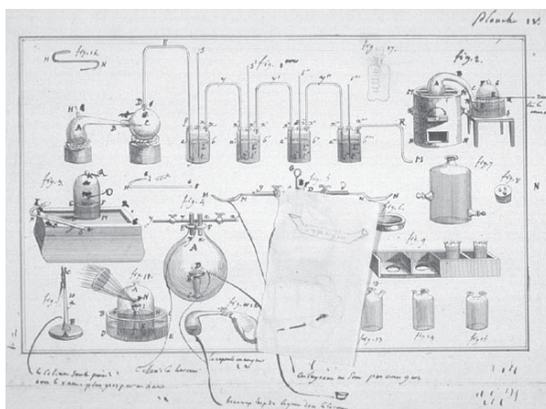


Figura 3. Disegno preparatorio di una delle incisioni del *Traité Élémentaire de Chimie* che include una nota appuntata di M.me Lavoisier, Cornell University Library, Ithaca, NY.

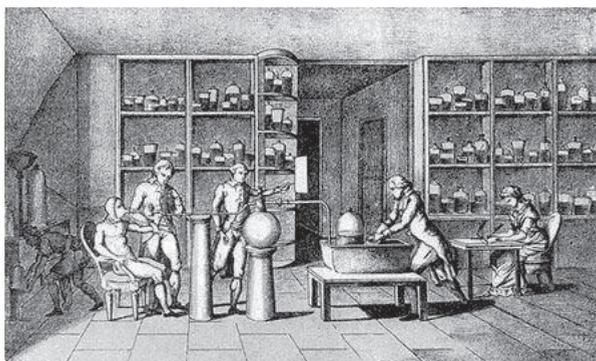


Figura 4. Disegno che descrive un esperimento sulla respirazione umana. M.me Lavoisier si è ritratta sulla destra intenta a raccogliere i dati sperimentali. (Collezione privata)

Altro contributo fondamentale fu quello di traduttrice dal latino e dall'inglese dei lavori scientifici di alcuni studiosi contemporanei in modo che Lavoisier, non molto versato per le lingue straniere, potesse leggerli. La traduzione più famosa è quella del *Saggio sul Flogisto* di Richard Kirwan [8]. Fra gli scienziati dell'epoca era diffusa la convinzione che il flogisto fosse una sostanza presente in tutta la materia. Si riteneva che durante la combustione tale sostanza fuoriuscisse, lasciando un residuo solido chiamato calce. La versione tradotta da Marie-Anne è piena di note sul contenuto proposte da lei stessa. Lavoisier era convinto che il flogisto non esistesse e fra lui e Kirwan intercorsero molti scambi di idee. Finalmente nel 1791 anche Kirwan abbandonò le sue convinzioni sul flogisto.

Non secondaria fu la capacità dei coniugi di divulgare la rivoluzione scientifica che si stava sviluppando sotto i loro occhi. La casa dei Lavoisier era settimanalmente ritrovo di scienziati, studiosi e letterati, fra cui spiccano nomi celebri come Benjamin Franklin (Figura 5), Joseph Priestly, James Watt, and Arthur Young. Quest'ultimo, scrittore e saggista, fu ospite del salotto dei Lavoisier il 16 ottobre 1787. Fu molto colpito da Marie-Anne e scrisse di lei che era una buona cuoca, una deliziosa padrona di casa e una bella donna, ma soprattutto lo impressionò la profondità della sua conversazione [12]. Queste frequentazioni contribuirono ad affinare le conoscenze scientifiche di Marie-Anne.



Figura 5. Ritratto di Benjamin Franklin attribuito a Marie Lavoisier [11].
(olio su tela – Collezione Privata)

Contributo ipotizzato

Anche se non è mai citata come coautrice nei testi di Lavoisier, tutti gli indizi raccolti sulla vita della coppia fanno pensare che Marie-Anne sia stata veramente il braccio destro di suo marito (Figura 6). È documentato che nell'ottobre del 1786 Antoine intraprese un viaggio di lavoro per visionare la produzione di un nuovo tipo di polvere da sparo insieme ai suoi colleghi e Marie-Anne, quale collaboratrice di Lavoisier, fu inclusa nella trasferta.[4].

Lei stessa si ritrae due volte in laboratorio mentre registra i dati sperimentali. La notevole capacità tecnica di trasmettere la scienza per immagini denota in Marie-Anne originalità e modernità di pensiero.



Figura 6. Laboratorio di Lavoisier ricostruito al *Musée des Arts et Métiers* di Parigi

Attraverso gli schizzi, i disegni e gli acquerelli di Marie-Anne è possibile delineare un percorso conoscitivo, anche se non esaustivo, delle tappe più importanti della ricerca dei Lavoisier:

1) il coinvolgimento dell'aria nella calcinazione dei metalli (formazione di ossidi): confutarono l'ipotesi di Boyle sull'intervento della fiamma e del fuoco nella formazione delle calci (che adesso chiamiamo ossidi) (Figura 7);

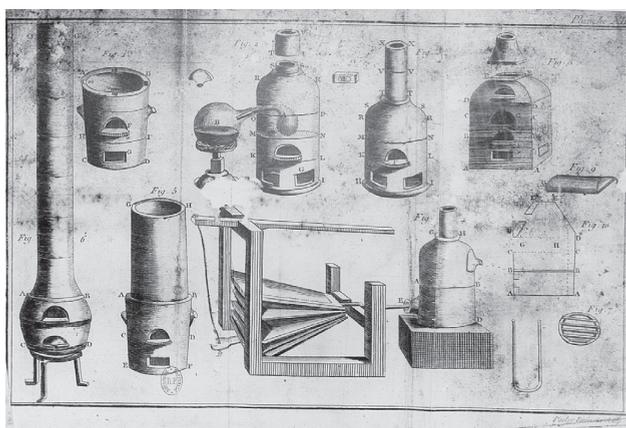


Figura 7. Tavola 13 del *Traité Élémentaire de Chimie* - Forni e bagni di sabbia dove far avvenire le calcinazioni (Gallica - Biblioteca Nazionale di Francia digital library).

2) la legge della costanza delle masse, per la quale il nome di Lavoisier è passato alla storia: in una reazione la somma delle masse dei reagenti è uguale alla somma delle masse dei prodotti di reazione. Le reazioni venivano condotte in recipienti chiusi in cui erano stati introdotti i reagenti che venivano pesati prima e dopo la reazione (Figura 8);

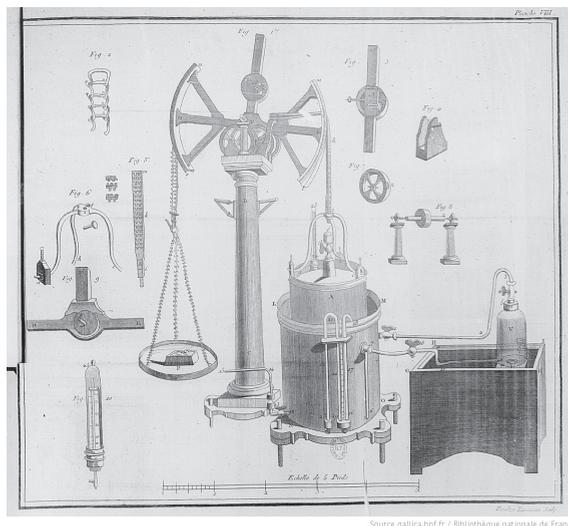


Figura 8. Tavola 8 del *Traité Élémentaire de Chimie* - Bilancia per misurare la massa di reagenti e prodotti (Gallica - Biblioteca Nazionale di Francia digital library).

