

# Museo di Chimica: viaggio sulle onde della scienza

Invenzioni, storie, idee della chimica

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Genova  
Società Chimica Italiana – Sezione Liguria  
Associazione Didattica Museale



"Tradizione è custodire il fuoco, non adorare le ceneri" *G. Mahler*

"La memoria è custode di tutte le cose. Ma di fatto siamo noi i custodi della memoria"

*M.S.Malone, Storia della memoria, ed. Dedalo*



La "Scienza" non ha confini, né di tempo né di spazio. E' uno "svelarsi" dell'universo all'uomo, che sorprende ed affascina nel continuo manifestarsi tramite principi e leggi secondo percorsi imperscrutabili e, nella loro essenza, imprevedibili.

Un museo scientifico è un "registro" di questo progressivo "manifestarsi", di questo rincorrersi di onde del sapere che raggiungono, prima o poi, la riva dell'acquisizione consapevole da parte dell'uomo.



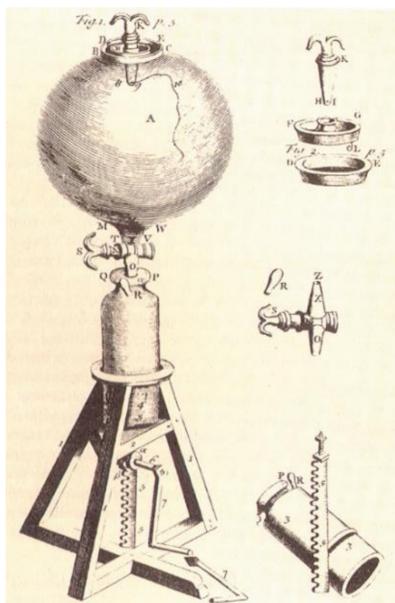
Muovendosi tra i banchi del **MUSEO di CHIMICA** si possono osservare gli apparecchi e gli strumenti ideati per studiare e trasformare la materia dal '700 alla metà del secolo scorso. Si possono seguire le tappe più significative del sapere chimico e l'imponente lavoro svolto dai chimici per comprendere la natura e le proprietà della materia.



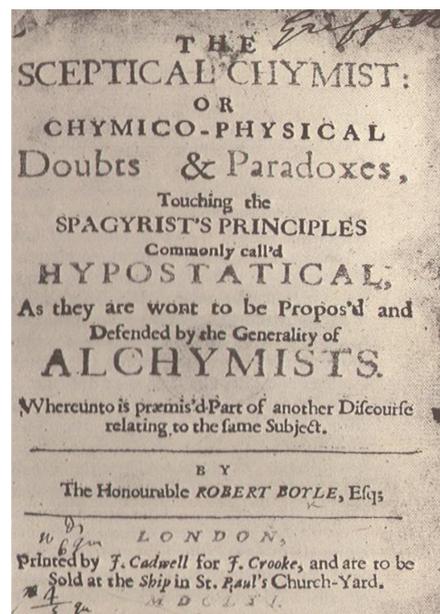
## UN'ONDA LUNGA 150 ANNI: arriva la Chimica Inorganica



**1644 Evangelista Torricelli** realizza il suo famoso esperimento  
*Tribuna di Galileo - museo della Specola a Firenze*



**1660 Hooke**  
*pompa pneumatica*

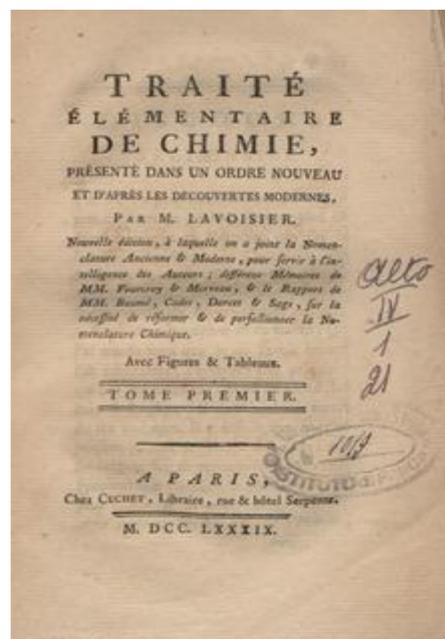


**1661 Boyle**  
*Il Chimico Scettico*

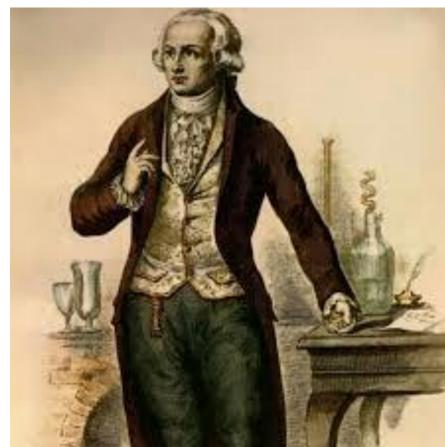
**1644** Evangelista Torricelli mostra che è possibile ottenere il vuoto e demolisce uno dei pilastri della teoria Aristotelica dominante. Finalmente si può pesare l'aria e dimostrare che essa è materia.

**1661** Boyle inizia un nuovo modo di fare chimica: contano soltanto i risultati ottenuti sperimentalmente in laboratorio. Per tutto il secolo successivo un numero sempre maggiore di chimici studia la materia aeriforme e perfeziona l'arte di estrarre i metalli dai minerali. Molti nuovi elementi vengono scoperti e le loro proprietà chimiche vengono descritte. Si avviano, inoltre, le prime applicazioni chimiche su scala industriale, come la produzione di alcali ed acidi e quella del gas per illuminazione.

