

Modulo 04 - metodi, didattiche e...

In questo modulo verranno affrontati gli argomenti seguenti:

[01. i metodi scientifici](#)

[01.01. Bacone](#)

[01.02. Galilei](#)

[02. il metodo sperimentale nella didattica](#)

[02.01. gli obiettivi](#)

[02.02. le attività didattiche](#)

[02.03. la valutazione](#)

[03. il curricolo](#)

[03.01. un esempio: il curricolo di chimica di base](#)

[04. didattica chimica e didattica scientifica](#)

[05. la didattica chimica e... la storia della chimica](#)

[06. la didattica chimica e... qualche cenno storico-epistemologico](#)

[07. la didattica chimica e... i mass-media](#)



Galileo Galilei

01. i metodi scientifici

Anche se normalmente si parla di "metodo scientifico", in effetti possiamo distinguere più metodi scientifici che sono applicabili, in contesti diversi, separatamente o in modo complementare; i principali sono:

a) descrittivo: raccoglie e razionalizza i dati sia qualitativi sia quantitativi e si può articolare in:

- morfologico (di carattere qualitativo, che rileva le proprietà dei sistemi esaminati);
- classificatorio (di carattere qualitativo, che confronta e seleziona le proprietà che permettono di raggruppare classi di oggetti)
- di misura (di carattere quantitativo, che confronta una sola proprietà di oggetti diversi sulla base di regole)
- statistico (di carattere quantitativo, che individua la frequenza e la distribuzione delle proprietà in una ampia classe di oggetti)

b) sperimentale: si osserva e si analizza un fenomeno, riproducendolo in laboratorio e controllandone lo sviluppo, dopo aver isolato le sue variabili; di esso parleremo nei paragrafi successivi

c) per modelli: permette di interpretare in modo analogico oppure in modo formalizzato e usando strumenti matematici, i dati raccolti, così da poter estendere il modello ad altri sistemi

01.01. Bacone

Le origini del "metodo scientifico" risalgono al XVI secolo, con Francesco Bacone (nome italianizzato di Francis Bacon) e Galileo Galilei, in contrasto con la logica aristotelica, per rivalutare l'**esperienza come mezzo di conoscenza**



Il ritratto è della Hutton-Deutsch Collection

Francesco Bacone (Londra 1561-1626) filosofo, scienziato e uomo di stato britannico, si dedicò soprattutto ad attività legali e alla vita politica, ma lasciò un enorme contributo anche nella scienza: con lo sviluppo di un metodo di ragionamento chiamato "induzione", che permette di giungere a conclusioni generali partendo da una situazione particolare, contribuì alla nascita del pensiero scientifico moderno.

È considerato il padre del metodo sperimentale e della logica induttiva. Opponendosi all'idea che l'autorità (identificata nell'aristotelismo dominante) fosse unica depositaria della verità, criticò la validità dei tradizionali sillogismi aristotelici e l'uso della sola speculazione filosofica nei saperi scientifici introducendo metodi come l'analogia che, procedendo dalle caratteristiche di un insieme, porta ad inferire quelle proprie di un singolo dato considerato, lasciando all'esperienza futura il compito di correggere gli errori

Gli scritti di Bacone si possono suddividere in tre categorie: scritti filosofici, opere letterarie, opere di diritto e politica. Le opere filosofiche più importanti sono *Il progresso della conoscenza* (1605), sullo stato della conoscenza del suo tempo, e il *Novum Organum* (1620) che, assieme alla *Historia naturalis et experimentalis* (1622) è parte della cosiddetta *Instauratio magna*.

La metodologia presentata nel *Novum Organum* comprende una *pars destruens* intesa a rimuovere tutti i pregiudizi e i preconcetti che generano concezioni erronee, denominate "idoli". Alla *pars destruens* segue il metodo vero e proprio (*pars construens*) ottenuto classificando i fenomeni naturali secondo parametri di osservazione, formulando ipotesi e cercando di verificarle nell'esperienza. Scopo del procedimento è padroneggiare i processi naturali e riprodurli artificialmente. I principi contenuti nel *Novum organum* ebbero un'influenza decisiva sullo sviluppo successivo dell'empirismo.

(da *Enciclopedia Microsoft Encarta*)

Il metodo di **indagine di tipo induttivo** presuppone la ricerca di tutti i casi in cui un fenomeno:

- avviene
- non avviene mentre si penserebbe che dovesse avvenire
- aumenta o diminuisce di intensità

Dall'esame comparativo dei tre punti deriva una ipotesi e la sua verifica empirica.