3) gli studi sulla combustione, per mezzo dei quali fu chiarito il ruolo fondamentale dell'aria; la scoperta che l'aria è una miscela di gas con la valutazione quantitativa della percentuale di ossigeno (chiamata "parte respirabile") e di azoto ("parte non respirabile") di poco distante dalla realtà (Figura 9);

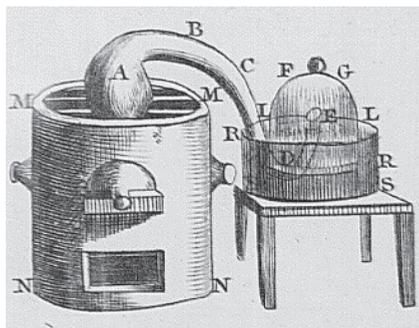


Figura 9. Particolare della Tav.5 del *Traité Élémentaire de Chimie* - Apparecchio dove fu condotto il famoso esperimento fra mercurio e ossigeno. (Gallica - Biblioteca Nazionale di Francia digital library)

4) gli studi sulla respirazione e sulla traspirazione, tra cui la scoperta che solo l'ossigeno è necessario alla respirazione come lo è alla combustione e che durante la respirazione viene consumato ossigeno e prodotto biossido di carbonio; il disegno di Marie-Anne che descrive uno di questi esperimenti è la fonte più eloquente di come si svolgeva il lavoro di ricerca nel laboratorio della famiglia Lavoisier (Figura 10)



Figura 10. Secondo disegno che descrive un esperimento sulla respirazione umana dove compare Marie-Anne Lavoisier. (Collezione privata)

Come si nota nella illustrazione, il lavoro sperimentale era svolto in gruppo e Marie-Anne era addetta alla registrazione dei dati. Questi sono i primi documenti che ritraggono una donna che partecipa attivamente alla ricerca scientifica.

5) gli esperimenti a confronto sulla combustione della grafite e del diamante: entrambi scomparivano e producevano biossido di carbonio (definito “aria fissa”) (Figura11);

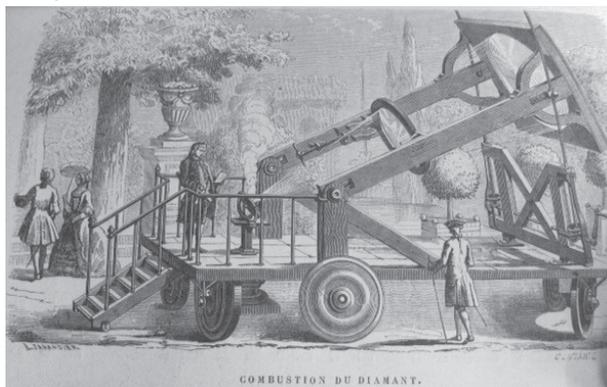


Figura 11. Immagine della lente per la combustione del diamante tratta da “Lavoisier” di Albert Lévi 1881 Librairie Hachette e C. Paris, testo del “Fondo Ottocentesco” della Biblioteca dell’IIS Leonardo da Vinci, Firenze.

6) la produzione di acqua dalla combustione di idrogeno (“aria infiammabile”) e ossigeno (“aria vitale”). Le attuali denominazioni di questi elementi chimici furono coniate da Lavoisier (Figura 12);

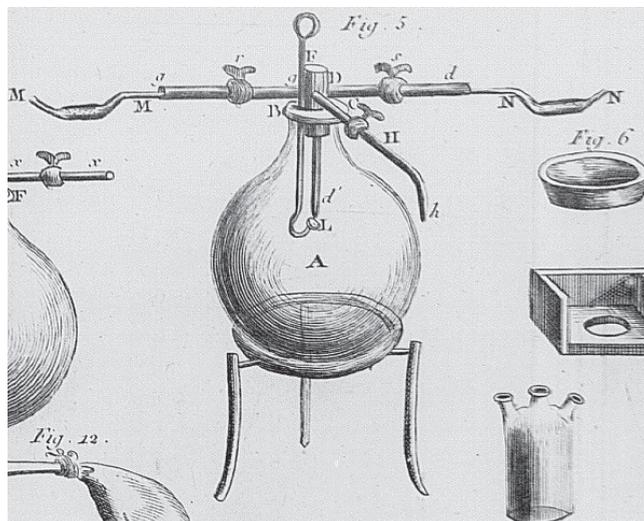


Figura 12. Particolare della Tav.5 del *Traité Élémentaire de Chimie* - Pallone utilizzato per la sintesi dell'acqua da idrogeno e ossigeno. (Gallica - Biblioteca Nazionale di Francia digital library)

7) la costruzione del primo calorimetro, lo strumento che misura il calore sviluppato durante una reazione (Figura 13);

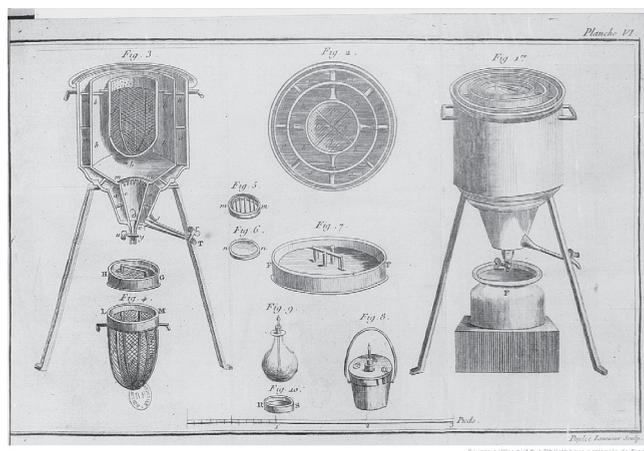


Figura 13. Particolare della Tav.6 del *Traité Élémentaire de Chimie* – Calorimetro. (Gallica - Biblioteca Nazionale di Francia digital library)

Con tutta probabilità Marie-Anne era presente durante ogni esperimento, collaborava alla progettazione dei raffinati e costosi strumenti che servivano per rendere le misure sempre più precise ed era coinvolta nelle discussioni sui risultati. Verosimilmente ha partecipato alla stesura dei numerosi testi scritti dal marito, sebbene non sia mai stata citata. Compare solo la sua firma, “Paulze Lavoisier Sculp”, a margine delle illustrazioni per il *Traité Élémentaire de Chimie*.

Non si verrà mai a sapere se queste ipotesi siano vere, ma pur attenendosi solo ai documenti giunti fino a noi, emerge una figura di donna intraprendente, interessata alla scienza e con una propensione alla diffusione nel mondo scientifico dei risultati raggiunti.