Nella seconda metà del settecento Lavoisier dà il colpo finale alla teoria dei quattro elementi dimostrando che aria ed acqua sono una miscela e un composto di due elementi rispettivamente. Mostra l'importanza centrale della bilancia di precisione e del calorimetro per lo studio delle reazioni chimiche. Infine con il famoso *Traité* effettua la prima soddisfacente sintesi teorica dell'enorme lavoro fino ad allora prodotto dai chimici: definisce il concetto di **Elemento chimico** e propone una nomenclatura chimica razionale con un elenco di 35 elementi.



**1789** Lavoisier pubblica il  
*TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE*



**1766 Lavoisier**

*La bilancia è un fedele mezzo di prova che non inganna i chimici... La definizione del peso dei prodotti di partenza e di quello dei prodotti ottenuti dopo l'esperimento è il fondamento di tutto ciò che di sicuro e preciso può essere fatto in chimica.*



**1783-83** Lavoisier e Laplace  
*Calorimetro*

# Museo di Chimica: viaggio sulle onde della scienza



Invenzioni, storie, idee della chimica

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Genova  
Società Chimica Italiana – Sezione Liguria  
Associazione Didattica Museale



## Lo Stato dell'Arte all'inizio dell'800

All'inizio del 1800 i chimici sapevano **soltanto determinare il rapporto in peso degli elementi presenti in un dato composto.....**

**1803 Dalton** propone la teoria atomica:

- **gli elementi sono formati da atomi identici con peso proprio;**
- **gli atomi di elementi diversi possono quindi combinarsi solo in rapporti semplici.**

L'ossigeno, molto elettronegativo, può combinarsi con molti altri elementi meno elettronegativi; in particolare, reagisce con l'idrogeno per formare l'acqua e per questa reazione in tutti i laboratori i chimici constatarono che il rapporto in peso dei due elementi è:

**idrogeno : ossigeno = 1 : 8**

Poiché H è l'elemento più leggero sembrò ragionevole assumere il peso del suo atomo come unità dei pesi atomici e, quindi, attribuire all'ossigeno il peso atomico 8.

Tuttavia chi studiava le reazioni chimiche allo stato gassoso trovò che il meccanismo della formazione di acqua era:

**2 volumi di idrogeno + 1 volume di ossigeno = 2 volumi di acqua**

I due risultati risultavano contraddittori e, allo stato dell'arte, non permettevano di correlare i pesi atomici con le densità di gas e vapori.

**1811 Avogadro** indica l'approccio corretto per risolvere questo problema:

**"volumi eguali di gas alla stessa pressione e temperatura contengono lo stesso numero di molecole, che possono essere formate da uno o più atomi"**

Quindi, considerando idrogeno ed ossigeno presenti come molecole biatomiche la reazione corretta diventa:

**2 molecole di idrogeno + 1 molecola di ossigeno = 2 molecole di acqua**

indicando chiaramente che la molecola di acqua è formata da due atomi di idrogeno e uno di ossigeno.

Ciononostante i più autorevoli scienziati, ritenendo impossibile che atomi con identica elettronegatività potessero unirsi in forme stabili, ignorarono la proposta di Avogadro e, continuando a studiare sempre nuovi composti, proposero valori di pesi atomici che risultavano anche molto diversi da laboratorio a laboratorio. La confusione era totale, come ben evidenzia dalla sottostante tabella dei pesi atomici presentati nel 1860 a Karlsruhe.

A	B	C	D	E	F
Sauerstoff	O	8	100	8,01	100
Wasserstoff	H	1	12,5	0,50	6,2398
Kohlenstoff	C	6	75	6,13	76,44
Boron	B	10,5	131,25	10,91	136,20
Phosphor	P	31,4	392,5	15,72	196,14
Schwefel	S	16	200	16,12	201,17
Selen	Se	40	500	39,63	494,58
Iod	I	126	1575	63,28	789,75
Brom	Br	78,4	980	39,20	489,75
Chlor	Cl	35,4	442,5	17,74	221,33
Fluor	F	18,7	233,75	9,37	116,90
Stickstoff	N	14	175	7,09	88,52
Kalium	K	39,2	490	39,26	489,92
Natrium	Na	23,2	290	23,31	290,90
Lithium	L	6,4	80	6,44	80,33
Baryum	Ba	68,6	857,5	68,66	856,88
Strontium	Sr	44	550	43,85	547,29
Calcium	Ca	20,5	256,25	20,52	256,02
Magnium	Mg	12,7	158,75	12,69	158,35
Cerium	Ce	46	575	46,05	574,70
Yttrium	Y	32,2	402,5	32,25	402,51
Glycium	G	17,7	221,25	26,54	331,26
Alumium	Al	13,7	171,25	13,72	171,17

**1858** Finalmente **Stanislao Cannizzaro**, nel suo **Sunto di un Corso di Filosofia Chimica tenuto presso la Regia Università di Genova**, riprende il lavoro di Avogadro, definisce la moderna **teoria atomico-molecolare** e presenta una tabella contenente i corretti pesi atomici degli elementi.

**1860** A Karlsruhe, nel corso del primo Congresso Mondiale dei Chimici, emergono le profonde divisioni esistenti tra le diverse scuole, ma il **Sunto** di Cannizzaro polarizza l'attenzione degli scienziati (tra i quali Mendeleev) che, alla fine, riconoscono che i **pesi atomici in esso riportati sono gli unici coerenti con le proprietà fisiche dei diversi composti**.

Disponendo dei veri pesi atomici degli elementi, i chimici poterono riordinare ed interpretare l'enorme massa di informazioni ricavate in decenni di esperimenti, ed in pochi anni raggiunsero fondamentali risultati:

- **definire** le corrette formule dei diversi composti, dalla semplice H<sub>2</sub>O a quelli più complessi;
- **capire** come gli atomi dei diversi elementi possono legarsi tra di loro e **definire** la struttura molecolare dei composti organici;
- **comprendere** la periodicità delle proprietà degli elementi, splendidamente rappresentata dalla Tavola di Mendeleev del 1869, **e prevedere l'esistenza e le proprietà degli elementi chimici non ancora scoperti**.



