



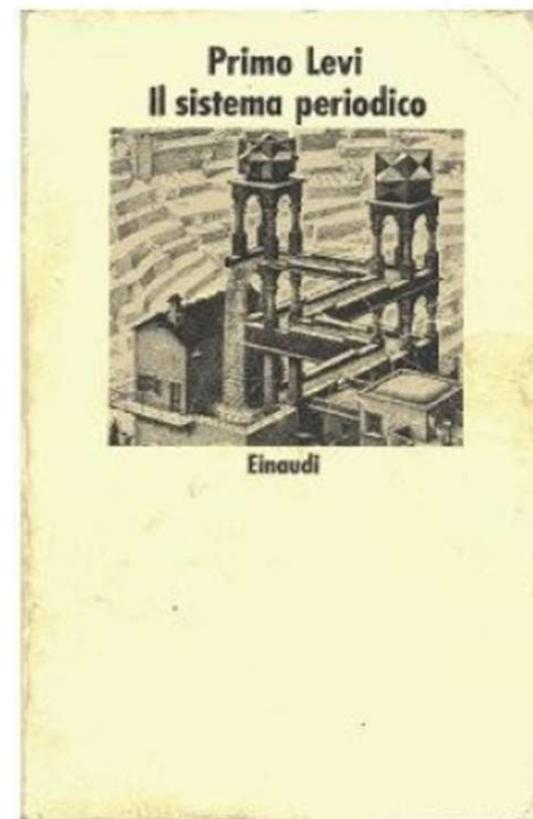
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO

Dipartimento di Chimica
Campus Universitario,
via Orabona 4, Bari

LA CHIMICA NELLA STORIA

Prof. Pietro FAVIA

Dipartimento di Chimica
Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"



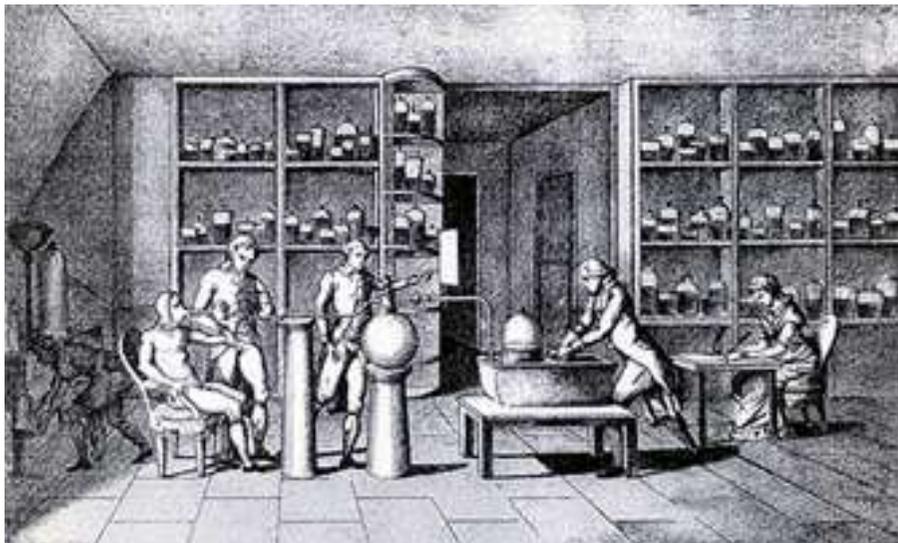
SEMINARI DI
ORIENTAMENTO CONSAPEVOLE
CHIMICA IERI, OGGI SEMPRE

che vuol dire **CHIMICA** ?

Egitto → *khemnit* terra (Kham = Egitto) terra nera, ... arte egizia
kimet

Grecia → *khumos* succo (di pianta, o riferito a metalli fusi)

Siria → *khumias* ... l'arte di estrarre succhi ... metallurgia



elettroni, protoni, neutroni,
atomi, ioni, molecole

.....