Il segreto

Forse il matrimonio con lo scienziato Lavoisier, dopo alcuni anni, non offriva più a Marie-Anne quelle emozioni che una giovane donna avrebbe voluto ancora provare. Il marito aveva acquistato la tenuta di Freschines, attualmente nel comune di Villefrancoeur, con lo scopo di studiare come migliorare i metodi di coltivazione. Qui trascorreva lunghi periodi per almeno tre volte l'anno. Marie-Anne all'inizio lo accompagnava, dedicandosi a implementare le produzioni locali, ma in seguito preferì restare a Parigi, dove continuava a tenere riunioni settimanali con intellettuali e studiosi. Uno di essi era l'eccentrico scrittore, economista e politico Pierre Samuel Dupont, arguto conversatore di bell'aspetto e soprattutto portatore di idee innovative nel campo della politica economica. Probabilmente fu questo vento di novità nell'interpretare la società che affascinò Marie-Anne. Fra loro nacque una relazione, che andò avanti dal 1781 al 1791, quando la stessa Marie-Anne la interruppe senza un motivo apparente. Non c'è da stupirsi, M.me Lavoisier era figlia del suo tempo, quando era abbastanza normale che le ragazze sposassero, con matrimoni combinati, uomini molto più vecchi di loro e si concedessero distrazioni con altri più giovani. La fedeltà in una coppia non era di fondamentale importanza. Non si sa se Antoine fosse a conoscenza della relazione della moglie o se anche lui avesse frequentazioni di questo tipo; certamente Marie-Anne fu estremamente discreta, tanto che nessuno venne a conoscenza della sua relazione finché fu in vita. Le notizie sono giunte fino a noi solo attraverso le lettere scambiate con Dupont. La corrispondenza fra loro continuò per tanti anni, anche dopo la fine della relazione. Lui le scriveva regolarmente, a volte senza ricevere risposta. Alcune sue frasi sono inequivocabili, come quando nella lettera del 23 ottobre 1798 ricorda “*17 anni di intimità*” e quando in quella dell'aprile 1815 scrive “*l'inviolabile e tenero amore che ti ho giurato per 34 anni*” [2]. Esiste una testimonianza del 1780 in cui si racconta che M.me Lavoisier, nel periodo in cui seguiva una serie di conferenze scientifiche alle Tuileries, arrivava in carrozza, ma

tornava a casa all’Arsenale a piedi. Questo vezzo era attribuito al desiderio di risparmiare, ma, considerata l’agiatezza della famiglia Lavoisier, è molto più probabile che volesse sottrarsi agli occhi degli amici per incontrare qualcuno segretamente [1].

La rivoluzione

Un cambiamento storico stava per abbattersi sul mondo dei ricchi come i Lavoisier. Nel 1789 la Rivoluzione Francese segnò per sempre la fine di un’epoca e l’inizio di un nuovo corso. Gli effetti si fecero sentire gradualmente nella vita di Marie-Anne e Antoine, visti come rappresentanti della classe dirigente dell’Ancien Régime. All’inizio si trattò di piccoli episodi, che ben presto divennero più preoccupanti. Alla fine culminarono nella delazione di Antoine Dupin, rappresentante del popolo, che nel 1793 accusò tutti i membri della *Ferme Générale* di connivenza con il vecchio regime. Immediatamente scattarono gli ordini di cattura per Lavoisier, per il padre di Marie-Anne, Jacques Paulze, e per altri loro collaboratori. Sembra che Antoine sia stato nascosto per alcuni giorni da un suo vecchio domestico. Tuttavia, quando gli giunse la notizia che il suocero e gli altri suoi colleghi erano stati arrestati, non esitò a costituirsi per condividere con loro la sorte avversa [10].

Si sentiva innocente e, dovendo ancora completare importanti esperimenti sul calore animale e la traspirazione, gli sembrava troppo presto per morire. Marie-Anne si appellò ai membri dell’Accademia Francese delle Scienze e ai loro collaboratori. Cercò l’appoggio dei parenti di Dupin per alleggerire la posizione del marito, e infine si recò personalmente dal delatore. Lo fece senza umiliarsi, con la dignità di chi rivendica la verità di fronte ad un sopruso. Si pensa che un atteggiamento meno rigoroso forse avrebbe ottenuto più successo, poiché anche dopo l’incontro con M.me Lavoisier, Dupin non modificò la sua posizione. Lavoisier, condannato a morte, chiese la possibilità di completare i suoi studi ancora per qualche mese, ma purtroppo non gli fu accordata. Il 19 dicembre 1793 scrisse alla moglie:

«Mia carissima, mi sei sembrata afflitta da tanto dolore e da una stanchezza nel corpo e nell’anima che io non posso condividere. Stai attenta a non compromettere la tua salute perché questa sarebbe la più grande disgrazia. Io ho progredito nella mia carriera e ho sempre avuto una vita felice. Tu hai fatto in modo che lo fosse e continui a farlo attraverso le dimostrazioni di affetto che mi manifesti. Quando me ne sarò andato, sarò ricordato con rispetto. Il mio lavoro è finito, ma tu, che hai motivo di sperare in una lunga vita, non sprecarla. Ieri mi sei apparsa tanto triste. Perché dovresti esserlo, quando io accetto con rassegnazione quello che accadrà e considererò tutto ciò che non è perduto come una vittoria? C’è anche ragione di sperare che saremo di nuovo insieme. Fino ad allora le tue visite saranno per me momenti di felicità.» [5]

L'8 maggio 1794 Antoine Laurent Lavoisier e Jacques Paulze furono ghigliottinati. E' famosa la frase pronunciata dal matematico Joseph-Louis Lagrange a proposito della esecuzione di Lavoisier *"Alla folla è bastato un solo istante per tagliare la sua testa, ma alla Francia potrebbe non bastare un secolo per produrne una simile"* [13].

Soltanto due mesi dopo, con la morte di Robespierre, finì il periodo del terrore. Furono abolite le leggi rivoluzionarie e i prigionieri rimessi in libertà.

Gli anni del dolore

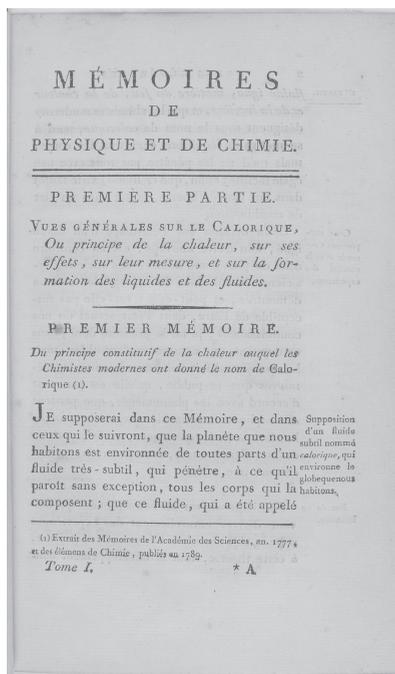
La morte del marito e del padre lasciò Marie-Anne in uno stato di prostrazione aggravata da un'indigenza economica che non aveva mai vissuto. Lei stessa fu imprigionata per sessantacinque giorni, le furono confiscati tutti i beni mobili e immobili e le vennero sottratti persino gli strumenti, i reagenti ed i libri del laboratorio chimico. Visse per un periodo del sostegno finanziario di un suo domestico.

