

Comprendere la chimica attraverso l'approccio storico-epistemologico

Eleonora Aquilini



Abano Terme, 10-13 novembre 2024

“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 importanti 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 trovare il modo di costruire una didattica delle scienze a misura di adolescenti”.

C. Bernardini

George Katona, uno dei grandi psicologi della Gestalt, in *Memoria e organizzazione* del 1939 (Firenze, Giunti, 1972, p. 251) concludeva:

“Come potremo dunque caratterizzare lo scopo fondamentale dell’educazione, escluso che essa consista nell’acquisizione di informazione specializzata? ***Gli allievi dovrebbero imparare ad imparare.*** Questo è ciò che di meglio potrebbe fare la scuola per essi. Non dovrebbero imparare soltanto a tenere a mente: dovrebbero ***imparare ad apprendere per comprensione***”.

Qual è la finalità primaria dell'educazione scientifica nella scuola pre-universitaria?

L'educazione scientifica dovrebbe modificare gli schemi concettuali di senso comune per avvicinarsi a quelli scientifici.

Questo comporta una costruzione dell'insegnamento scientifico che abbia un valore culturale.

Occorre raggiungere (costruire) una visione della Scienza come una delle forme di conoscenza elaborate dalla specie umana nel corso della sua storia, caratterizzata da finalità e metodi specifici di descrizione, di rappresentazione e di interpretazione della realtà.

“Per capire il significato culturale delle scoperte scientifiche bisogna vederle nel loro prodursi, nel loro attuarsi: nella loro storia” (L. Geymonat)

Il *valore culturale* della chimica deve essere acquisito, **deve passare attraverso l'insegnamento**. Non sta nelle conversazioni di tutti i giorni, nel senso comune. Non lo si avverte, se non occasionalmente, come una voce della nostra società.

La chimica percepita usualmente è tecnica (negativa), non ha le caratteristiche umane in cui ognuno di noi si può rispecchiare e ritrovare.

In assenza di una razionale conoscenza della genesi, dello sviluppo di leggi e di teorie, degli aspetti ipotetici delle forme di sapere trasmesse, l'apprendimento resta affidato all'intuito, all'autoevidenza e si riduce a sterile memorizzazione.

Non ci si deve concentrare solo sui risultati dell'attività scientifica, ma è fondamentale fare luce sui processi.

“Partirò da alcune affermazioni ovvie. Una narrazione comporta una sequenza di eventi, ed è dalla sequenza che dipende il significato.

La narrazione è giustificata quando narra qualcosa di inatteso, di imprevisto, di apparentemente assurdo o contraddittorio.

L’obiettivo della narrazione è di chiarire i dubbi, di spiegare lo “squilibrio” che ha portato all’esigenza di narrare la storia”.

J.Bruner, La cultura dell’educazione, Feltrinelli, Milano 1997

Perché i **processi** siano esplicitativi del modo di attuarsi della scienza che è fatta anche di tentativi e errori, giustificati dal contesto, occorre fare scelte “drastiche” riguardo ai contenuti da trattare.

È un'illusione pensare che i concetti fondamentali della chimica possano essere riscoperti dagli alunni con attività solo sperimentali.

I cinque ambiti fondamentali delle conoscenze chimiche

- **fenomeni chimici (concetti operativi)**
- **concetti, leggi e teorie macroscopiche (chimica classica Lavoisieriana)**
 - **modelli e teorie microscopiche (atomismo chimico ottocentesco)**
- **modelli e teorie microscopiche della chimica del Novecento**
- **linguaggio chimico (trasversale ai quattro ambiti)**

Pensiamo che il problema dell'insegnamento scientifico sia **conoscere i fenomeni**, farsene una **rappresentazione mentale**, descriverli ed interpretarli usando parole.

Parole semplici e appropriate. Parole che esprimono concetti.

Nel **primo ciclo** e nella prima classe della secondaria di secondo grado occorre un'impostazione metodologica che conduca a **definizioni operative...**

I fenomeni studiati tramite gli esperimenti, per diventare acquisizioni concettuali significative devono essere interpretati in ***modo scientifico***.....ossia non legato **solo alla percezione individuale ma al significato condiviso.**

Metodologia delle 5 fasi

- Esperienza
- Verbalizzazione scritta individuale
- Discussione collettiva
- Produzione scritta dopo la discussione
- Definizione condivisa

Con questa modalità possiamo imparare, attraverso percorsi che riguardano, per esempio, i passaggi di stato, le soluzioni, acidi, basi e sali, parole (concetti) importanti per la chimica: fusione, evaporazione, ebollizione, solubilità, precipitazione, trasformazione...