polimeri, cristalli,
proteine, DNA

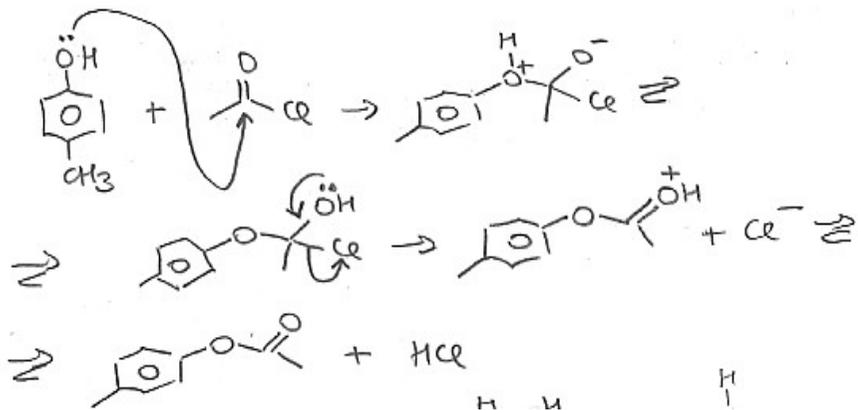
LA CHIMICA STUDIA LA COMPOSIZIONE e LE TRASFORMAZIONI DELLA MATERIA

reazioni chimiche

passaggi di stato

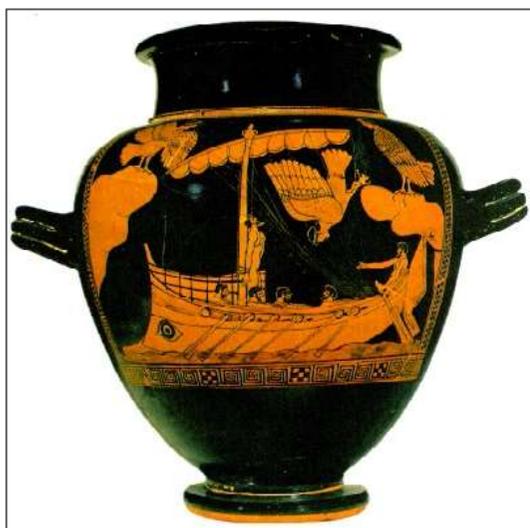
aggregazioni



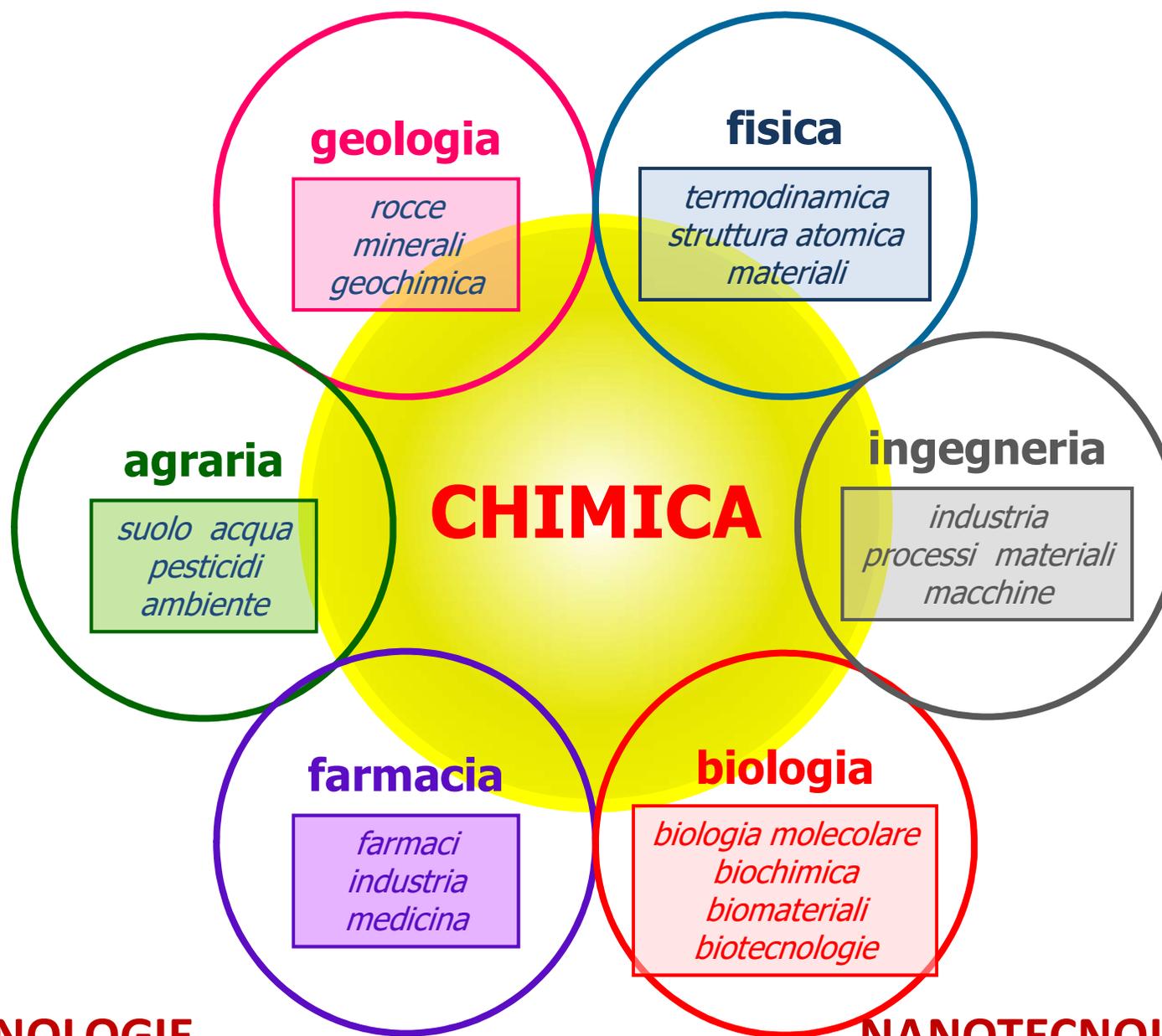


LA CHIMICA SI OCCUPA DI:

- **sintesi**
molecole, energia, farmaci, fertilizzanti, cosmetici, materiali,
- **analisi**
modelli teorici, analisi chimica, qualità, chemiometria, beni culturali, ambiente ...



INTERDISCIPLINARIETÀ



BIOTECNOLOGIE

NANOTECNOLOGIE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO

Dipartimento di Chimica
Campus Universitario,
via Orabona 4, Bari

le origini della CHIMICA



*La "Dea madre".
Terracotta, h 20 cm CatalHoyuk, 5750 a.c.*

LA CHIMICA NEL TEMPO

La chimica agli esordi dell'uomo

Fuoco, pietra e metalli.
"Elementi" e "atomi".

L'alchimia

Alessandria. Gli Arabi.
Il risveglio dell'Europa.

L'alchimista diventa scienziato

La misura.
Nuova concezione degli elementi.
Il flogisto.

----- XVI - XVIII sec -----

I gas

Legge di Boyle. CO_2 , N_2 , O_2 , H_2 .
La combustione.