Benché così afflitta, non perse il coraggio nel denunciare chi secondo lei era l'artefice maggiore della condanna di Antoine e di suo padre: nel 1795 scrisse, insieme ad altre vedove di vittime del Terrore, un opuscolo di accuse molto circostanziate contro Antoine Dupin. Vista la sua formazione letteraria, è probabile che lei stessa sia stata l'autrice di gran parte dello scritto, anche se le firme sono numerose. Dupin fu imprigionato, ma un'amnistia gli salvò la vita. Negli anni successivi Marie-Anne cercò di recuperare tutto il materiale del laboratorio chimico e i testi sia pubblicati che ancora in forma di quaderni. Riuscì a recuperare anche parte del suo patrimonio, ma la disponibilità finanziaria non tornò più quella di un tempo.

Le Memories

Per rispettare la volontà del marito, Marie-Anne decise di completare il testo che lui stava scrivendo negli ultimi anni della sua vita. Doveva essere una raccolta in otto volumi degli articoli di Lavoisier e dei suoi collaboratori. Armand Seguin, coautore di molti dei lavori delle Memories, ricercatore e collaboratore di Antoine, fu coinvolto nel progetto (Fig.14). Si pensa che sia proprio lui la cavia umana che compare negli esperimenti sulla respirazione disegnati da Marie-Anne. Tuttavia i due non riuscirono ad accordarsi sulla scrittura della prefazione; a Marie-Anne sembrò che Seguin volesse attribuirsi eccessivi meriti, oscurando il lavoro del marito. Inoltre Marie-Anne era decisa ad inserire in prefazione una violenta accusa contro gli altri collaboratori di suo marito che non si erano minimamente adoperati per salvarlo, con tanto di nomi e cognomi. Nonostante le difficoltà, Marie-Anne decise di procedere da sola. La stampa fu affidata all'impresa di Pierre Samuel Dupont e figlio, che i Dupont avevano avviato con un prestito ottenuto dai Lavoisier. Proprio questo prestito, quando sia Marie-Anne che

Dupont si trovarono in disgrazia economica, costituì per vari anni un elemento di conflitto fra le due famiglie, in gran parte per le continue richieste di restituzione da parte di Marie-Anne. Solo nel 1805, quando i Dupont si trovavano ormai negli Stati Uniti e si avviavano a diventare una delle dinastie più ricche d'America, la questione fu risolta. La prima stampa delle *Memories* fu pubblicata in una versione economica senza illustrazioni che lei regalò agli amici intellettuali e alle biblioteche scientifiche.



Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Figura 14. Pagina iniziale delle *Memories* curate per la stampa da Marie-Anne Lavoisier - Biblioteca Nazionale di Francia - Dipartimento Riserva di Libri Rari R-41099

Il matrimonio con il Conte di Rumford

Recuperata in parte la stabilità economica, Marie-Anne Lavoisier riaprì il suo salotto ai più famosi scienziati dell'epoca. Il 19 novembre 1801, durante una di queste riunioni, incontrò Sir Benjamin Thompson, Conte di Rumford (Fig. 15), uno scienziato e inventore noto per la molteplicità dei suoi interessi (Fig. 16). Nato negli Stati Uniti, si era trasferito in Inghilterra e poi in Bavaria. Presso l'arsenale di Monaco realizzò il famoso esperimento di misurazione del calore prodotto durante l'alesaggio dei cannoni; è per questa prima idea di equivalente meccanico del calore che viene considerato il padre del primo principio della termodinamica. L'aspetto più interessante della sua personalità era il saper applicare gli studi teorici alla risoluzione di

problemi pratici come il miglioramento del tiraggio nei camini, la razionalizzazione dei metodi di cottura dei cibi, la modifica del metodo della produzione della calce e le nuove idee sull'isolamento termico. Una curiosità è che si deve a lui la diffusione della patata in Bavaria, oltre all'invenzione della macchina per il caffè lungo ancora usata nei paesi anglosassoni.

Quando i due si incontrarono, il conte aveva 48 anni ed era vedovo di una moglie più anziana che aveva lasciato molti anni prima negli Stati Uniti. Marie-Anne aveva 43 anni e, sebbene un po' appesantita, era ancora una donna di aspetto piacevole. La loro storia d'amore è dettagliatamente documentata nelle numerose lettere che Thomson scriveva alla figlia Sarah. Siamo al corrente della sorpresa del conte per questa donna intelligente e informata sulle scoperte scientifiche, e dell'emozione che questo aspetto suscitava in lui. Si può ipotizzare che Marie-Anne abbia visto nello scienziato innovatore qualcosa che le ricordava Antoine Lavoisier, come l'impegno nel miglioramento delle condizioni di vita delle classi più povere. I due ebbero modo di conoscersi meglio durante un lungo viaggio in Bavaria e in Svizzera. Al loro ritorno, Marie-Anne si adoperò per permettere al Conte di Rumford, cittadino inglese, di stabilirsi in Francia. Tuttavia, per problemi burocratici legati alle prime nozze del Conte, il loro matrimonio fu celebrato solo il 24 ottobre 1805. Marie-Anne affermò di nuovo la sua devozione alla memoria del primo marito: non volle infatti rinunciare al cognome Lavoisier e in seconde nozze si chiamò M.me Lavoisier de Rumford.

Purtroppo i rapporti fra i due sposi si deteriorarono presto. Il conte era un tipo schivo, che preferiva lavorare da solo, e non coinvolse mai la moglie nelle sue varie attività di ricerca. Marie-Anne voleva continuare a coltivare i rapporti con i suoi amici intellettuali e almeno due volte a settimana organizzava cene o riunioni, che il marito mal sopportava. La loro corrispondenza di questo periodo è emblematica; Marie-Anne scrisse a Rumford: *“Ti chiedo di avere per me la stessa gentilezza che accordi, non dico alle donne che ti piacciono, ma a quelle che ti sono perfettamente indifferenti.”* Rumford rispose: *“Non è permesso ad una moglie di insultare il marito e di rendere pubblico il suo disprezzo minando il suo onore e la sua autorità [...]. Io sono pur sempre il capo della nostra famiglia e tutte le persone che la compongono sono obbligate ad obbedire ai miei ordini.”* [2]

Si stavano scontrando due caratteri forti e indipendenti, ognuno dei quali tentava di sopraffare l'altro. Dopo tanti litigi, anche pubblici, Marie-Anne e il Conte di Rumford, trascorso un anno di separazione, divorziarono consensualmente nel 1809. Da divorziati i rapporti migliorarono e restarono rispettosi e civili fino alla morte di lui, sopravvenuta nel 1814.



Figura 15. Ritratto giovanile di Benjamin Thompson, in seguito Conte di Rumford, - Thomas Gainsborough 1783 – Fogg Museum –Cambridge Massachusetts



Figura 16. Una delle invenzioni di Benjamin Thompson conte di Rumford: il termoscopio di Rumford, Museo Galileo Firenze.