Il risultato è qualitativo, non quantitativo (prescinde infatti dal formalismo matematico): il processo non è perciò sufficiente a costruire un vero metodo scientifico, ne è solo un presupposto

01.02. Galilei



Il ritratto, di scuola italiana è presso il Castello Ambras, Innsbruck, Austria

Galilei, Galileo (1564 - Firenze 1642), fisico, astronomo e filosofo della natura, diede un impulso fondamentale allo sviluppo della scienza affermando la necessità della sperimentazione come metodo di ricerca; assieme all'astronomo tedesco Keplero diede inizio alla rivoluzione scientifica culminata nell'opera di Isaac Newton. Il disaccordo con l'autorità ecclesiastica, in seguito alla sua adesione alle tesi copernicane, l'obbligo di abiurare e la condanna che ne seguì segnarono una tappa fondamentale nella storia del pensiero scientifico.

Fu professore di matematica a Pisa e a Padova, dove realizzò numerosi esperimenti che lo condussero alla scoperta delle leggi sulla caduta libera dei gravi; studiò il moto dei pendoli e alcuni problemi di meccanica. Aderì alla teoria copernicana sin dal 1597 e, in contrapposizione alla concezione geostatica del cosmo elaborata da Tolomeo, addusse una teoria delle maree che assumeva il movimento della Terra.

Dopo l'invenzione del cannocchiale e la pubblicazione delle sue scoperte nel 1610 nel *Sidereus Nuncius*, divenne matematico e filosofo di corte a Firenze, dove, libero dagli impegni dell'insegnamento, si dedicò alla ricerca e alla stesura delle sue opere. Nel 1614, in seguito alla denuncia di un sacerdote rispose con una lettera in cui affermava che il conflitto tra il pensiero scientifico e l'interpretazione dei testi sacri non era sintomo di una duplice verità, bensì di una non corretta interpretazione di questi ultimi e che sarebbe stato un grave errore elevare qualsiasi posizione scientifica a dogma della Chiesa, così com'era avvenuto per la teoria aristotelica o per il sistema tolemaico.

Esprime le sue opinioni sul metodo scientifico nel *Saggiatore* (1623), accolto benevolmente dal nuovo pontefice Urbano VIII. Nel 1630 il suo lavoro sulle maree ricevette il visto per la stampa dai censori della Chiesa di Roma e fu pubblicato due anni dopo col titolo *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Nonostante due visti ufficiali, Galileo venne convocato a Roma dall'Inquisizione, che lo processò per "grave sospetto di eresia": costretto ad abiurare, venne condannato al carcere a vita, commutato negli arresti domiciliari permanenti ad Arcetri.

L'ultimo libro di Galileo, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica*, pubblicato nel 1638 a Leida, in Olanda, riesamina e perfeziona gli studi precedenti sul movimento e, in generale, i principi della meccanica. Quest'opera aprì una strada che avrebbe portato Newton a formulare la legge della gravitazione universale, collegando le leggi di Keplero sui pianeti alla fisica-matematica di Galileo. Un'indagine sulla condanna dell'astronomo, con la richiesta di cancellarla, fu ordinata nel 1979 da papa Giovanni Paolo II e si concluse nell'ottobre del 1992 con il riconoscimento, da parte della commissione papale, dell'errore del Vaticano.

(da *Enciclopedia Microsoft Encarta*)

Grande merito di Galileo è stato quello della fusione dell'empirico (cioè della descrizione qualitativa) col formale (cioè di quella quantitativa); l'empirico senza formale è astratto.

Le esperienze, come per Bacone, stanno alla base del metodo scientifico, ma occorre cercare le connessioni quantitative (cioè le leggi), facendo uso della matematica.

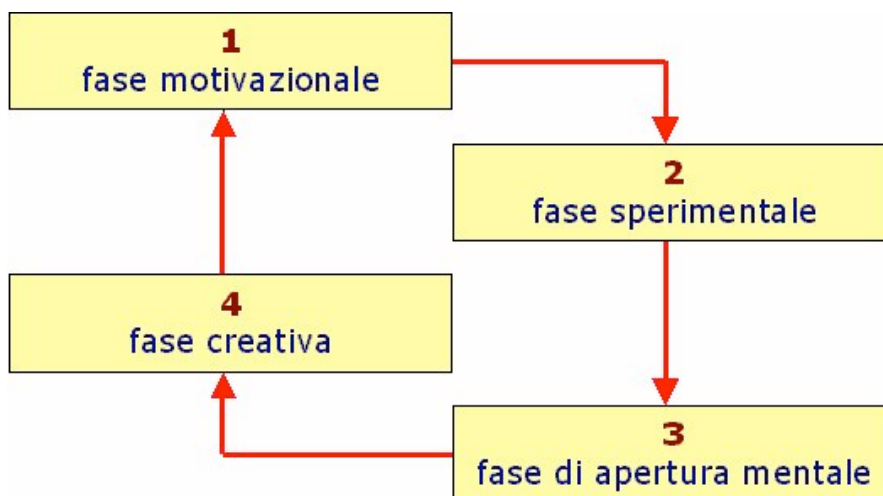
Il metodo scientifico consta di quattro fasi:

- osservazioni sotto forma di esperimenti
- ricerca dello schema di inquadramento e, se possibile, formulazione di una legge (verbale e formale)
- costruzione di una ipotesi
- verifica della legge e dell'ipotesi mediante ulteriori osservazioni ed evoluzione dell'ipotesi in teoria

02. il metodo sperimentale nella didattica

Il metodo scientifico non si può "insegnare"; ma si può sviluppare negli allievi le abilità operative e le capacità di ragionamento legate alla metodologia sperimentale

Le fasi e il ciclo di processi del metodo sperimentale possono essere schematizzati come segue:



Le varie fasi sono caratterizzate dalle seguenti operazioni:

1. fase motivazionale: ricognizione e definizione del problema; formulazione di ipotesi di lavoro; progettazione di procedure per osservazioni e prove

2. fase sperimentale: ottenimento dei dati sperimentali; stima dei limiti delle misure

3. fase di apertura mentale: elaborazione dei dati; formulazione di correlazioni e di leggi empiriche; verifica sperimentale delle leggi; generalizzazioni

4. fase creativa: formulazione di modelli teorici di interpretazione; individuazione di nuovi problemi e di nuove ipotesi di lavoro

Le fasi 1 e 2 sintetizzano il metodo induttivo e rientrano nella logica concreta (per Piaget: 11-14 anni); le fasi 3, ancora induttiva la 4, che sintetizza il metodo deduttivo, rientrano nella logica astratta (età > 14 anni).

Questo schema è valido in modo generale, non solo per le scienze sperimentali.

Per una efficace didattica chimica, oltre alle forme tradizionali, spiegazione e interrogazione (cioè insegnamento e verifica dell'apprendimento), compiti scritti ed esperimenti, occorre tenere presente che:

- il lavoro sperimentale degli studenti è molto importante
- occorre una nuova e diversa impostazione della lezione
- sono necessari nuovi criteri di verifica dell'insegnamento e dell'apprendimento

02.01. gli obiettivi

Per programmare un **curricolo** finalizzato a scopi ben precisi e non costruito come una pura sommatoria di contenuti, il punto essenziale è una precisa definizione degli **obiettivi** (cioè quali **competenze** è necessario

sviluppare negli allievi).

La conoscenza e la consapevolezza degli obiettivi aiuterà anche gli allievi ad apprendere in modo più proficuo.

Ricordiamo che **B.S.Bloom** ha classificato gli obiettivi dell'area cognitiva in una **tassonomia** suddivisa in sei grandi categorie; la tassonomia è gerarchica, cioè ogni categoria prevede tutte le precedenti

A1, conoscenza: capacità di richiamare teorie, leggi, esperimenti, nomenclatura, tecniche, ecc.

A2, comprensione: capacità di interpretare correttamente situazioni e fatti conosciuti

A3, applicazione: capacità di applicare le conoscenze a situazioni ed esperienze nuove e sconosciute

A4, analisi: capacità di suddividere un'informazione complessa in più parti e di trovare relazioni fra esse

A5, sintesi: capacità di coordinare molteplici informazioni organizzando le conoscenze acquisite

A6, valutazione: capacità di esaminare criticamente situazioni e fatti, di esprimere giudizi e di comunicarne il contenuto essenziale ad altri

Partendo da questa tassonomia, **J.C.Mathews** ha cercato di applicarla alla didattica chimica, individuando obiettivi specifici, anche se le categorie non sono perfettamente corrispondenti a quelle di Bloom:

A1, abilità di progettare uno schema appropriato per la soluzione di un problema pratico

A2, abilità di trattare e classificare informazioni, compresi risultati numerici, grafici, ecc.

A3, abilità di applicare cognizioni precedenti in situazioni nuove

A4, capacità di analizzare le informazioni dimostrando criterio e giudizio

A5, capacità di riportare e commentare argomenti inerenti la chimica elementare

A6, consapevolezza del ruolo che la chimica ha fra le altre discipline e nella società

Gli **obiettivi specifici** devono essere definiti in **termini comportamentali**, espressi cioè attraverso **prestazioni** dell'allievo; devono essere **pertinenti** (riguardanti uno stadio significativo di apprendimento), **conformi agli obiettivi generali**, **logici** (senza contraddizioni interne), **realizzabili** (raggiungibili nei tempi e con i mezzi a disposizione), **osservabili** (attraverso una attività svolta), **verificabili** (i risultati non devono essere influenzati da conoscenze o abilità diverse da quelle valutate).