Il metodo Scientifico

Gli atomi

Prime teorie atomiche.
Pesi e simboli.
L'elettrolisi.

Chimica organica

La sconfitta del vitalismo.

Struttura molecolare

Valenza e formule di struttura.
Le molecole in 3D.

La tavola periodica

Si mettono in ordine gli elementi.

Chimica fisica

Calore e termochimica. Acidi e basi.
Dissociazione ionica. Catalisi.
Le leggi della chimica.

IL TEMPO DELLA CHIMICA

----- XIX-XX sec -----

Sintesi e chimica industriale

Coloranti, medicinali,
esplosivi, combustibili.
La nuova metallurgia.

Struttura atomica e legame chimico

Raggi catodici.
Effetto fotoelettrico.
Radioattività naturale ed artificiale.
Isotopi.
Elementi transuranici.
Tecniche spettroscopiche.
Risonanza.

----- 1945 -----

La chimica nel dopo guerra

Chimica e tecnologia
Polimeri
Fertilizzanti
Pesticidi
Proteine e DNA
La conquista dello spazio

LA CHIMICA OGGI

Ingegneria chimica
Analisi di tracce
L'era del silicio e dell'informatica
Fibre ottiche
Celle solari
Ecologia
Biomateriali
Biologia molecolare
Materiali avanzati
Beni culturali
Nanotecnologie
Biotecnologie
Chimica supramolecolare