Il salotto culturale di Marie-Anne

Il salotto di Marie-Anne restò aperto fino alla fine dei suoi giorni. Lo storico Guizot, ospite assiduo, scrisse: *“Da quel momento [il divorzio, N.d.T.] nessun evento o incidente ha disturbato il modo di vivere nobile e dilettevole di M.me Rumford. Ella non appartenne che ai suoi amici e alla società, che riceveva con una singolare commistione di ruvidezza e cortesia;*

era sempre di buona compagnia e di grande capacità nel comprendere le vicende del mondo, nonostante la sua schiettezza di linguaggio e le sue fantasie di autorità”. [6]

Nel salotto passarono, oltre a letterati e scienziati, i più importanti esponenti dell’Impero, della Restaurazione e della Monarchia di Luglio. Marie-Anne Lavoisier de Rumford morì improvvisamente il 10 febbraio 1836, all’età di 78 anni.

Riflessioni sulla sua vita

Quello che emerge avvicinandosi ai documenti sulla vita di Marie-Anne Lavoisier è il ritratto di una donna mentalmente all’avanguardia rispetto al tempo in cui ha vissuto. Ha saputo, senza gesti clamorosi o ribelli, sfruttare al massimo le opportunità che la vita le ha offerto. Fin da bambina ha avuto occasioni di studio in vari campi e, una volta diventata la moglie di Antoine Lavoisier, ha mostrato la capacità di ricavarci un ruolo importante nell’attività di ricerca del marito e la lungimiranza nella valorizzazione degli aspetti divulgativi.

La sua razionalità, affinata con la pratica scientifica, e il suo carattere volitivo le hanno permesso di risorgere dall’incredibile tragedia familiare e di condurre un’esistenza da donna indipendente. Si può dire che abbia dedicato gran parte del resto della sua vita a tener accesi i riflettori sulle scoperte e sulla figura di Antoine Lavoisier. Quando poi un uomo geniale, ma incapace di vederla come una compagna di pari dignità, ha tentato di soffocarne l’indipendenza, non ha esitato ad affrontare un divorzio per riprendere la sua strada solitaria.

Ripercorrendo la sua vita, si delinea la figura di una donna moderna e intelligente in grado di rappresentare un esempio anche per i nostri tempi.

Bibliografia

[1] M. S. Bell, *Lavoisier in the Year One - The Birth of a New Science in an age of Revolution*, (Great Discoveries), W.W. Norton & Company, New York 2005.

[2] P. Cardillo, *Un po’ di Gossip: Marie-Anne Pierrette Paulze una donna e due geni per mariti*, in «La Chimica & L’Industria» (Rivista della Società Chimica Italiana), a. 2010, n. 3, pp. 92-98.

[3] L. De Frenza (Università di Bari), *Ritratto di signora: la scienza al femminile nell’iconografia tra sette e ottocento*, in «Revista Internacional de Culturas & Literaturas» a. 2015, ISSN: 1885-3625.

[4] C. T. Eagle, J. Sloan, *Marie Anne Paulze Lavoisier: the mother of modern chemistry* in “The Chemical Educator”, a. 1998, Vol. 3, n. 5, pp. 1-18.

- [5] E. Grimaux, *Lavoisier 1743-1794, d'après sa correspondance, ses manuscrits, ses papiers de famille et d'autres documents inédits*, Félix Alcan, Paris 1896.
- [6] M. Guizot, *Mélanges biographiques et littéraires*, Michel Lévy Frères Libraires Éditeurs, Paris 1868, pp. 49-88.
- [7] R. Hoffmann, *M.me Lavoisier*, in «The American Scientist» January-February 2002, Vol. 90, pp. 22-24.
- [8] K. Kawashima, *Madame Lavoisier et la traduction française de l'Essay on phlogiston de Kirwan*, in «Revue d'histoire des sciences», a. 2000, Vol. 53, n. 2, pp. 235-264.
- [9] A.L. Lavoisier, *Traité Élémentaire de Chimie*, Cuchet Libraire, Paris 1789.
- [10] A.Lévy, *Lavoisier*, Libraire Hachette e C., Paris 1881.
- [11] J. J. Peumery, *Marie-Anne Pierrette Paulze, épouse et collaboratrice de Lavoisier*, in «Vesalius», a. 2000, Vol. VI, n. 2, pp. 105-113.
- [12] W.A.Tilden, *Famous Chemists*; E. P. Dutton & Co.: New York, 1921; pp. 65–66.
- [13] A.Forti, *Intorno alla vita e alle opere di Luigi Lagrange*, Tipografia delle scienze matematiche e fisiche, Roma 1869 pag.33.

L'argomentazione socio-scientifica per migliorare la didattica delle discipline scientifiche

Liberato Cardellini

Università Politecnica delle Marche, Ancona

l.cardellini@univpm.it

Nel fascicolo 3/2017 di CnS è comparso un articolo di Giovanni Villani dal titolo accattivante: “Storia e Filosofia della Scienza: due ancelle della didattica delle discipline scientifiche”. In questo articolo viene suggerito di introdurre elementi di epistemologia, di storia e di filosofia delle scienze nell’insegnamento della chimica, presumibilmente nella scuola superiore. (Villani, 2017)

Il contenuto di questo articolo non è una novità: ciclicamente, circa ogni cinque anni il messaggio viene ripetuto. Nel 2006 Luigi Cerruti ha pubblicato un articolo dal titolo: “Fondamenti e Storia della Chimica. Analisi, proposte e sinergie con la didattica”. (Cerruti, 2006). Già nell’introduzione si afferma “Al gran parlare segue ben poco”, probabilmente intendendo al gran parlare degli studiosi segue ben poco nel cambiamento dell’insegnamento nella scuola della chimica e delle scienze. Vengono avanzate tre proposte concrete: corsi di aggiornamento, orientamento scolastico degli studenti e collaborazione peer to peer.

Ancora, nel 2011 Marco Ciardi pubblica “Un nuovo inizio”. (Ciardi, 2011) In questi articoli ci sono delle affermazioni forti; ad esempio “Le due ‘povertà’ [deficit cognitivo e deficit conoscitivo in campo scientifico] portano ad un gravissimo deficit di democrazia.” (Cerruti, 2006, p. 141). Nell’articolo citato Ciardi scrive “La separazione della scienza dal suo racconto storico genera invece effetti dannosi e spesso non rimediabili.” (p. 172) e poi l’affermazione ricorrente del fatto che la chimica sia la materia meno amata: “In particolare detesto la chimica” (p. 173). Purtroppo come insegnanti di chimica non possiamo avere neanche questa consolazione; come ha riportato George Polya nel 1956, la matematica non sta, o almeno non stava meglio. “... mathematics has the dubious honor of being the least popular subject in the curriculum. ... Future teachers pass through the elementary schools learning to detest mathematics ... They return to the elementary school to teach a new generation to detest it.” (Polya, 1973, p. ix).

Queste proposte vanno contestualizzate nella realtà della scuola. Se si tralascia la parte burocratica e il grande numero di riunioni ove quasi mai l’oggetto è la didattica, la realtà della scuola è determinata in modo sostan-

ziale da programmi esageratamente vasti, probabilmente scritti da 'esperti' che da quando hanno finito la scuola non sono più entrati in un'aula scolastica e perciò non possono comprendere la complessità e la difficoltà di motivare oggi gli studenti allo studio.