John Dalton (1766-1844)



Amedeo Avogadro (1776-1856)



Stanislao Cannizzaro (1826-1910)

# Museo di Chimica: viaggio sulle onde della scienza



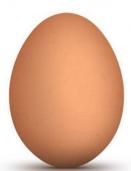
Invenzioni, storie, idee della chimica

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Genova  
Società Chimica Italiana – Sezione Liguria  
Associazione Didattica Museale



## L'onda dei Composti Organici: TUTTO E' (anche) CHIMICA

Oggi conosciamo in modo preciso e dettagliato la composizione dei prodotti di origine animale o vegetale e, quando acquistiamo prodotti alimentari, sulla confezione troviamo indicati i principali contenuti e le calorie che forniscono.



INGREDIENTS: AQUA (75.8%), AMINO ACIDS (12.6%) (GLUTAMIC ACID (14%), ASPARTIC ACID (11%), VALINE (9%), ARGININE (8%), LEUCINE (8%), LYSINE (7%), SERINE (7%), PHENYLALANINE (6%), ALANINE (5%), ISOLEUCINE (5%), PROLINE (4%), TYROSINE (3%), THREONINE (3%), GLYCINE (3%), HISTIDINE (2%), METHIONINE (3%), CYSTINE (2%), TRYPTOPHAN (1%), FATTY ACIDS (9.9%) (OCTADECANOIC ACID (45%), HEXADECANOIC ACID (32%), OCTADECANOIC ACID (12%), EICOSATETRAENOIC ACID (3%), EICOSANOIC ACID (2%), DOCOSANOIC ACID (1%), TETRACOSANOIC ACID (1%), OCTANOIC ACID (<1%), DECANOIC ACID (<1%), DODECANOIC ACID (<1%), TETRADECANOIC ACID (<1%), PENTADECANOIC ACID (<1%), HEPTADECANOIC ACID (<1%), TETRADECENOIC ACID (<1%), HEXADECENOIC ACID (<1%), EICOSENOIC ACID (<1%), DOCOSENOIC ACID (<1%), OMEGA-6 FATTY ACID: OCTADECADIENOIC ACID (12%), OMEGA-3 FATTY ACID: OCTADECATRIENOIC ACID (<1%), EICOSAPENTAENOIC ACID (EPA) (<1%), OMEGA-3 FATTY ACID: DOCOSAHEXAENOIC ACID (DHA) (<1%); SUGARS (0.8%) (GLUCOSE (30%), SUCROSE (15%), FRUCTOSE (15%), LACTOSE (1%), MALTOSIO (15%), GALACTOSIO (15%); COLOUR (E160a, E160b, E300, E101); FLAVOURS (PHENYLACETALDEHYDE, DODECA-2-ENAL, HEPTA-2-ENAL, HEXADECANAL, OCTADECANAL, PENTAN-2-ONE, BUTAN-2-ONE, ACETALDEHYDE, FORMALDEHYDE, ACETONE), SHELL (E170), ALSO CONTAINS BENZENE & BENZENE DERIVATIVES, ESTERS, FURANS, SULFUR-CONTAINING COMPOUNDS AND TERPENES.

INGREDIENTS: WATER (75%), SUGARS (12%) (GLUCOSE (48%), FRUCTOSE (40%), SUCROSE (2%), MALTOSIO (<1%), STARCH (5%), FIBRE E460 (3%), AMINO ACIDS (41%) (GLUTAMIC ACID (19%), ASPARTIC ACID (16%), HISTIDINE (11%), LEUCINE (7%), LYSINE (5%), PHENYLALANINE (4%), ARGININE (4%), VALINE (4%), ALANINE (4%), SERINE (4%), GLYCINE (3%), THREONINE (3%), ISOLEUCINE (3%), PROLINE (3%), TRYPTOPHAN (1%), CYSTINE (1%), TYROSINE (1%), METHIONINE (1%), FATTY ACIDS (1%) (PALMITIC ACID (30%), OMEGA-6 FATTY ACID: LINOLEIC ACID (14%), OMEGA-3 FATTY ACID: LINOLENIC ACID (8%), OLEIC ACID (7%), PALMITOLEIC ACID (3%), STEARIC ACID (2%), LAURIC ACID (1%), MYRISTIC ACID (1%), CAPRIC ACID (<1%), OLAIC ACID (<1%), PHYTOSTEROLS, E515, OXALIC ACID, E300, E308 (TOCOPHEROL), PHYLLQUINONE, THIAMIN, COLOURS (YELLOW-ORANGE E101 (RIBOFLAVIN), YELLOW-BROWN E102), FLAVOURS (3-METHYLBUTYL-1-YL ETHANOATE, 2-METHYLBUTYL ETHANOATE, 2-METHYLPROPAN-1-OL, 3-METHYLBUTYL-1-OL, 2-HYDROXY-3-METHYLETHYL BUTANOATE, 3-METHYLBUTANAL, ETHYL HEXANOATE, ETHYL BUTANOATE, PENTYL ACETATE), E150, NATURAL RIPENING AGENT (ETHENE GAS).