Esempi di formulazione di obiettivi specifici:

- **concetto di atomicità** (A2 o A3): date le formule di elementi come N_2 , P_4 , S_8 , ecc., lo studente deve essere in grado di indicare il numero di atomi

- **concetto di massa atomica relativa** (A2): lo studente deve dimostrare di aver capito che massa atomica relativa = quante volte la massa di un atomo è maggiore dell'unità di massa

atomica

- **concetto di massa molecolare relativa** (A3): data la formula chimica di un composto e una tabella di masse atomiche relative, lo studente deve essere in grado di calcolare la massa molecolare relativa di quel composto

02.02. le attività didattiche

L'applicazione rigorosa del metodo sperimentale è dispendiosa in termini di tempo: è conveniente applicarlo su alcuni argomenti significativi; per il resto, anche senza percorrere tutte le fasi del metodo, conviene comunque utilizzare un approccio problematico

Le attività per affrontare i vari argomenti dovrebbero essere:

- **introduttive (fase motivazionale)**: presentazione dell'argomento (problema reale); analisi delle preconoscenze; proposte degli studenti per affrontare il problema e discussione sul percorso da seguire; effettuazione di una prima serie di esperimenti e raccolta dei dati (**fase sperimentale**)
- **intermedie (fase di apertura mentale)**: elaborazione e discussione dei risultati; formulazione di leggi (generalizzazione); formulazione di nuove ipotesi (per confermare o confutare le leggi) da verificare con una seconda serie di esperimenti (**fase sperimentale**)
- **di riepilogo (fase creativa)**: rielaborazione con gli allievi ed inquadramento in uno schema logico delle conoscenze acquisite; ampliamento dell'argomento, collegamenti con il successivo

Se non è proprio possibile eseguire esperimenti si potrà ricorrere all'uso di sussidi audiovisivi e informatici; se non ne esistessero, si potrebbe cercare di crearne di adeguati allo scopo

02.03. la valutazione

La valutazione, finalizzata all'analisi della qualità, dell'adeguatezza e dell'efficacia di un processo formativo. Operazioni della valutazione possono essere l'accertamento, la verifica, il monitoraggio ecc.

La valutazione può essere:

- **formativa**, con funzioni di tipo diagnostico, orientativo e di correzione; si effettua durante l'apprendimento e ha lo scopo, da una parte, di definire il punto di partenza (diagnosi dei requisiti) per la programmazione didattica, dall'altra, di conoscere e far capire allo studente la sua situazione
- **sommativa**, per accertare la situazione finale; inevitabilmente tende ad assumere una funzione "fiscale" e si conclude con la formulazione di un voto o di un giudizio. In alcuni modelli può accertare la padronanza (Mastery Learning). Quella **quantitativa** tende ad effettuare una misura "oggettiva" mediante valutazioni docimologiche rigorose (vedi alla voce **verifica** del glossario). Quella **qualitativa** usa invece un approccio olistico e induttivo: tiene perciò più conto dell'individuo rispetto a quella quantitativa.

Per qualche ulteriore approfondimento consultare la voce del glossario.

La **verifica dell'apprendimento** è, contemporaneamente, anche **verifica dell'insegnamento** ed è più efficace ed utile se è di tipo formativo, poiché permette un progressivo e continuo affinamento della didattica.

La verifica si può effettuare mediante relazioni sugli esperimenti, prove oggettive e strutturate, saggi pratici e, soprattutto, attraverso il **colloquio continuo** fra docente e studenti. In particolare si possono proporre relazioni scritte (rapporti), domande aperte, domande strutturate e problemi, ma anche test a scelta multipla, vero/falso, a completamento, a correlazione, ecc. I test, dal punto di vista della valutazione, hanno caratteristiche di oggettività decisamente superiori e possono essere gestiti anche da un computer; tuttavia essi hanno il difetto di non considerare l'individuo e le sue competenze che non siano quelle esaminate direttamente

03. il curricolo

Per curricolo si intende l'organizzazione, programmata dal docente, di tutti gli aspetti strutturali e didattici di un corso di studi: strategie e contenuti, esperienze, occasioni di apprendimento volti al raggiungimento degli obiettivi formativi ed educativi da parte degli allievi, modalità di verifica e valutazione.

Non bisogna perciò confondere il curricolo con il programma ministeriale o con l'indice di un testo; (per un approfondimento sui parametri da considerare, vedi alla voce del glossario).

Per i programmi ministeriali relativi alla scuola secondaria superiore (biennio Brocca) vai all'indirizzo <http://www.annalipubblicaistruzione.it/icons/Sdapi/SDAPI/5656.pdf>

Per i programmi ministeriali relativi alla scuola secondaria superiore (triennio Brocca) vai all'indirizzo <http://www.annalipubblicaistruzione.it/icons/Sdapi/SDAPI/5961.pdf>

Per i programmi ministeriali relativi alla scuola secondaria superiore (IGEA) vai all'indirizzo http://www.edscuola.com/archivio/norme/di122_96.pdf

Per i programmi ministeriali relativi alla scuola secondaria superiore (ITIS) vai all'indirizzo <http://www.edscuola.com/archivio/norme/di9394.pdf>

Per i programmi ministeriali relativi alla scuola media vai all'indirizzo <http://www.edscuola.com/archivio/norme/dm9279.html>

In effetti, secondo un più moderno approccio metodologico (su questo sta lavorando il Laboratorio CIRED sui Modelli di lavoro nella didattica), si tende a trasformare la programmazione del curricolo nella costruzione di **moduli** autosufficienti che costituiscono, ognuno, un **credito formativo** specifico: questo modo di vedere la formazione supera l'esigenza della sequenzialità e permette l'acquisizione di crediti a spettro più ampio e, perciò, più adeguati ad un mondo della formazione e ad un mondo del lavoro in evoluzione sempre più accelerata.