Riceviamo uno stipendio ed è giusto che la collettività chieda in cambio un impegno. Ma quanto viene chiesto come argomenti da insegnare deve essere proporzionato a ciò che la maggioranza degli studenti è in grado di imparare in modo significativo. Inoltre, nei programmi ministeriali non viene tenuto conto della qualità degli studenti e della disparità nella loro preparazione. Non tutte le annate e le classi sono uguali: a volte si possono avere studenti molto interessati, ma ci possono essere classi in cui gli studenti interessati sono una minoranza o sono assenti. E possono essere presenti studenti con gravi lacune nella loro preparazione.

Va ricordato che ci sono studenti con bisogni educativi speciali: non solo la scuola se ne deve occupare, ma se ne deve occupare in modo molto professionale e umano. È vero che l'insegnante svolge un ruolo nella motivazione degli studenti, ma ci sono dei limiti oggettivi in ciò che si può insegnare e anche nella scuola i miracoli sono rari. Perciò i suggerimenti di aggiunte, per essere credibili, devono indicare i necessari tagli ai programmi ministeriali.

La ricerca di un terreno comune

Forse non sarebbe male porsi la domanda: come mai questi appelli cadono nel vuoto? Quando proponiamo delle aggiunte ai già corposi programmi scolastici forse dovremmo chiederci quale sarà l'impatto di queste aggiunte nella formazione e nella motivazione degli studenti. Ma parliamo ora di chimica. Un argomento del programma sono i modelli atomici: da quello di Dalton, a quello di Thomson, Rutherford, Bohr e magari all'università si considera anche il modello di Bohr-Sommerfeld. L'analisi storica e filosofica di questi modelli potrebbe essere usata per fare apprezzare agli studenti la mutevole natura della conoscenza scientifica (Niaz, Cardellini, 2011). Potrebbe questo essere un argomento interessante per la crescita cognitiva degli studenti? Certamente sì. Merita però un paio di ore di presentazione e di discussione? Questo è molto più discutibile.

Tuttavia un terreno comune già esiste: "la storia della scienza, infatti, è indispensabile per capire non solo la genesi e la struttura delle teorie scientifiche, ma anche per la formazione della persona nel suo complesso." (Ciardi, 2011, p. 173) "una cittadinanza attiva e consapevole ha, o dovrebbe avere, un ruolo decisivo nella formazione dell'individuo." (Cerruti, 2006, p. 141) Certamente la formazione dei futuri cittadini avviene anche a scuola: oltre ad una formazione curriculare, la scuola si fa apprezzare per lo sviluppo di un pensiero indipendente degli studenti, per le capacità critiche e

argomentative, per le abilità comunicative che sa sviluppare negli studenti, per la gestione delle tensioni nei rapporti sociali e nelle controversie, per saper sollevare questioni etiche nel percorso scolastico. La ricerca didattica ha messo in luce uno strumento utile per coltivare e sviluppare queste abilità 'sociali': l'argomentazione socio-scientifica. (Sadler, 2011)

Le scoperte scientifiche hanno dei risvolti sociali ed etici che meritano di trovare uno spazio per una formazione più completa dei nostri studenti. Giusto per dare un'idea citerei il lavoro di Fritz Haber: una figura controversa, complessa e tragica. (Dunikowska, Turko, 2011; Fetto, 2015) Oltre a meritarsi il premio Nobel per la sintesi dell'ammoniaca, ha supervisionato l'efficacia del cloro per usi militari. Il 22 aprile 1915 nei pressi di Ypres, con il cloro sono stati uccisi migliaia di soldati. Pochi giorni dopo la moglie Clara, fermamente contraria a questo uso delle competenze chimiche da parte del marito in quanto perversione degli ideali della scienza, si è suicidata. (Essex, Howes, 2014; Taddia, 2015) Fritz Haber è stato anche l'inventore del tristemente famoso Zyklon B. Un altro esempio potrebbe essere la considerazione dell'etica e della responsabilità sociale degli scienziati. Certamente questi non sono argomenti facili da discutere in classe e il parere di un grande scienziato come Roald Hoffmann potrebbe aiutare. (Cardellini, 2007) L'argomentazione socio-scientifica è il terreno che permette anche la collaborazione con i colleghi delle materie umanistiche.

Nell'articolo menzionato, Villani scrive: "La Divisione di Didattica della SCI, ritenendo importante rendere consapevoli gli insegnanti della centralità dell'approccio storico/epistemologico nell'insegnamento della chimica, è impegnata a valorizzarlo attraverso diverse attività e manifestazioni." (Villani, 2017, p. 53) Sulla parola 'centralità' mi permetto di manifestare il mio dissenso. Il "racconto storico" non può riempire il vuoto cognitivo generato dalla mancanza di abilità nel calcolo stechiometrico, nell'uso incorretto della densità in un problema chimico, o della conoscenza sbagliata del concetto di equilibrio.

Il compito principale di noi insegnanti dovrebbe essere quello di formare al meglio la mente dei nostri studenti, di aiutarli a padroneggiare i concetti fondamentali della nostra disciplina e questo comprende sia gli aspetti caratterizzanti della teoria che le abilità cognitive del calcolo stechiometrico. Non sono considerazioni fatte da un nemico degli storici: anch'io sono sensibile a questi aspetti ed ho pubblicato lavori di storia e filosofia della chimica e volendo anche di epistemologia. (Niaz et al., 2003; Cardellini, Pascual-Leone, 2004; Cardellini, 2008; Niaz, Cardellini, 2011)

Con tutta la simpatia verso l'Autore, l'affermazione "una coerente didattica della scienza dovrebbe ricostruire le condizioni pratiche e concettuali in cui una specifica "invenzione vincolata" scientifica è venuta fuori, rendendo la stessa scienza un'impresa "entusiasmante", altro che

“tediosa”, sia per chi ci lavora sia per chi è chiamato a insegnarla e/o a studiarla.” (Villani, 2017, p. 55) fa supporre una scarsa pratica sia dell’insegnamento nelle aule scolastiche che del lavoro in laboratorio.

Che dei colleghi si occupino di storia e di filosofia della scienza è un fatto molto positivo che arricchisce la nostra divisione. Sfortunatamente nell’insegnamento delle scienze spesso anche i “medaglioni” sono assenti. La storia, l’epistemologia e la filosofia della scienza possono essere strumenti efficaci per l’insegnamento, ma solo per gli insegnanti che si trovano a proprio agio con questi argomenti e che si divertono sia ad approfondirli che ad insegnarli coinvolgendo gli studenti in un apprendimento significativo. Oppure si pensa che per la formazione professionale degli studenti negli ITIS l’epistemologia sia più importante della chimica analitica?

Bibliografia

L. Cardellini, Un’intervista con Roald Hoffmann sulla nuova opera “Should’ve”, *La Chimica e l’Industria*, 2007, **89** (5), 104-107.

L. Cardellini, The views and influence of Ernst Von Glasersfeld: An introduction, *Foundations of Chemistry*, 2008, **10** (2), 129-134.