GLI ESORDI DELLA CHIMICA

Cinesi, Egizi, Ebrei, Fenici, Indi, Caldei

ESTRAZIONE DEI MINERALI
RAFFINAZIONE DEI METALLI, METALLURGIA

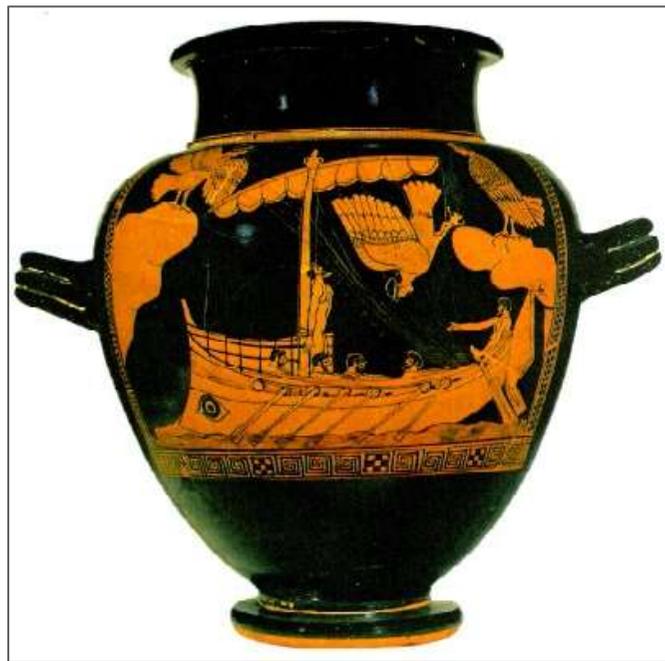
PRODUZIONE DELLA CERAMICA
PIGMENTI MINERALI
PRODUZIONE DEL VETRO

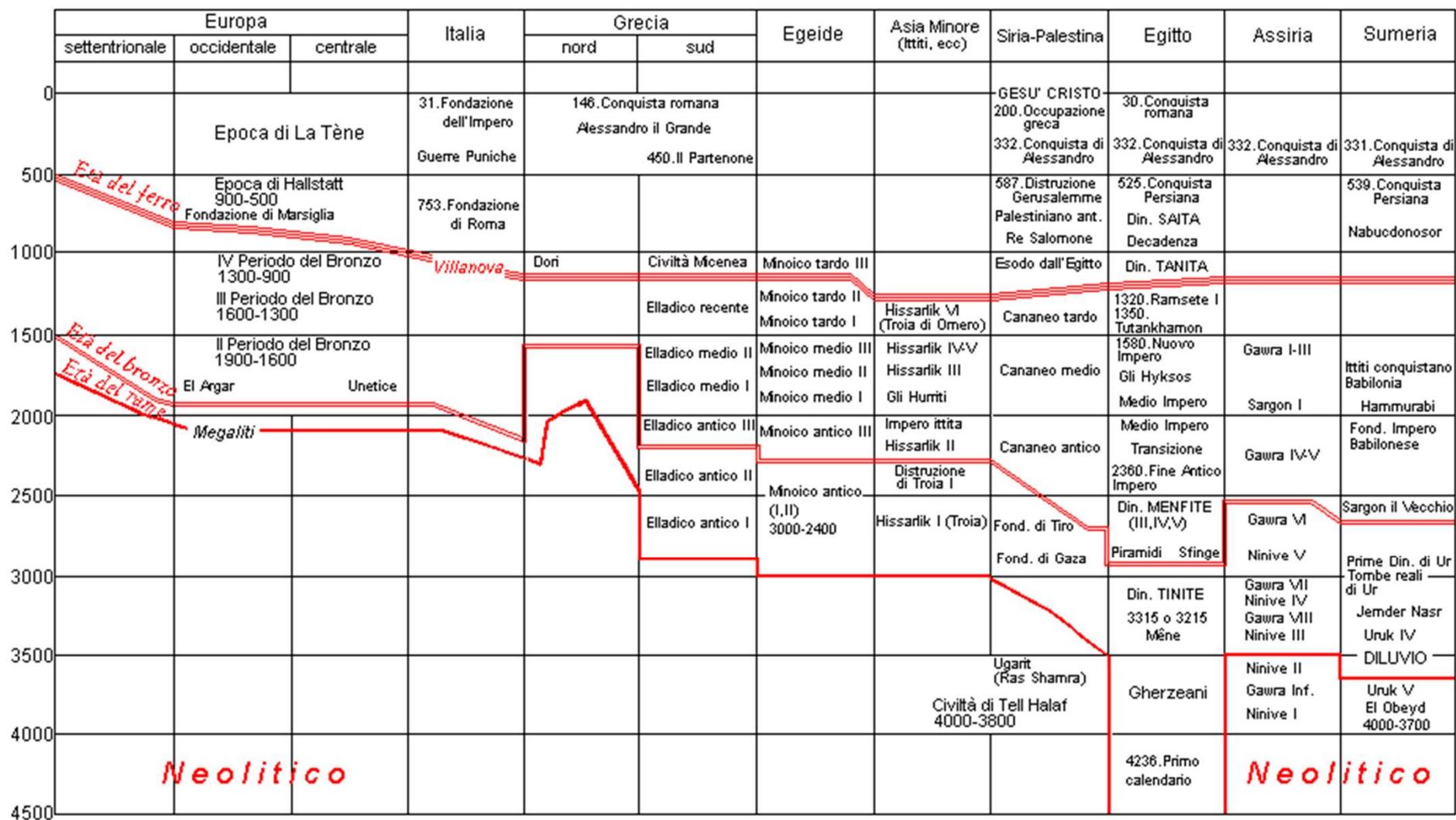
CONCIA DELLE PELLI
TINTURA DEI TESSUTI
COLORANTI VEGETALI E ANIMALI

PANE, VINO, BIRRA, ACETO

ESTRATTI ANIMALI E VEGETALI
PROFUMI, OLI, MEDICAMENTI

Spesso le pratiche artigiane empiriche erano commiste a pratiche esoteriche (amuleti, esorcismi, scongiuri, “effetti speciali”) per creare l’atmosfera mistica necessaria a conservare il “segreto industriale” e per creare un’aura di soprannaturale.