INGREDIENTS: AQUA (83.1%), SUGARS (9.0%) (FRUCTOSE (48%), GLUCOSE (46%), MALTOSIO (2%), GALACTOSIO (2%), SUCROSE (2%), FIBRE E460 (3.0%), ASH, AMINO ACIDS (1.1%) (GLUTAMIC ACID (17%), ASPARTIC ACID (12%), ARGININE (8%), LYSINE (8%), GLYCINE (8%), LEUCINE (6%), VALINE (5%), ISOLEUCINE (5%), ALANINE (5%), SERINE (3%), PHENYLALANINE (4%), PROLINE (4%), THREONINE (4%), HISTIDINE (3%), CYSTINE (3%), TYROSINE (3%), METHIONINE (3%), TRYPTOPHAN (1%), PRESERVATIVES (E238, E296) FATTY ACIDS (<1%) (OMEGA-6 FATTY ACID: OCTADECADIENOIC ACID (88%), OCTADECANOIC ACID (13%), OMEGA-3 FATTY ACID: OCTADECATRIENOIC ACID (12%), HEXADECANOIC ACID (4%), OCTADECANOIC ACID (3%), COLOURS (E160a, E161b, E161c, E140, E161d, E161e, E161g, E161h) E300, E307, FOLATE (CHOLEINE, BETAINE, PHYTOSTEROLS, FLAVOURS (2,5-DIMETHYL-4-HYDROXY-3-PHURANONE, 3-HYDROXY-BETA-DAMASCONE, 4-VINYLGUAJACOL, (Z)-3-HEXEN-1-OL, UNRIPE FLAVOUR: (E)-2-HEXENAL, RIPE FLAVOUR: ETHYL BUTANOATE, METHYL ETHANOATE, METHYL BUTANOATE, ETHYL BUTANOATE, METHYL HEXANOATE), E210.

INGREDIENTS: AQUA (84%), SUGARS (10%) (FRUCTOSE (48%), GLUCOSE (40%), SUCROSE (2%), FIBRE E460 (2.4%), AMINO ACIDS (<1%) (GLUTAMIC ACID (23%), ASPARTIC ACID (18%), LEUCINE (17%), ARGININE (8%), ALANINE (4%), VALINE (4%), GLYCINE (4%), PROLINE (4%), ISOLEUCINE (3%), SERINE (3%), THREONINE (3%), PHENYLALANINE (2%), LYSINE (2%), METHIONINE (2%), TYROSINE (1%), HISTIDINE (1%), CYSTINE (1%), TRYPTOPHAN (<1%), FATTY ACIDS (<1%) (OMEGA-6 FATTY ACID: LINOLEIC ACID (30%), OMEGA-3 FATTY ACID: LINOLENIC ACID (19%), OLEIC ACID (18%), PALMITIC ACID (6%), STEARIC ACID (2%), PALMITOLEIC ACID (<1%), ASH (<1%), PHYTOSTEROLS, OXALIC ACID, E300, E308 (TOCOPHEROL), THIAMIN, COLOURS (E163a, E163b, E163c, E163d, E160a) FLAVOURS (ETHYL ETHANOATE, 3-METHYL BUTYRALDEHYDE, 2-METHYL BUTYRALDEHYDE, PENTANAL, METHYLBUTYRATE, OCTENE, HEXANAL, DECANAL, 2-CARENE, LIMONENE, STYRENE, NONANE, ETHYL-3-METHYLBUTANOATE, NON-1-ENE, HEXAN-2-ONE, HYDROXYLINALOOL, LINALOOL, TERPINYL ACETATE, CARYOPHYLLENE, ALPHA-TERPINENOL, ALPHA-TERPINENE, 1,8-DI-OE-OLE, CITRAL, BENZALDEHYDE), METHYL-PARABEN, E150, E300, E440, E421 and FRESH AIR (E941, E948, E290).

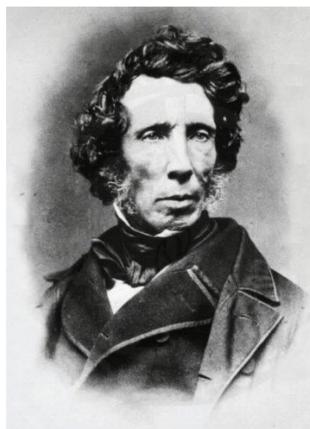
### Contenuti principali di alimenti

Tabella riassuntiva

100 g contengono:	Proteine (g)	Grasso (g)	Carboidr. (g)	Acqua (%)	(kJ)	(kcal)
Carne di pollo	20	12	tracce	68	836	199
Carne di vitello	20	9	tracce	70	701	167
Carne di maiale	16	34	tracce	49	1604	382
Salame	28	48	tracce	17	2352	560
Uova	14	11	0,6	74	680	162
Latte	3,4	3,4	4,7	88	273	65
Formaggio	30	30	-	40	1640	390
Burro	0,8	84,5	0,5	14	3322	791
Pane integ.	7,8	1,1	46	42	970	231
Pane bianco	8,1	0,6	57	33	1147	173
Pasta	14	2,4	69	13	1520	362
Riso	8	0,5	77	15	1487	354
Farina	11,8	1,5	71	15	1487	354
Mele	0,4	-	14	84	248	59
Banane	1	-	23	74	412	98
Noccioline	27,5	44,5	15,6	7	2478	590
Patate	2,1	0,1	21	75	403	96
Cavolfiore	2,5	-	4	91	113	27
Carote	1	-	9	88	172	41
Funghi	5	-	5	87	181	43
Fagioli	26	2	47	14	1336	318
Lenticchie	26	2	53	12	1440	343
Cioccolato	7	22	65	2	2100	500
Mandorle	21	53	14	6	2671	636
Birra	0,5	-	4,8	90	189	45
Vino	-	-	-	90	273	65
Grappa	-	-	-	70	925	220

All'inizio del '800 dominava la *teoria vitalistica* e la maggioranza dei chimici pensava che i metodi della chimica inorganica, già ben definita da Lavoisier, non potessero essere applicati allo studio della chimica del mondo vivente, ossia allo studio della *chimica organica* (termine coniato da Berzelius nel 1807).