Impariamo in modo significativo queste parole perché le definizioni operative sono state costruite in “*contatto con le cose*” (Dewey)

Nel **secondo ciclo**, quando la disciplina interviene con i suoi principi, le sue teorie, non si può lavorare solo nel modo esposto, ossia solo attraverso definizioni operative.

I quadri teorici e sperimentali devono essere ricostruiti, le esperienze che hanno portato a modificazioni di paradigma devono essere fatte rivivere in modo sensato e le parole contenere questi significati.

Classificare e conoscere: i combustibili, i metalli, gli acidi, le basi, i sali; le cinque classi di sostanze che sono basilari nell'organizzazione sistematica della chimica e che hanno svolto un ruolo fondamentale nella storia dell'uomo.

Il concetto di sostanza (distinzione fra materiale e sostanza). Il concetto di reazione chimica (la non conservazione della sostanza).

Gerarchia composizionale

Sali

Calci metalliche

Acidi

Metalli

Combustibili

I concetti, le leggi, le teorie macroscopiche della chimica classica

-Il concetto di gas.

-I concetti quantitativi e la matematizzazione della chimica:

Le ipotesi e la rivoluzione chimica di Antoine L. Lavoisier.

Il concetto di elemento.

La nomenclatura

La composizione elementare delle sostanze.

Gerarchia composizionale di Lavoisier

Sali

Calci metalliche

Acidi

Metalli

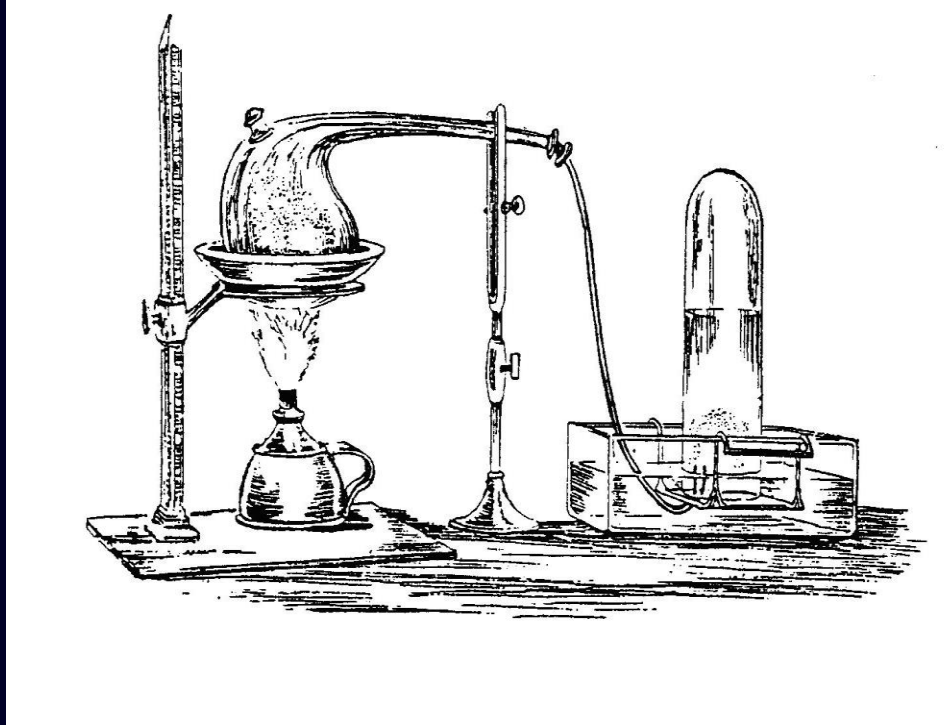
ossigeno

Combustibili

L'importanza degli strumenti

Sono gli strumenti che permettono di **conferire realtà** alle più ingegnose congetture scientifiche e, nello stesso tempo, sono le teorie e le ipotesi che spesso ne guidano l'invenzione ed il perfezionamento, facendo emergere **il ruolo cognitivo** che compete alla strumentazione scientifica, cioè quello di **dispositivi indispensabili** per la costruzione e la comprensione dei **concetti** scientifici.