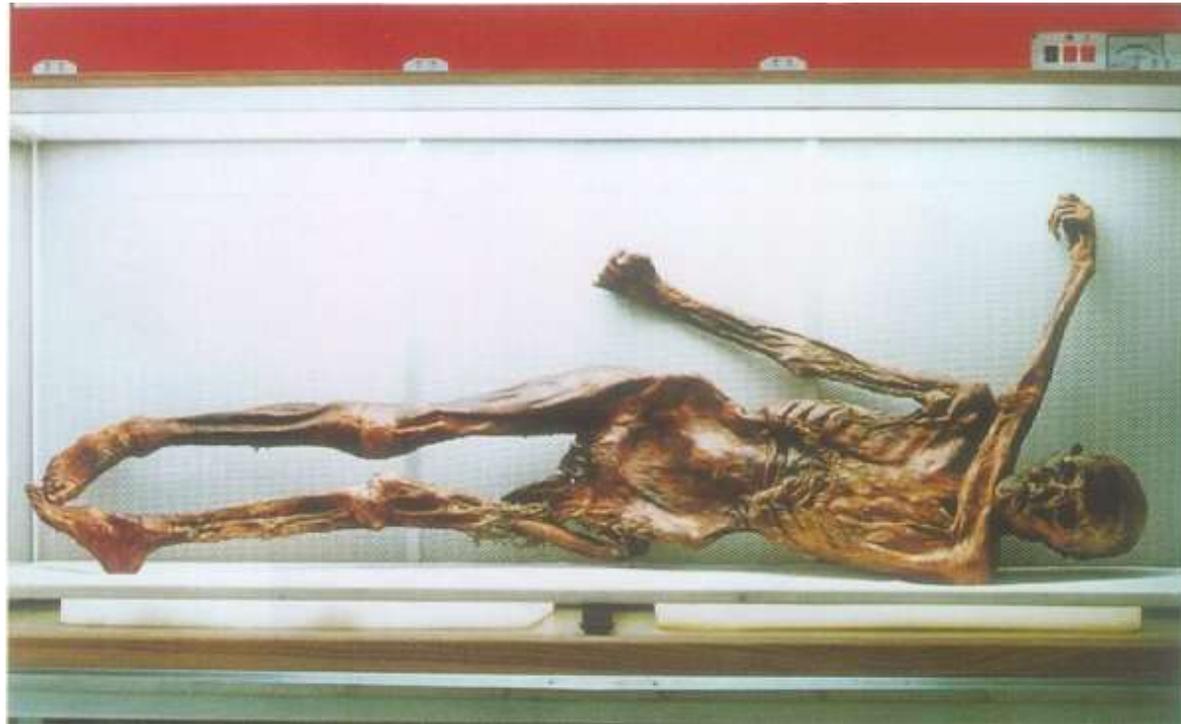


METALLI NATIVI

Solo **oro**, **argento**, e in parte il **rame** esistono come metalli **NATIVI**, quasi puri. Questi metalli sono **plastici per battitura** e si possono lavorare meccanicamente. La plasticità è una proprietà comune a metalli e argille; i metalli, però, si possono lavorare per battitura meccanica e danno manufatti non fragili. I frammenti di uno stesso metallo si potevano aggregare per battitura e riciclare, oppure potevano essere fusi e versati in stampi.