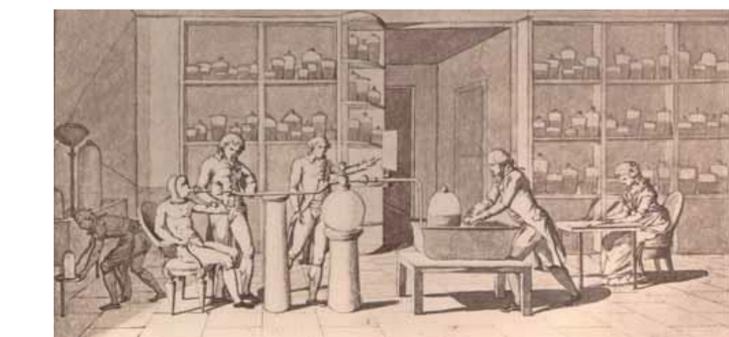
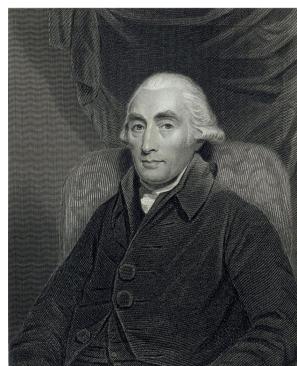
**Nel 1828, Wöhler ottiene l'urea riscaldando un sale inorganico, dimostrando l'infondatezza della teoria della vis vitalis ed unificando in pratica, sotto l'ombrello di leggi comuni, la chimica inorganica e la chimica organica.**



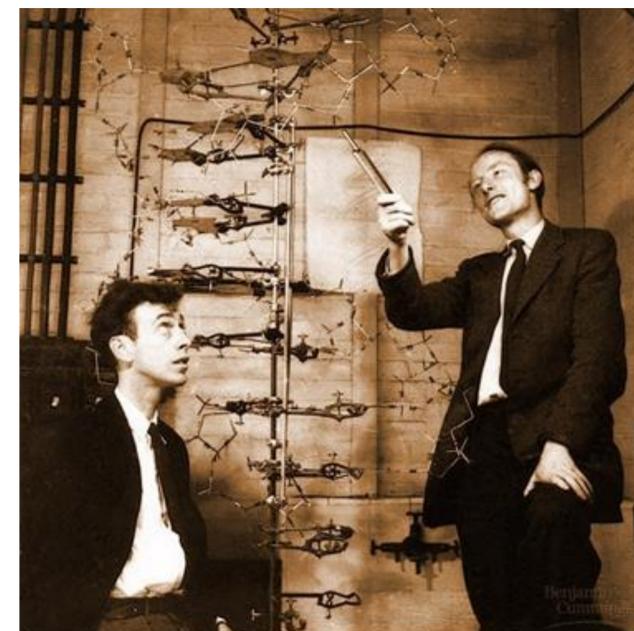
Friedrich Wöhler (1800-1882)



In effetti, **Black** già intorno alla metà del '700 aveva dimostrato che il gas sviluppato dai carbonati per riscaldamento è identico a quello che si sviluppa nei processi ben noti della combustione della legna, della respirazione animale e della fermentazione alcolica o da alcune particolari acque minerali naturali. Questo risultato avrebbe dovuto già rivoluzionare la concezione del mondo materiale dell'epoca: una stessa sostanza poteva essere ottenuta da corpi appartenenti indifferentemente al regno animale, vegetale o a quello minerale.



Joseph Black (1728-1799)



Il merito della scoperta della struttura del DNA, attribuito con il Nobel per la Medicina del 1962 a **James Watson, Francis Crick e Maurice Wilkins**, **deve essere condiviso con Rosalind Franklin**. La Franklin, non insignita del Nobel perché deceduta nel 1958, ebbe un ruolo fondamentale nella scoperta, in quanto produsse, all'Imperial College di Londra, i dati di cristallografia che portarono alla definizione della struttura.

Le leggi della chimica possono spiegare, quindi, il comportamento delle sostanze di origine animale e vegetale. Tuttavia, all'inizio del **1800** i chimici erano in grado di determinare soltanto la composizione elementare di una sostanza. Per determinare la struttura molecolare dei composti organici furono necessari più di cinquanta anni di prove ed errori .... e altri cento anni dovettero passare per risalire alla struttura del DNA.

## CHEVREUL e la Chimica : Analisi Organica, Grassi, Colore



**Nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma (Lavoisier)**

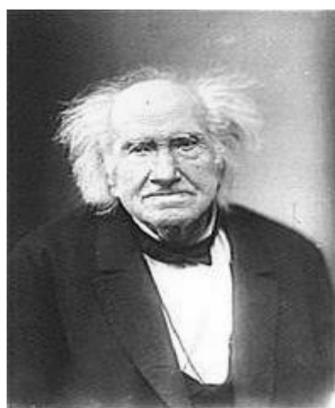
**l'uovo, un laboratorio chimico naturale:**  
*giusta temperatura per 21 giorni.....*

**.....stessi atomi, stessi elementi ma....  
molecole e forme diverse**



*All'inizio del 1800 i chimici erano in grado di determinare soltanto la composizione elementare di una sostanza.*

Lo studio dei composti organici, generalmente presenti in complessi miscugli di varie sostanze, appariva, d'altra parte, quasi impossibile, per le difficoltà legate alla loro separazione e purificazione. Questi problemi furono affrontati nei primi anni del secolo da **Michel Eugene Chevreul**, un giovane allievo di Vauquelin (chimico e farmacista francese, 1763-1829), che in poco più di un decennio trovò le giuste soluzioni e gettò le solide basi dell'**analisi chimica organica**.