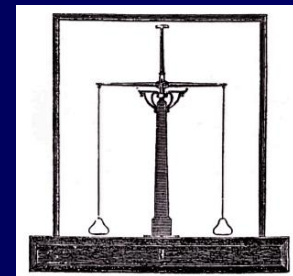
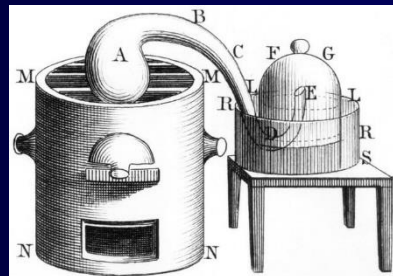
Bagno pneumatico



-L'aria è fatta di "arie": la chimica pneumatica

Antoine Lavoisier

È con Lavoisier che le nuove arie e i fenomeni ad esse collegati vennero finalmente inquadrati in un solido e convincente sistema teorico, come mai si era visto prima. Nelle mani di Lavoisier **la bilancia e il bagno pneumatico** divennero gli strumenti fondamentali per attuare quella rivoluzione di pensiero e di metodo che trasformò la chimica in una “*scienza esatta*”. Anche per la chimica, come era già avvenuto nel secolo precedente per la fisica, il superamento della fase prescientifica si realizzò con l’individuazione di concetti quantitativi.



Bagno pneumatico e bilancia utilizzati da A. Lavoisier (1789)

Peso e precisione acquistano valore anche per gli alunni quando si comprende che con Lavoisier diventano gli strumenti imprescindibili di una teoria rivoluzionaria che ha rotto col passato (teoria del flogisto, teoria delle particelle ignee) e che ha aperto al futuro (il ruolo dell'aria nella calcinazione e nella combustione)

La bilancia così viene ad avere un'anima...

“La precisione per gli antichi Egizi era simboleggiata da una piuma che serviva da peso sul piatto della bilancia dove si pesano le anime. Quella piuma leggera aveva nome Maat, dea della bilancia. Il geroglifico di Maat indicava anche l’unità di lunghezza, i 33 centimetri del mattone unitario, e anche il tono fondamentale del flauto.”

Calvino, Lezioni Americane, (L’Esattezza), 1998

Con *Lavoisier* l'aria ha preso
sostanza, ha acquistato
un'anima che può essere
pesata in modo preciso.

Questo peso ha donato alla
chimica la sua misura.

Il passaggio dall'analisi qualitativa all'analisi quantitativa: continuità e discontinuità in chimica.

La composizione elementare delle sostanze e il suo significato. La posizione di Lavoisier.

La composizione degli ossidi di ferro e di rame: l'ipotesi di Proust.

La composizione come carattere distintivo delle sostanze: la legge delle proporzioni definite o legge di Proust

La concezione atomistica della materia
attraverso i contributi di Dalton, Gay-
Lussac, Avogadro, Berzelius.

Il concetto di peso atomico
Il concetto di atomo e molecola:
Cannizzaro.

RELAZIONE 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 feconda.

L'atomo chimico viene infatti “modellato” sulla base della chimica lavoisieriana, in quanto la nuova concezione di elemento, la legge di conservazione del peso, la legge delle proporzioni definite di Proust costituirono le premesse necessarie per la nascita della teoria atomica.

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.

Si attua quindi una stretta correlazione fra dati osservativi ed elementi della teoria, che viene valutata esaminando le proprietà esplicative del modello e la sua capacità predittiva

Modello che, per la sua stessa natura, viene modificato grazie ai contributi decisivi di Gay-Lussac, Avogadro, Cannizzaro

E' questo modo di procedere che permette 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 nel tempo adottato

Dal peso atomico alla valenza, dagli atomi agli ioni: gli sviluppi della teoria atomica.

Si mettono in ordine gli elementi: la tavola periodica di Mendeleev

Evoluzione della Tavola periodica

1718

56 Fe 1300 BCE	19 Cu Ancient	6 C Ancient	15 P 1660	16 S Ancient
47 Ag 3000 BCE	50 Sn 2100 BCE	51 Sb 1100 BCE	33 As 1250	
79 Au 3000 BCE	80 Hg 1500	82 Pb Ancient	83 Bi 1500	