I metalli puri fondono a temperatura relativamente alta; però contengono sempre impurezze, dovute ai processi naturali di formazione, che abbassano le temperature di fusione. Un metallo nativo può così essere fuso a temperatura relativamente bassa, e versato in uno stampo.

METALLO	TEMPERATURA DI FUSIONE (°C)	CELLA ^a ELEMENTARE	RAGGIO METALLICO (Å)	ELETTRONEGATIVITÀ
FERRO	1 535	bcc/fcc	1.72	1.83
RAME	1 083	fcc	1.57	1.90
ORO	1 063	fcc	1.79	2.54
ARGENTO	960	fcc	1.75	1.93
ZINCO	419	hcp	1.53	1.65
PIOMBO	327	fcc	1.81	2.33
STAGNO	232	tetragonale-	1.78	1.96



*Ascia a punta di **rame** di OTZI, incastrata in un ramo a gomito fissata con corde vegetali. L'uomo, ritrovato nel 1991 sul ghiacciaio di Similaun, è esposto nel Museo di Bolzano.*

OTZI è vissuto tra il 3300 e il 3100 a.C., circa 500 anni prima delle prima piramidi, 2000 anni prima della guerra di Troia





69. Testa di mazza. Rame. 5,5 cm. di diametro. Canhasan. Prima metà del V millennio a.C.



Metodo per ottenere una scure di rame versando il metallo fuso in uno stampo



disponibilità di combustibile

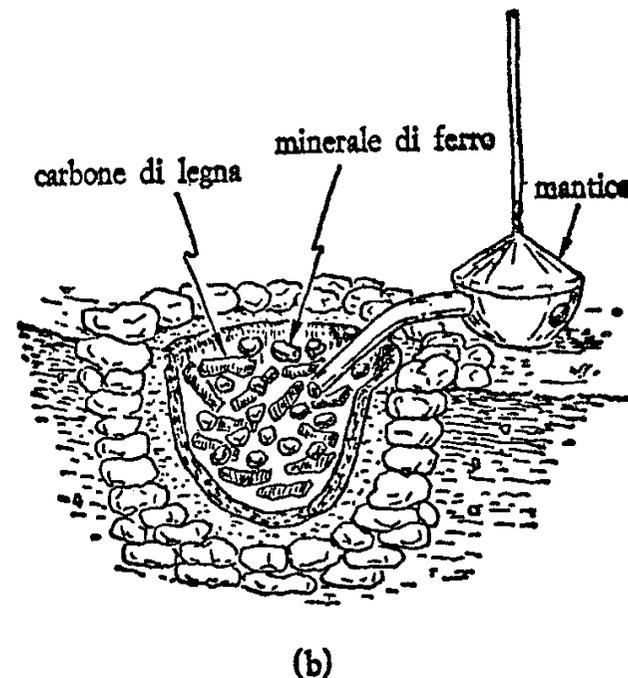
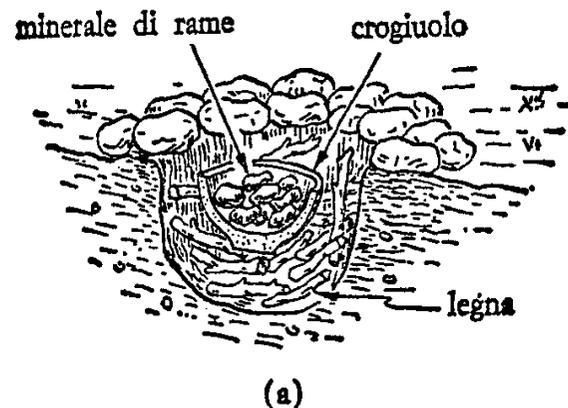