Il **curricolo** assume più valenze (da una libera interpretazione da: F.Tessaro, Metodologia e didattica dell'insegnamento secondario, Armando Editore, Roma, 2002):

- 1) **educativa** perché fissa finalità e scopi
- 2) **epistemica** perché è un percorso tra saperi selezionati (nodi

concettuali)

3) **didattica** perché è un percorso di insegnamento progettato

4) **organizzativa** perché è strutturato nei tempi e negli spazi, negli oggetti e nei metodi, in funzione dei soggetti in apprendimento

5) **formativa** perché è un percorso personalizzato (sulla classe e/o sull'individuo)

6) **esperienziale** perché, alla fine del percorso di apprendimento, il soggetto deve raggiungere la consapevolezza di ciò che sa e di ciò che sa fare

7) **operativa** perché il percorso deve essere costruito con attività concrete e verificabili

8) **relazionale** perché è un percorso di azioni compiute col docente dal gruppo classe

Di conseguenza, non è possibile costruire curricula predefiniti, poiché dipendono dal contesto in cui si opera; ci limiteremo perciò a portare un esempio, quello della "chimica di base" per la scuola secondaria.

03.01. un esempio: il curriculum di chimica di base

La Commissione Scuola Secondaria della Divisione Didattica della Società Chimica, la definisce: "un insieme di acquisizioni che permettano al discente di estendere con relativa autonomia le conoscenze della disciplina, compatibilmente con il livello di sviluppo cognitivo e il livello scolastico, di applicare sperimentalmente i concetti acquisiti per esplorare la realtà, di riconoscere un fenomeno chimico anche in un contesto non specificatamente chimico, di inserirsi nelle problematiche del mondo esterno, in particolare del mondo del lavoro."

Le acquisizioni di cui si parla possono essere:

- concetti di base e loro correlazioni (trame concettuali)
- linguaggio
- abilità operative essenziali
- logica basata sulla metodologia sperimentale

Queste acquisizioni variano in profondità e ampiezza in funzione del livello di apprendimento e dello sviluppo cognitivo, poiché variano capacità di astrazione, di generalizzazione e di formalizzazione. Ma esiste una continuità di apprendimento ed educativa fra i vari livelli. Da un livello all'altro la chimica deve configurarsi come un sapere sempre più strutturato e organizzato

Un curriculum può venire organizzato in **moduli (MD)** o in **unità didattiche (UD)**.

MD = unità formativa autosufficiente e autoconsistente i cui segmenti sono variamente combinabili

UD = insieme di argomenti che, correlati concettualmente fra loro, contribuiscono alla soluzione o allo studio di un certo tema scelto come argomento principale.

Sia MD che UD esigono una accurata **programmazione** in obiettivi, metodi,

contenuti e verifiche e si differenziano sostanzialmente per il fatto che, mentre le UD sono generalmente sequenziali (non posso affrontare la successiva se non ho raggiunto gli obiettivi della precedente) e non necessariamente interdisciplinari, i MD possono essere affrontati parallelamente o quasi (perché ogni MD contiene al suo interno consigli a quali altri moduli o percorsi interni ad uno di essi è possibile accedere) e sono interdisciplinari poiché affrontano temi complessi. Per eventuali approfondimenti, sempre F.Tessaro, Metodologia e didattica dell'insegnamento secondario, Armando Editore, Roma, 2002.

Per la chimica, è conveniente svolgerle su base **sperimentale**.

Un possibile curriculum deve essere elaborato, ovviamente a partire dai programmi ministeriali (vedi gli indirizzi internet poco sopra), ma tenendo presente che devono prima essere individuati i nuclei fondanti della disciplina, i nodi concettuali, i metodi e i processi.