1869

1 H 1766	2 He 1869	3 Li 1817	4 Be 1797	5 B 1808	6 C Ancient	7 N 1772	8 O 1774	9 F 1866																										
11 Na 1807	12 Mg 1775	13 Al 1825	14 Si 1824	15 P 1669	16 S Ancient	17 Cl 1774	18 Ar 1869	19 K 1807	20 Ca 1791	21 Sc 1801	22 Ti 1798	23 V 1774	24 Cr 1798	25 Mn 1774	26 Fe 3000 BCE	27 Co 1751	28 Ni Ancient	29 Cu 1746	30 Zn 1751	31 Ga 1825	32 Ge 1824	33 As 1669	34 Se Ancient	35 Br 1774										
37 Rb 1807	38 Sr 1808	39 Y 1794	40 Zr 1789	41 Nb 1801	42 Mo 1781	43 Ru 1844	44 Rh 1803	45 Pd 1803	46 Ag 3000 BCE	47 Cd 1817	48 In 1863	49 Sn 2100 BCE	50 Sb 1600 BCE	51 Te 1800 BCE	52 I 1826	53 Xe 1898	54 Kr 1894	55 Cs 1860	56 Ba 1808	57 La 1839	58 Ce 1803	59 Pr 1839	60 Nd 1839	61 Pm 1839	62 Sm 1839	63 Eu 1839	64 Gd 1839	65 Tb 1839	66 Dy 1839	67 Ho 1839	68 Er 1839	69 Tm 1839	70 Yb 1839	71 Lu 1839
87 Fr 1841	88 Ra 1841	89 Ac 1841	90 Th 1828	91 Pa 1841	92 U 1789	93 Np 1841	94 Pu 1841	95 Am 1841	96 Cm 1841	97 Bk 1841	98 Cf 1841	99 Es 1841	100 Fm 1841	101 Md 1841	102 No 1841	103 Lr 1841																		

2018

Completion: 100%

1 H 1766	2 He 1869	3 Li 1817	4 Be 1797	5 B 1808	6 C Ancient	7 N 1772	8 O 1774	9 F 1866	10 Ne 1898																									
11 Na 1807	12 Mg 1775	13 Al 1825	14 Si 1824	15 P 1669	16 S Ancient	17 Cl 1774	18 Ar 1869	19 K 1807	20 Ca 1791	21 Sc 1801	22 Ti 1798	23 V 1774	24 Cr 1798	25 Mn 1774	26 Fe 3000 BCE	27 Co 1751	28 Ni Ancient	29 Cu 1746	30 Zn 1751	31 Ga 1825	32 Ge 1824	33 As 1669	34 Se Ancient	35 Br 1774	36 Kr 1894									
37 Rb 1807	38 Sr 1808	39 Y 1794	40 Zr 1789	41 Nb 1801	42 Mo 1781	43 Ru 1844	44 Rh 1803	45 Pd 1803	46 Ag 3000 BCE	47 Cd 1817	48 In 1863	49 Sn 2100 BCE	50 Sb 1600 BCE	51 Te 1800 BCE	52 I 1826	53 Xe 1898	54 Kr 1894	55 Cs 1860	56 Ba 1808	57 La 1839	58 Ce 1803	59 Pr 1839	60 Nd 1839	61 Pm 1839	62 Sm 1839	63 Eu 1839	64 Gd 1839	65 Tb 1839	66 Dy 1839	67 Ho 1839	68 Er 1839	69 Tm 1839	70 Yb 1839	71 Lu 1839
87 Fr 1841	88 Ra 1841	89 Ac 1841	90 Th 1828	91 Pa 1841	92 U 1789	93 Np 1841	94 Pu 1841	95 Am 1841	96 Cm 1841	97 Bk 1841	98 Cf 1841	99 Es 1841	100 Fm 1841	101 Md 1841	102 No 1841	103 Lr 1841																		

Post-transition metals Metalloids Other non-metals Transition metals

Alkali metals Alkaline earth metals Lanthanides Actinides Transition metals
Post-transition metals Metalloids Other non-metals Halogens

Alkali metals Alkaline earth metals Lanthanides Actinides Transition metals
Post-transition metals Metalloids Other non-metals Halogens Noble gases

Ricostruendo i quadri teorici propri della Chimica classica nello studio della chimica a scuola, si muovono i primi passi verso quell'approccio sistemico della realtà che caratterizza la scienza moderna e la chimica in particolare.

In particolare è nella costruzione dei concetti di elemento/composto e atomo/molecola che la chimica abbandona il paradigma della semplicità per avventurarsi in quello della complessità sistemica.

Bibliografia

- I. Calvino, *Lezioni Americane*, Garzanti, Milano, 1998
- Gillespie C., *Il criterio dell'oggettività*, il Mulino, Bologna, 1981
- P. Rossi, *La nascita della scienza in Europa*, Laterza, Roma-Bari, 1997.
- A. Koyré, *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*, Einaudi, Torino, 1999.
- C. Fiorentini, E. Aquilini, D. Colombi, A. Testoni *Leggere il mondo oltre le apparenze*, Armando, Roma, 2007.
- Lavoisier *Détail historiques sur la cause de l'augmentation de poids qu'acquièrent les substances métalliques lorsqu'on les chauffe leur exposition à l'air*, tome II, Imprimerie Imperial, Paris, 1862.
- T.S. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1995.
- G. Villani, *Complesso e organizzato*, Franco Angeli, Milano, 2008.