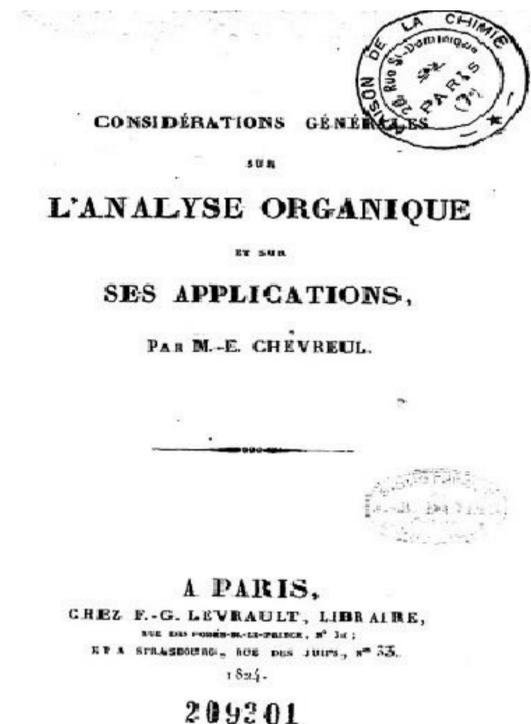
*Michel Eugene Chevreul*  
(1786-1889)

### *Chevreul e l'Analisi Organica*

**Chevreul**, partendo dalla distinzione tra composto e miscela fatta da Proust ed ignorando completamente le teorie vitalistiche dominanti, applica i principi della chimica Lavoisieriana allo studio dei composti di origine animale o vegetale e definisce il concetto di **Specie Chimica: composto puro con composizione elementare e proprietà chimiche e fisiche uniche**.

**1818** In una comunicazione scientifica Chevreul, aderendo alle nuove ipotesi atomiche di Dalton, indica chiaramente che una specie chimica non può essere definita solamente dalla conoscenza degli elementi che la compongono e delle loro proporzioni e che le ricerche dovranno essere rivolte a comprendere sia come gli elementi si legano l'un l'altro sia la loro disposizione spaziale. Queste conoscenze dovrebbero, infatti, spiegare perché specie chimiche aventi la stessa composizione chimica presentano proprietà fisiche anche molto diverse

**1824** Al coronamento dell'imponente trattato *Recherches chimiques sur les corps gras de origine animale*, pubblicato nell'anno precedente, Chevreul pubblica il testo base dell'analisi chimica organica *Les considerations sur l'Analyse Organique et ses Applications* dove esamina le differenze tra i composti inorganici e quelli organici e indica i metodi sperimentali fondamentali per studiare questi ultimi.



### *Chevreul e i Grassi*

**1809** Chevreul fu particolarmente incuriosito dalla presenza di un piccolo cristallo all'interno di un sapone che gli era stato segnalato per le sue eccellenti proprietà. La formazione di cristalli, comune nei composti inorganici, rappresentava però un fenomeno del tutto nuovo per un composto organico e, quindi, di notevole interesse scientifico. Ciò spinse Chevreul ad avviare un poderoso lavoro di ricerca sulle sostanze grasse e la loro saponificazione che portò a chiarire la composizione chimica del glicerolo e di un gran numero di acidi grassi.

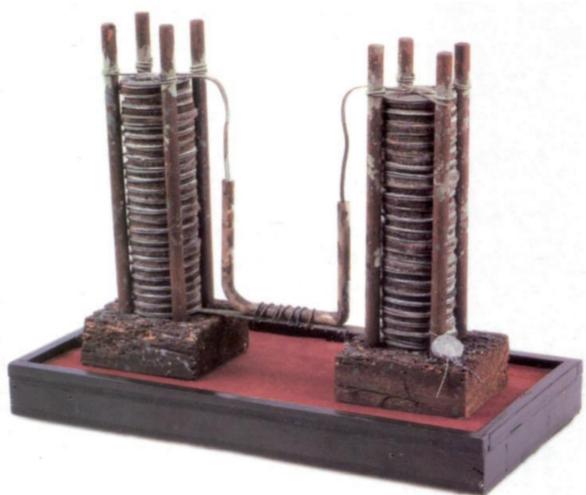
## Onde Elettrochimiche: Chimica ed Eletticità sono strettamente legate



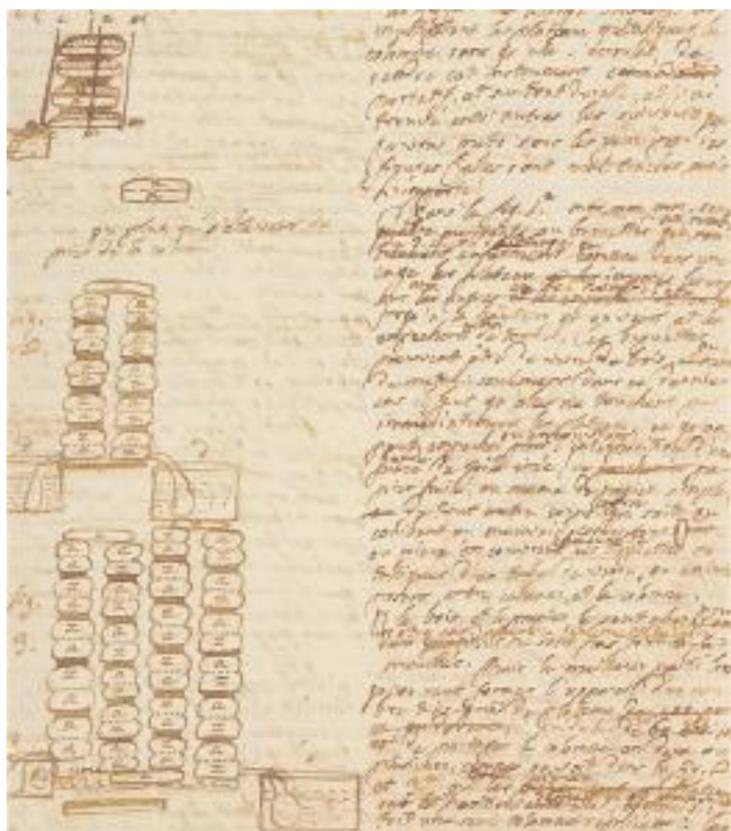
**Alessandro Volta (1745-1827)**

e

la sua pila: rame, ponte acido, zinco



**20 marzo 1800.** Alessandro Volta comunica l'invenzione con lettera a Joseph Banks, Presidente della Royal Society

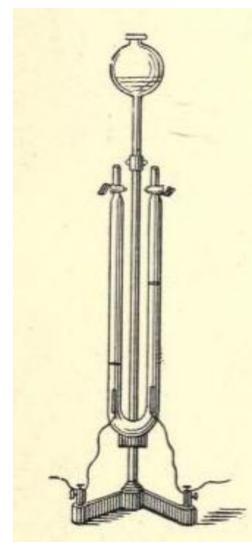


**1800** Alessandro Volta inventa la Pila e dimostra che si può ottenere corrente elettrica da una reazione chimica e viceversa. Nasce una nuova, fondamentale linea di ricerca: l'Elettrochimica, che nel corso del secolo permette di scoprire molti nuovi elementi quali i metalli alcalini e alcalino terrosi, non ottenibili con le classiche tecniche della chimica inorganica.