Una possibile (ma non è l'unica!) schematizzazione per la chimica, e tenendo presente che in ogni caso, trattandosi di un approccio sperimentale, vengono messi in atto processi di pensiero tipici delle discipline sperimentali (es.: capacità di formulare ipotesi, capacità di prevedere e progettare percorsi di verifica, capacità di raccogliere, elaborare e valutare dati, capacità di generalizzare, capacità di relazionare, ecc.), può essere quella che segue:

nuclei fondanti	nodi concettuali	processi	tematiche
materia	stato miscela sostanza atomo molecola materia inorganica materia organica materia vivente	osservazione classificazione modellizzazione formalizzazione	proprietà degli stati sistemi omogenei ed eterogenei composti chimici (ossidi, idrossidi, sali...) a livello qualitativo elementi chimici e sistema periodico
trasformazioni	trasformazioni fisiche trasformazioni chimiche energia reazioni e tempo	formalizzazione misurazione modellizzazione matematizzazione	passaggi di stato reazioni chimiche aspetti quantitativi (mole e stechiometria) energia libera, entropia, entalpia equilibrio chimico reversibilità e irreversibilità cinetica
interazioni	legami strutture nei solidi e nei liquidi	astrazione misurazione modellizzazione matematizzazione	legami intra- e inter- molecolari relazioni tra struttura e proprietà chimiche

occorre tenere presente che è solo una "possibile" schematizzazione, poiché non esistono ricette precostituite: l'elaborazione del curriculum da parte dell'insegnante deve essere fatta sulla base di un **progetto** ben preciso, che tenga conto degli obiettivi che egli si prefigge, del target al quale è destinato, del contesto in cui dovrà operare, delle risorse temporali e logistiche.

La progettazione per lo sviluppo di un curriculum basato sui nodi concettuali predefiniti viene elaborata dall'insegnante organizzando un insieme di attività che gli studenti dovranno compiere.

In alcuni casi può venire privilegiata un approccio che va dal macroscopico (cioè dal mondo "sensibile"), al microscopico (più astratto), al transdisciplinare; questo è sicuramente da privilegiare se il target è costituito da studenti di scuola secondaria, mentre nel caso di un curriculum di tipo universitario si potrebbe anche prevedere il percorso inverso. Un altro approccio potrebbe partire da problemi reali (aspetti socio-economico-ambientali: energia chimica e risorse energetiche; risorse materiali per l'uomo; chimica e ambiente; chimica e salute), utilizzando la metodologia del Problem Solving

04. Didattica chimica e didattica scientifica

Parleremo di "didattica della chimica" solo come esempio di una didattica scientifica.

Ovviamente ogni disciplina (e perciò ogni didattica) ha le sue caratteristiche peculiari, usa una propria microlingua e una sua logica.

Ma poiché la logica scientifica possiede a sua volta caratteri comuni a tutte le discipline del nostro settore, e poiché comunque gli esempi che seguono dovranno essere adattati e aggiornati dal singolo insegnante, pensiamo che sia sufficiente proporre una metodologia di approccio al problema anziché parlare delle varie didattiche

05. la didattica chimica e... la storia della chimica

La chimica, scienza viva e attuale, è relativamente giovane: possiamo conoscerne storia e fondamenti, data la relativa disponibilità e reperibilità di documenti originali. Da questi è possibile ricostruire lo sviluppo logico che ha portato alle scoperte, alla costruzione di modelli e teorie che costituiscono le basi del nostro "pensare" chimico e, in generale, del nostro **abito mentale scientifico**; far acquisire questo abito mentale ai giovani deve essere lo scopo principale dell'insegnamento.

Si dice che la storia è scritta dai vincitori: anche la storia della chimica (come quella di altre scienze) è conosciuta per lo più attraverso le teorie affermate: poco invece si sa degli errori, delle teorie errate, delle delusioni che hanno segnato la via tortuosa che ha portato alle conoscenze: tuttora, nelle riviste scientifiche, i lavori che compaiono sono sempre "positivi", cioè confermano le ipotesi.

Ma è soprattutto il **pensiero "divergente"**, "**creativo**" che ha segnato e segna progressi sostanziali nella nostra scienza; molto spesso infatti le grandi scoperte sono originate da errori, da deviazioni. La ricerca che tende ad approfondire teorie già accettate porta sicuramente ad un incremento di conoscenze, ma rappresenta una accumulazione di dati che serve fondamentalmente per confermare la teoria, non per "falsificarla" come dice Popper.

E' pur vero che, anche in questo lavoro, può succedere che l'esperimento progettato mostri carenze nel modello che sta alla base della teoria; ma bisogna, come prima condizione, accorgersene, e poi avere il coraggio e la costanza di seguire la via che si è aperta. Questo implica però affrontare un lungo percorso ricco di insidie ed ostacoli, non ultimo quello di convincere la comunità scientifica della validità e riproducibilità dell'esperimento e della conseguente necessità di rivedere il modello.

Un chiaro esempio storico di questa difficoltà (ma ce ne sono moltissimi) è quello della confutazione, da parte di Antoine Laurent Lavoisier, della allora affermatissima teoria del "flogisto" (dal greco phlogistos, "infiammabile").