L. Cardellini, J. Pascual-Leone, On Mentors, cognitive development, education, and constructivism: An interview with Juan Pascual-Leone, *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 2004, **4** (2), 199-219.

L. Cerruti, Fondamenti e Storia della Chimica. Analisi, proposte e sinergie con la didattica, *La Chimica nella Scuola*, 2006, **28** (3), 139-142.

M. Ciardi, Un nuovo inizio, *La Chimica nella Scuola*, 2011, **33** (3), 172-175.

M. Dunikowska, L. Turko, Fritz Haber: The damned scientist, *Angewandte Chemie International Edition*, 2011, **50** (43), 10050-10062.

P. Fetto, Il chimico Fritz Haber lo scienziato dannato e le sue contraddizioni, *La Chimica nella Scuola*, 2015, **37** (4), 7-10.

J. Essex, L. Howes, Experiments in integrity – Fritz Haber and the ethics of chemistry, *Science in School*, 2014, **29** (2), 5-8.

M. Niaz, F. Abd-El-Khalick, A. Benarroch, L. Cardellini, C. E. Laburù, N. Marin L. A. Montes, R. Nola, Y. Orlik, L. C. Scharmann, C.-C. Tsai, G. Tsaparlis, Constructivism: Defense or a continual critical appraisal. A response to Gil-Pérez et al., *Science & Education*, 2003, **12** (8) 787-797.

M. Niaz, L. Cardellini, What can the Bohr-Sommerfeld model show students of chemistry in the 21st century? *Journal of Chemical Education*, 2011, **88** (2) 240-243.

M. Niaz, L. Cardellini, Why has the Bohr-Sommerfeld model of the atom been ignored by general chemistry textbooks?, *Acta Chimica Slovenica*, 2011, **58** (4), 876-883.

G. Polya, *How to solve it. A new aspect of mathematical method*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1973.

T. D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom. Teaching, learning and research*, Springer, Dordrecht Heidelberg, 2011.

M. Taddia, Clara Immerwahr, moglie e chimica infelice, *La Chimica e l'Industria*, 2015, **97** (5), 59.

G. Villani, Storia e filosofia della scienza: due ancelle della didattica delle discipline scientifiche, *La Chimica nella Scuola*, 2017, **39** (3), 53-55.

Le priorità europee per l'industria chimica in Italia

Al Parlamento europeo si è discusso delle priorità europee per l'industria chimica in Italia in un incontro organizzato da Federchimica lo scorso 11 ottobre al quale hanno partecipato il Presidente di Federchimica, Paolo Lamberti, il Presidente del Programma Responsible Care, Cosimo Franco, il Vice-Presidente di Assofertilizzanti Giuseppe Natale e il Direttore generale di Federchimica Claudio Benedetti.

Al dibattito, ospitato dagli Onorevoli Elisabetta Gardini e Patrizia Toia, hanno preso parte numerosi eurodeputati italiani delle Commissioni parlamentari più rilevanti per l'industria chimica e i rappresentanti del governo italiano a Bruxelles.

“Abbiamo bisogno di riaffermare e valorizzare il contributo della scienza per guidare l'attività dei decisori politici e trovare soluzioni adeguate alle sfide sociali dei prossimi anni” ha dichiarato il Presidente Lamberti.

Durante il dibattito si è discusso, infatti, non solo del ruolo del settore manifatturiero e della necessità di una politica industriale europea, ma anche della centralità che la scienza deve ritrovare nel guidare i processi decisionali.

Con l'occasione sono stati descritti i risultati sociali e ambientali raggiunti dalle imprese chimiche in Italia attraverso il **Programma volontario Responsible Care** e sono state presentate le priorità europee di Federchimica e delle sue **17 Associazioni di settore**.

"Spero che i risultati di questo nuovo studio scientifico possano costituire la base per i decisori politici affinché effettuino scelte consapevoli di politica ambientale, sanitaria e fiscale che scoraggino l'uso di combustibili inquinanti e valorizzino le fonti energetiche più pulite".

È questo il commento di Francesco Franchi, Presidente di Assogasliquidi, l'Associazione di Federchimica che rappresenta le imprese italiane del comparto distribuzione gas liquefatti (GPL e GNL) per uso combustione e autotrazione, sullo “Studio comparativo sulle emissioni da apparecchi a gas, GPL, gasolio e pellet ed effetto dell'invecchiamento”, realizzato da Innovhub-SSI, e presentato a Milano.

"Lo studio infatti conferma come anche gli apparecchi di gamma alta (3 e 4 stelle) alimentati con pellet di qualità, dove tra l'altro non sono nemmeno

obbligatorie le verifiche periodiche, emettono polveri e Benzoapirene in maniera importante e peggiorano le loro prestazioni già dopo un anno di funzionamento, necessitando quindi di interventi di manutenzione: basti pensare - spiega Franchi - che le sole emissioni di Benzoapirene risultano essere 60 volte superiori rispetto al valore iniziale e le emissioni di Monossido di Carbonio di oltre 20 volte".

Secondo Franchi "questo studio, insieme alle altre ricerche, dà prova ancora una volta delle forti responsabilità nella produzione di inquinamento atmosferico della biomassa solida impiegata per il riscaldamento domestico, anche se utilizzata in impianti di alta gamma. Questa fonte energetica, cresciuta del 115% negli ultimi 15 anni e che gode addirittura di incentivi all'acquisto, produce sia danni ambientali e sanitari a causa delle elevate emissioni in termini di Particolato e Benzoapirene, particolarmente dannosi per la salute umana, sia danni economici, dal momento che l'Italia è in procedura di infrazione europea a causa dei ripetuti sforamenti nei limiti europei alle emissioni in atmosfera".

"A questo punto - conclude Franchi - riteniamo necessario invertire la rotta delle politiche incentivanti fin qui portate avanti e che hanno consentito una diffusione di tali impianti. Purtroppo, alcune disposizioni che sono in stesura nell'ambito della Legge di Bilancio non vanno in questa direzione: lo Studio presentato oggi deve assolutamente far riflettere sulla necessità ambientale e sanitaria di adottare provvedimenti che eliminino le agevolazioni per gli impianti alimentati a biomassa legnosa".



1° Convegno Nazionale PLS-Scienza dei Materiali

Sala Polivalente “Franco Lavoratori” 23 Febbraio 2018 – Recco (GE)

Il convegno viene organizzato nell’ambito del Piano Nazionale Lauree Scientifiche – Scienza dei Materiali e nasce come evento satellite delle “*Giornate sulla termoelettricità*”, (Santa Margherita Ligure, 21-22/02/2018), in occasione del quale saranno presentate le più recenti linee di ricerca della termoelettricità che rappresenta uno degli ambiti più promettenti della disciplina.