Sul piano teorico l'elettrochimica indica chiaramente che le proprietà chimiche ed elettriche di un elemento sono intimamente connesse e permette di formulare una scala dell'elettronegatività di vari elementi e chiarire le loro affinità chimiche.



**1801. Volta mostra la sua pila a Napoleone a Parigi**  
Tribuna di Galileo - museo della Specola a Firenze- Gasparo Martellini



Elettrolisi dell'acqua e voltametri

## Onde polarizzate: un rompicapo per i Chimici dell'800

### 1815: la scoperta di Biot

**Jean-Baptiste Biot** scoprì che **molte sostanze**, pur avendo le stesse proprietà chimiche, **ruotavano diversamente il piano di vibrazione della luce polarizzata**, mettendo in crisi l'idea che una data specie chimica dovesse avere anche proprietà fisiche uniche.

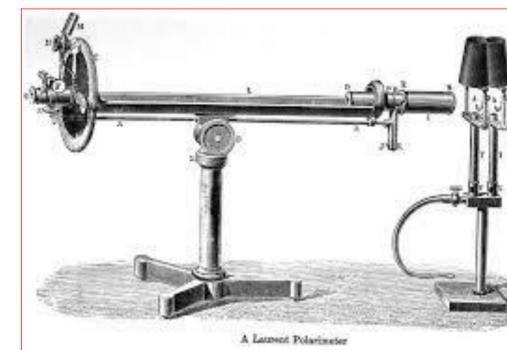
*“...Lamine di quarzo tagliate da cristalli differenti ruotano il piano di polarizzazione della luce alcune a destra, mentre altre a sinistra ...”*

Il fenomeno fu osservato per alcuni minerali, ma anche per sostanze naturali liquide come la trementina e per soluzioni di alcune sostanze naturali solide come la canfora.

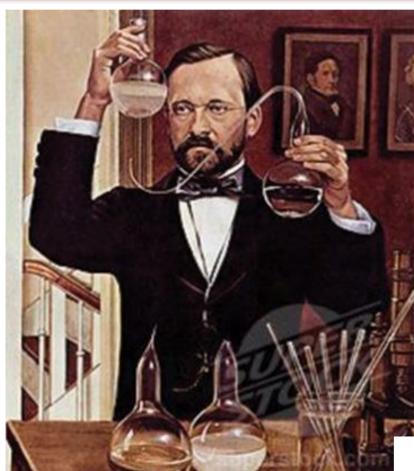
Il fatto che dei liquidi o delle soluzioni fossero otticamente attivi come i cristalli emiedrici di quarzo **fu attribuito ad una qualche asimmetria delle molecole stesse**.



Jean Baptiste Biot  
(1774-1862)



Polarizzatore



Luis Pasteur  
(1822- 1895)

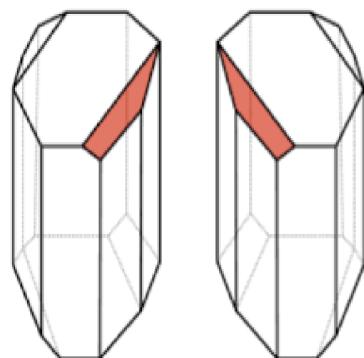


### 1847-1853: gli studi di Pasteur sull'acido tartarico

In Francia, nella prima metà del 1800 **l'acido tartarico** e i suoi sali avevano una larga diffusione, essendo richiesti dall'industria tessile e utilizzati come ingredienti di molti cosmetici e nella farmacia. Molte aziende vinicole si erano convertite in industrie per la produzione di acido tartarico, che veniva ricavato dai depositi di tartrati lasciati dal vino nelle botti.

Tra il 1822 e il 1824 Paul Kestner, un industriale del settore, aveva ottenuto, oltre all'acido tartarico, un'altra sostanza che venne messa da parte in quanto ritenuta di scarso valore commerciale. Tale sostanza era **l'acido paratartarico** e nel 1826 Gay Lussac stabilì che aveva la stessa composizione dell'acido tartarico.

Nel 1847, **Luis Pasteur** ha 25 anni quando inizia a cimentarsi nello studio dell'acido tartarico e paratartarico, usando dei campioni forniti da Kestner. La ricerca si protrarrà fino al 1853 e i suoi esiti avranno l'effetto di un terremoto. Pasteur scoprì che nei cristalli di paratartrato di sodio e ammonio **si separavano due distinti tipi di cristalli emiedrici con le faccette orientate a destra o a sinistra, l'uno l'immagine speculare dell'altro**.



*Modelli semplificati di cristalli di acido tartarico destro e sinistro, ottenuti risolvendo l'acido paratartarico. In rosso le faccette emiedriche.*

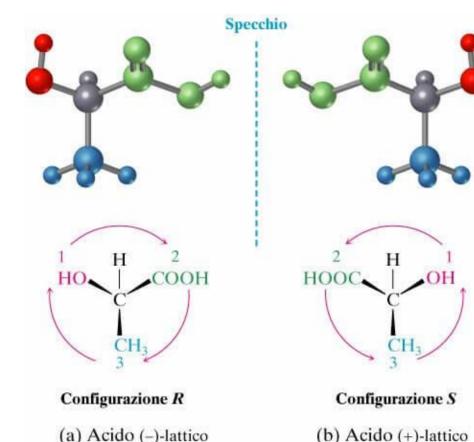
Questo risultato premiò Pasteur per gli anni di fatica fisica e mentale profusa nel difficilissimo lavoro, ma arrivò anche grazie ad un pizzico di fortuna. Infatti le due forme cristalline sono stabili solo a temperature inferiori a 27 °C. Evidentemente Pasteur condusse gli esperimenti cruciali sull'acido tartarico nella stagione parigina più fredda!