Secondo questa teoria, formulata nel XVII secolo dai chimici tedeschi J.Becher e G.Stahl per spiegare il fenomeno della combustione, ogni sostanza capace di bruciare è composta da una specie di "spirito" estremamente leggero, detto appunto flogisto, e il processo di combustione rappresenta essenzialmente la perdita di questo costituente. Siccome era noto che sostanze come il mercurio aumentavano di peso durante la combustione, al flogisto venne attribuito peso negativo; ossia, la perdita di flogisto determinava un aumento del peso della sostanza. Si pensava che i combustibili come il carbone e lo zolfo fossero composti esclusivamente da flogisto. Il ruolo dell'ossigeno nelle reazioni di combustione venne messo in evidenza dal chimico britannico J.Priestley il quale, non compresa la vera natura dell'elemento, gli attribuì il nome di aria "deflogisticata".

(da Enciclopedia Microsoft Encarta)



Lavoisier e la moglie in un famoso quadro di Jacques-Louis David, ora al Metropolitan Museum of Art di New York.

Le affermazioni di **Lavoisier** erano assolutamente "divergenti" rispetto al modo di pensare della comunità scientifica, che aveva universalmente accettato la teoria del flogisto. **Ma**, benché essa abbia mantenuto ancora per molti anni diversi fautori (Stahl, che pure fu uno dei più grandi chimici dell'epoca, non volle mai ammettere che la sua teoria fosse errata, nonostante le evidenze sperimentali portate da Lavoisier e poi da altri) il dibattito scientifico su questo argomento portò un impulso enorme alla chimica moderna.

A questo proposito occorre tenere presente però che sono molti i fattori che influiscono sullo sviluppo di una scienza, non ultimo lo sciovinismo nazionalistico o scientifico: per esempio la Germania ha resistito tenacemente alla dottrina moderna di Lavoisier, appoggiando quella di Stahl, soltanto perché la Germania era contraria alle idee della Francia rivoluzionaria. D'altro lato la Francia, alla fine del XIX secolo, era in notevole ritardo rispetto ad altre nazioni perché rifiutava la teoria atomica, considerata "non sperimentale".

Ancora, Avogadro non riuscì a convincere i chimici europei della validità del suo asserto, anche perché... era laureato in giurisprudenza (solo più tardi si appassionò alla matematica e alla fisica) e per di più palermitano, cioè fuori dalle grandi scuole scientifiche di allora (tedesca, inglese, francese, russa e svedese).

Di esempi di questo genere la storia della chimica è ricchissima.

La storia della chimica insegna che lo **spirito critico** e l'**umiltà del dubbio** debbono essere patrimonio del ricercatore. Lo dovrebbero essere anche del docente: i modelli affermati di insegnamento sono veramente corretti e i migliori possibili?

Chi ha il compito di formare i giovani nel settore scientifico dovrebbe cercare di coltivare la sua disciplina anche nel settore storico: ciò è possibile attraverso una ricca bibliografia di testi e di Atti di Convegni (in particolare quelli organizzati dal Gruppo Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, collegato strettamente alla famosa Accademia delle Scienze detta dei XL, nata nel secolo scorso); tanto meglio se è possibile reperire materiali e documenti originali negli Archivi.

Se si riuscirà a trasmettere questo modo critico di "vedere" la scienza, accantonando il **positivismo** ed il **dogmatismo** abituale, che pure danno sicurezza, modificando la convinzione imperante che solo la scienza "storica" abbia potuto sbagliare (atteggiamento tuttora presente, come dimostra la polemica sulla "fusione fredda"), si sarà compiuto un primo, importante passo nella creazione di una società più cosciente dei problemi e dei metodi più corretti per affrontarli

06. la didattica chimica e... qualche cenno storico-epistemologico

(da *Storia della chimica in Italia* di A. Di Meo, 1989)

La chimica è un sapere che ha prodotto, oltre alle teorie, anche uno straordinario "**saper fare**"; è stata sempre legata alle istituzioni, alla tecnologia, ai bisogni materiali, alla produzione di beni (ed anche di armi); è stata in grado di creare un nuovo mondo materiale, sia rivelando sostanze naturali che producendone, ancor più, di nuove: è dunque la **scienza costruttiva per eccellenza**

Marcelin-Pierre-Eugène Berthelot (Parigi, 1827-1907) in *La synthèse chimique* (1876) dice:

"**La chimica crea il suo oggetto** e questa facoltà creatrice, simile a quella dell'arte stessa, la distingue essenzialmente dalle scienze naturali e storiche...possiede questa facoltà creatrice in grado ancora più eminente delle altre scienze, poiché penetra più profondamente ed è in grado di raggiungere gli elementi naturali degli esseri. Non solamente essa crea dei fenomeni, ma ha la potenza di rifare ciò che ha distrutto".

E ancora **Hélène Metzger** (in *La méthode philosophique*):

"i corpi puri posti nei flaconi non sono stati offerti graziosamente dalla natura; potremmo dire senza esagerare, che sono creati dalla teoria; ovvero, senza l'aiuto della teoria che ha orientato le ricerche del chimico, mai la scienza li avrebbe ottenuti e studiati".