Il **1° Convegno Nazionale PLS-Scienza dei Materiali**, dedicato a tutti i docenti della scuola secondaria di secondo grado, viene organizzato con lo scopo di:

- contribuire alla disseminazione della Scienza dei Materiali nella scuola italiana
- stimolare la progettazione di percorsi didattici centrati sulla disciplina
- potenziare i collegamenti multidisciplinari della Scienza dei Materiali con il mondo della chimica, fisica ma non solo; anche con quello della cultura, medicina, arte, e ingegneria etc.
- promuovere il corretto insegnamento della Scienza dei Materiali nelle scuole superiori
- valorizzare l’efficace interazione tra scuola-università e mondo del lavoro con particolare riferimento alle realtà locali

SEDE

Sala Polivalente “Franco Lavoratori” – Via Ippolito d’Aste, 2 - Recco - (Genova)

ISCRIZIONE

L’iscrizione è a titolo gratuito. Il modulo di iscrizione debitamente compilato va inviato all’indirizzo E-mail: scimat.pls@gmail.com all’attenzione della Dr. Nadia Parodi e del Dr. Riccardo Carlini (Università di Genova - Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale) entro il **28 gennaio 2018**. Titolo preferenziale per l’accettazione delle iscrizioni è la presentazione di almeno un elaborato al concorso; quindi si procederà in base alla data d’iscrizione.

CONCORSO

In relazione al convegno è stato bandito un concorso dedicato ai docenti delle classi terze, quarte e quinte della Scuola Secondaria di Secondo Grado. I partecipanti dovranno presentare un originale intervento didattico, già sperimentato o in forma di progetto, per la divulgazione della Scienza dei Materiali nelle suddette classi. Il documento dovrà essere inviato tramite posta elettronica, a nome del Dirigente Scolastico o del responsabile del progetto, agli indirizzi **riccardo.carlini@unige.it** e **nadia.parodi@unige.it** entro il **7 gennaio 2018**. Il regolamento completo è disponibile sul sito nazionale PLS-Scienza dei Materiali www.pls.scienzamateriali.unimib.it/. Il comitato scientifico selezionerà sei elaborati che saranno presentati durante il convegno mediante comunicazione orale. Saranno, quindi, premiati i tre contributi migliori con buoni da **800€, 500€, 300€** utilizzabili per l'acquisto di materiale didattico e di laboratorio.

INDICAZIONI PER LA REDAZIONE DELLE COMUNICAZIONI

Il testo deve essere predisposto secondo le specifiche indicate nel format riportato nel bando di concorso presente sul sito:

www.pls.scienzamateriali.unimib.it/

I lavori ritenuti migliori saranno oggetto di pubblicazione in un numero speciale della rivista

“Chimica nella Scuola” – Ed. Aracne – ISBN: 978-88-255-0137-7.

COME ARRIVARE

In aereo: l'aeroporto più vicino è il Cristoforo Colombo di Genova, tutti gli orari di arrivi e partenze sono disponibili sul sito **dell'Aeroporto di Genova**. Volabus é il servizio Amt che collega ogni 35/45 minuti l'aeroporto Cristoforo Colombo alle stazioni ferroviarie di Genova Brignole e Genova Piazza Principe. In circa 30 minuti è possibile raggiungere lo scalo genovese o il centro città con pullman Gran Turismo. I biglietti sono acquistabili:

- direttamente a bordo dei Volabus;
- in aeroporto presso l'emettitrice automatica Amt;
- presso le emettitrici automatiche Amt (presso le stazioni FS Brignole e Principe);

In Auto: Autostrada A12 Genova - Rosignano uscita casello di Recco. Sono disponibili numerosi parcheggi gratuiti, in alcune zone dedicate, o a pagamento nelle zone immediatamente adiacenti alla sede del convegno.

In Treno: La stazione ferroviaria di Recco si trova lungo la linea Genova-La Spezia, è servita da numerosi treni che la collegano a Genova in 20 minuti circa. Tutti gli orari dei treni in fermata a Recco sono sul sito di Trenitalia.

Quindi si raggiunge la sede del Convegno in 5 minuti a piedi.



HOTEL * CONVENZIONATO :**

Da Ö Vittoriö

Via Roma 160, Recco (500 m dalla sede del convegno)

Prezzi: Camera singola 55 € con colazione;
Camera doppia 80 € con colazione

COMITATO ORGANIZZATORE

Riccardo Carlini
Nadia Parodi
Gilda Zanicchi
Simona Binetti
Silvano Fuso
Caterina Peragallo
Giovanna Latronico

COMITATO SCIENTIFICO

Riccardo Carlini
Nadia Parodi
Gilda Zanicchi
Simona Binetti
Giuseppe Colafemmina
Pier Francesco Riccardi
Anna Vedda
Ugo Caruso
Matteo Pierno
Luciano Ramello
Claudio Goletti
Domenica Scarano

PARTNERS



Università degli
Studi di Genova



Dipartimento di Chimica e
Chimica Industriale
Università degli Studi di Genova



Città di Recco



Pro loco di Recco



Piano Lauree Scientifiche
Scienza dei Materiali



La Chimica nella Scuola



PROGRAMMA PRELIMINARE

Ore 10.00: Saluti Istituzionali

Sessione Seminari Didattici

Ore 10.15: Seminario *“L'energia che sperperiamo: nuovi materiali per il recupero e la valorizzazione del calore dissipato attraverso la conversione termoelettrica”*

Prof. Dario Narducci – Università Milano – Bicocca

Ore 10.45: *“Materiali polimerici: proprietà, impieghi, impatto sull'ambiente e nella vita quotidiana”*

Prof. Marina Alloisio – Università degli Studi di Genova

Ore 11.15: *“Materiali polimerici per l'energy harvesting e l'internet delle cose”*

Prof. Corrado Boragno – Università degli Studi di Genova

Sessione Presentazioni

Ore 11.45: Presentazione nuovi percorsi didattici di Scienza dei Materiali in Licei Scientifici – (Università degli Studi di Roma - Tor Vergata, Università della Calabria)

Ore 12.05: Presentazione del nuovo testo di Chimica per le Scuola Secondaria di Secondo Grado –“MATERIA CHIMICA” - Autori Riccardo Carlini - Raffaele Pentimalli

Ore 12.30: Pranzo Sociale c/o ristorante “Da Ö Vittorio” di Recco

Sessione Contributi

Ore 14.30: Presentazione dei 6 elaborati selezionati

Ore 16.00: Coffee break

Ore 16.30: Premiazione

Ore 17.00: Termine Lavori e Saluti

AREE SCIENTIFICO–DISCIPLINARI

AREA 01 – Scienze matematiche e informatiche

AREA 02 – Scienze fisiche

AREA 03 – **Scienze chimiche**

AREA 04 – Scienze della terra

AREA 05 – Scienze biologiche

AREA 06 – Scienze mediche

AREA 07 – Scienze agrarie e veterinarie

AREA 08 – Ingegneria civile e architettura

AREA 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione

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

AREA 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche

AREA 12 – Scienze giuridiche

AREA 13 – Scienze economiche e statistiche

AREA 14 – Scienze politiche e sociali

AREA 15 – Scienze teologico–religiose

Il catalogo delle pubblicazioni di Aracne editrice è su

www.aracneeditrice.it

Finito di stampare nel mese di dicembre del 2017
dalla tipografia «System Graphic S.r.l.»
00134 Roma – via di Torre Sant’Anastasia, 61
per conto della «Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale» di Canterano (RM)