### Seconda metà dell'800: la soluzione del rompicapo

Un altro caso impegnò i chimici: **l'acido lattico** ottenuto dal latte e quello prodotto nei muscoli hanno stesse proprietà chimiche, ma mostrano attività ottiche diverse.

Nella seconda metà del 1800 le corrette geometrie molecolari furono dimostrate grazie alle ipotesi della tetravalenza dell'atomo di carbonio e delle diverse geometrie di legame che esso può formare: tetraedrica, planare e lineare.

Queste osservazioni mostrarono chiaramente che **la struttura chimica** di un composto **non dipende soltanto da come gli atomi sono legati tra loro, ma anche dalla loro disposizione nello spazio**.





## Onde anomale: le Terre Rare

### 1800: la scoperta delle Terre Rare

All'inizio dell'800 furono scoperti alcuni minerali contenenti ossidi di elementi nuovi per l'epoca, appartenenti alla **serie dei lantanoidi** (o **lantanidi**), ai quali fu dato impropriamente il nome di **Terre Rare**.

Nel 1803 erano già noti **Yttria e Ceria**, ma la separazione degli elementi in essi contenuti risultò particolarmente difficile perché i lantanoidi, pur avendo pesi atomici diversi, hanno comportamento chimico pressoché identico. Pertanto, non potendo utilizzare i metodi classici della separazione per via chimica, l'isolamento di questi elementi per decenni venne fatto impiegando la **cristallizzazione frazionata**, metodo fisico che consiste nell'effettuare migliaia di cicli dissoluzione - cristallizzazione - filtrazione dei sali estratti dal minerale. Soltanto alla metà del '900 l'introduzione delle resine a scambio ionico permise di effettuare la separazione dei lantanoidi in modo più agevole e veloce.



Rampa di resine a scambio ionico

### 1900: L'elemento mancante

La Ce Pr Nd ? Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu

Gli elementi della serie dei lantanoidi sono 15, con numero atomico crescente da 57 a 71.

Nel corso del 1800 vennero tutti scoperti tranne uno: **l'elemento 61**, la cui esistenza venne definitivamente confermata nel 1913 dagli studi di Moseley. Ciò accentuò l'interesse per le Terre Rare e spinse molti chimici ad impegnarsi nella ricerca dell'elemento 61, nella convinzione di poterlo separare dalle miscele di lantanoidi estratte da vari minerali quali, ad esempio, la monazite.

L'elemento 61, essendo molto instabile, è presente in natura solo in quantità non apprezzabili e può essere ottenuto solo artificialmente con metodi di chimica nucleare. **Venne identificato solo nel 1945 e detto Promezio**, mentre il primo campione in forma metallica venne **prodotto nel 1963**.

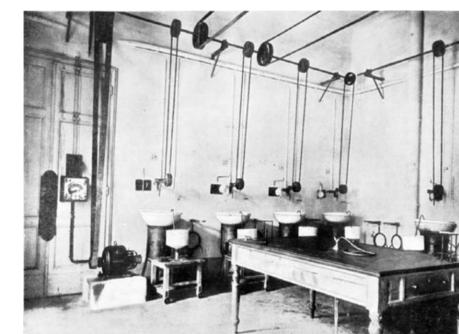
### La disputa del 1926: Florenzio o Illinio?

La scoperta dell'elemento 61 venne rivendicata nel 1926 sia dal gruppo di ricerca del Prof. Rolla (trasferitosi nel frattempo da Firenze a Genova), sia da ricercatori dell'Università dell'Illinois (USA), innescando un'aspra disputa internazionale, sopitasi soltanto negli anni '40 del secolo scorso.

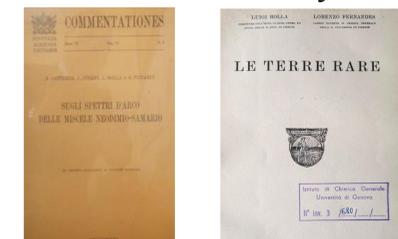
All'epoca, il laboratorio del Prof. Rolla era noto come uno dei più importanti centri di ricerca sulle Terre Rare a livello mondiale e il Museo di Chimica conserva apparecchiature e strumenti che ne testimoniano l'attività.

I ricercatori italiani rivendicarono la scoperta in un articolo dal titolo **Ricerche sopra l'elemento di numero atomico 61: Florenzio** pubblicato nella *Gazzetta Chimica Italiana*, 56, pp. 862-863 in contrapposizione a quanto pubblicato dai ricercatori statunitensi nella rivista *Journal of American Chemical Society*, 48, pp. 1597 in cui all'elemento 61 veniva dato il nome **Illinium**.

Nonostante il forte impegno profuso nei decenni successivi, nessuno riuscì a isolare l'elemento stesso e quindi la scoperta non fu riconosciuta. In entrambi i casi i dati pubblicati si basavano su errate interpretazioni degli spettri delle frazioni di terre rare esaminate. Il gruppo del Prof. Rolla onestamente riconobbe l'errore nel 1942.



Scorcio del laboratorio del Prof. Rolla



Frontespizi del libro del prof. Rolla sulle Terre Rare (1929) e dell'articolo di revisione (1942)

### 2020: i lantanoidi sulla cresta dell'onda

Oggi alcuni elementi lantanoidi, sono indispensabili per le applicazioni tecnologiche emergenti, specialmente nel campo dell'elettronica e della mobilità elettrica ed hanno quindi assunto un'importanza strategica negli equilibri geopolitici mondiali.