Il forte legame con le arti e con l'industria l'ha fatta considerare come una sofisticata tecnica di trasformazione e produzione di sostanze; così, un carattere fortemente distintivo e positivo si è spesso trasformato paradossalmente in una specie di condanna culturale all'isolamento dal campo del pensiero teorico più significativo. La vastità dei suoi oggetti, poi, ha portato ad un atteggiamento di giudizio riduttivo (e riduzionista) sulle sue origini, sulle sue funzioni, sul suo pensiero, che è invece molto specifico e che ha portato contributi sostanziali alla conoscenza scientifica.

Per molto tempo (ed in molti ambienti culturali anche adesso), la chimica è stata considerata solo una parte della fisica o delle scienze naturali o, addirittura, inizialmente, della medicina. Certamente ci sono state profonde interazioni fra le varie scienze e la chimica; certamente gli scienziati che hanno contribuito alla sua costituzione provenivano da aree culturali diverse (in particolare fisica e medicina), ma **la chimica ha acquisito un "suo" statuto ed un "suo" pensiero assolutamente indipendenti ed autonomi** ed ha, a sua volta, portato contributi essenziali allo sviluppo anche delle discipline che l'hanno originata: basti ricordare la teoria atomistico-molecolare nella fisica e la biochimica nel campo medico.

E' ovvio perciò che **l'atteggiamento riduzionista** nei riguardi della chimica è un puro fatto di sciovinismo scientifico che va eliminato

07. la didattica chimica e... i mass-media



Per chiunque abbia un minimo di conoscenze chimiche, la lettura di quotidiani o rotocalchi e l'ascolto di trasmissioni radio o televisive (se si escludono alcuni seri programmi specifici di divulgazione scientifica), sono una fonte di stupore per l'ignoranza, nel nostro settore disciplinare, di chi dovrebbe comunicare notizie corrette all'utente.

Gli esempi sono tantissimi: un esempio classico è la traduzione dei comunicati ANSA in cui compaia il termine "nitrogen", azoto, tradotto quasi sempre come "nitrogeno", che dà l'impressione di un qualcosa di strano, di pericoloso perché "chimico", dimenticando quanto "nitrogeno" sia presente anche nell'atmosfera più pura che respiriamo sempre; qualche anno fa comparve un articolo che comunicava la morte di un operaio "avvelenato dal nitrogeno" in un tino.

Un altro esempio attuale: pur senza nulla togliere alla pericolosità dell'amianto, (che è, come è noto, un minerale silicatico) l'enorme campagna creata sui treni costruiti usandolo come materiale coibente, ha visto un proliferare di articoli a più colonne e di comunicati drammatici; uno di questi (Telegiornale delle 22.30 del 19/2/95, RAI3), parlava di "treni 'impregnati' di questo 'metallo'".

Un'altra "perla": (*Il Giorno* del 8/2/95, pag.10, su tre colonne) "Acqua distillata-killer a Mantova ammazza e poi disintegra i pesci": si riporta la notizia di un tale che acquista acqua demineralizzata per il suo acquario di pesci esotici; inizia a cambiare l'acqua dell'acquario; dopo l'aggiunta di soli quattro litri "nel giro di due secondi i pesciolini variopinti sono diventati prima pazzi, poi stecchiti e nel volgere di qualche minuto si sono addirittura semi-disintegrati". Conseguente analisi dell'acqua acquistata con il seguente risultato: "è bastato poco per ricostruire l'accaduto: nel liquido apparentemente innoquo (sic!) era diluita una concentrazione di 5 microgrammi per litro di sodio nitrato, che mescolato all'acqua assume il nome senza dubbio più comune di soda caustica". No comment: si potrebbe costruire una serie di lezioni di chimica di base sulle corbellerie riportate!

La lettura critica, da parte degli studenti, di articoli a contenuto chimico è molto stimolante ed "istruttiva", spesso più di una lezione. L'argomento è di tale attualità e diffusione che, nella rivista *La Chimica e l'Industria*, organo della Società Chimica Italiana, da diversi anni è presente una rubrica aperta ai contributi dei lettori, "Errare humanum est...", in cui vengono riportati alcuni di questi esempi: e sono generalmente 5-6 ogni mese!

I giornalisti denotano evidentemente grosse carenze culturali nel campo chimico, oltre alla presunzione di non averle (basterebbe una telefonata ad un chimico qualsiasi per eliminare le figuracce!). Ma questo è un indicatore significativo della situazione del cittadino medio "non chimico".

Anche noi che studiamo o insegniamo chimica abbiamo le nostre responsabilità; tendiamo a chiuderci nella nostra comunità scientifica, a parlare nella nostra "microlingua", senza comunicare con altri membri della società in cui viviamo: ciò contribuisce anche a mantenere viva l'opinione corrente (soprattutto a partire dal '68) sulla chimica, vista come danno, pericolo, inquinamento, senza considerare gli enormi contributi benefici che essa ha donato alla nostra vita attuale.