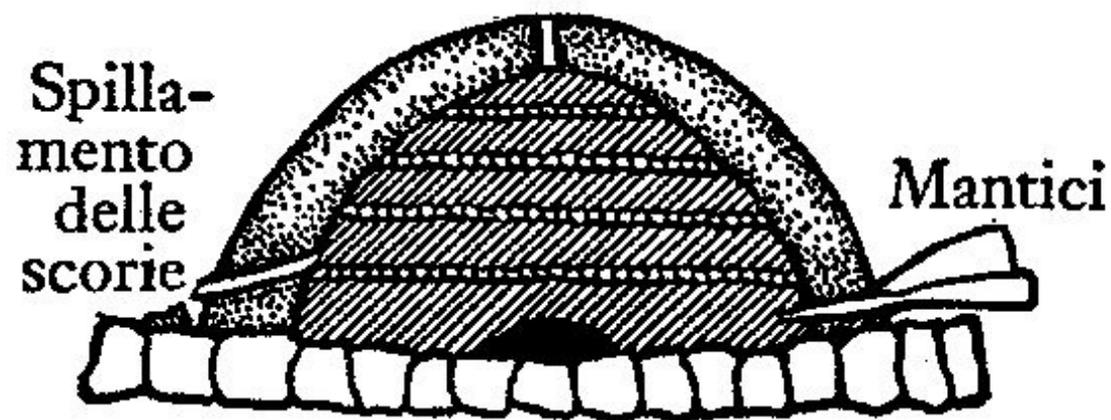
(ossidi, etc.)

I primi chimici erano forse fabbri (= **smith**) e minatori, custodi dei segreti della fabbricazione di armi in rame, bronzo, e poi in ferro. Essi costruivano i forni in modo da sviluppare le temperature adatte alla riduzione dei vari minerali con carbone.

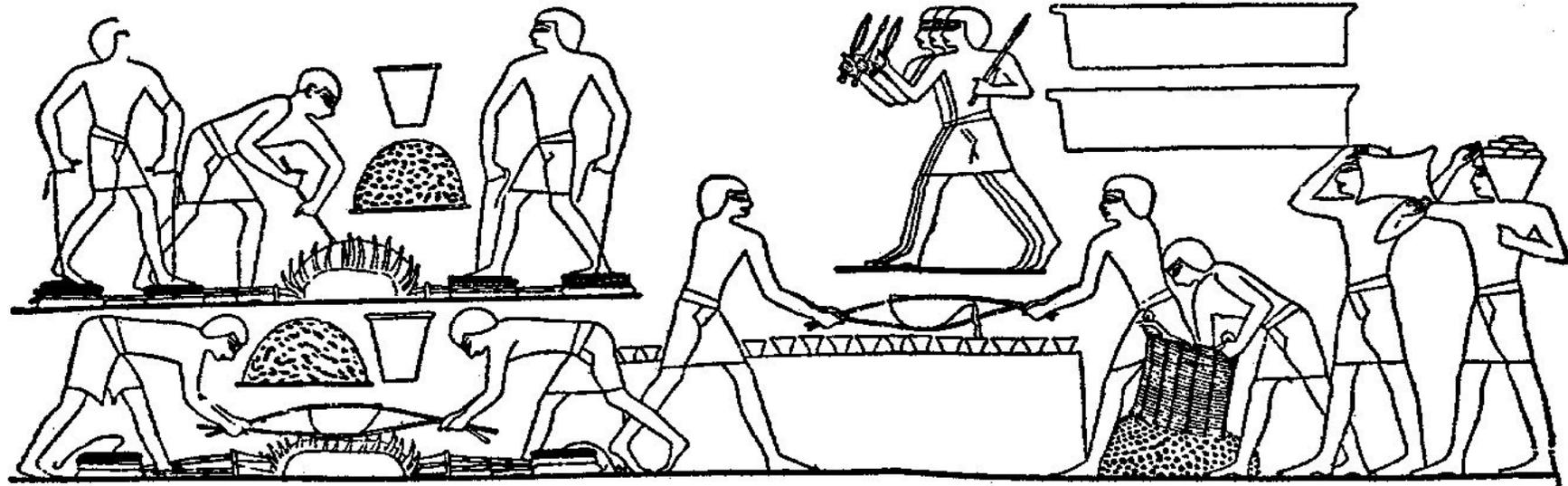
Nel forno per rame **(a)** il minerale fondeva in un crogiolo riscaldato da un fuoco di legna.

La riduzione del minerale di ferro richiedeva più calore, ottenuto rivestendo di carbone di legna o, meglio, di carbon fossile (se possibile) il forno **(b)**, e fornendo ossigeno per mezzo del mantice. Il ferro non fondeva, ma poteva essere lavorato (forgiato) per battitura.

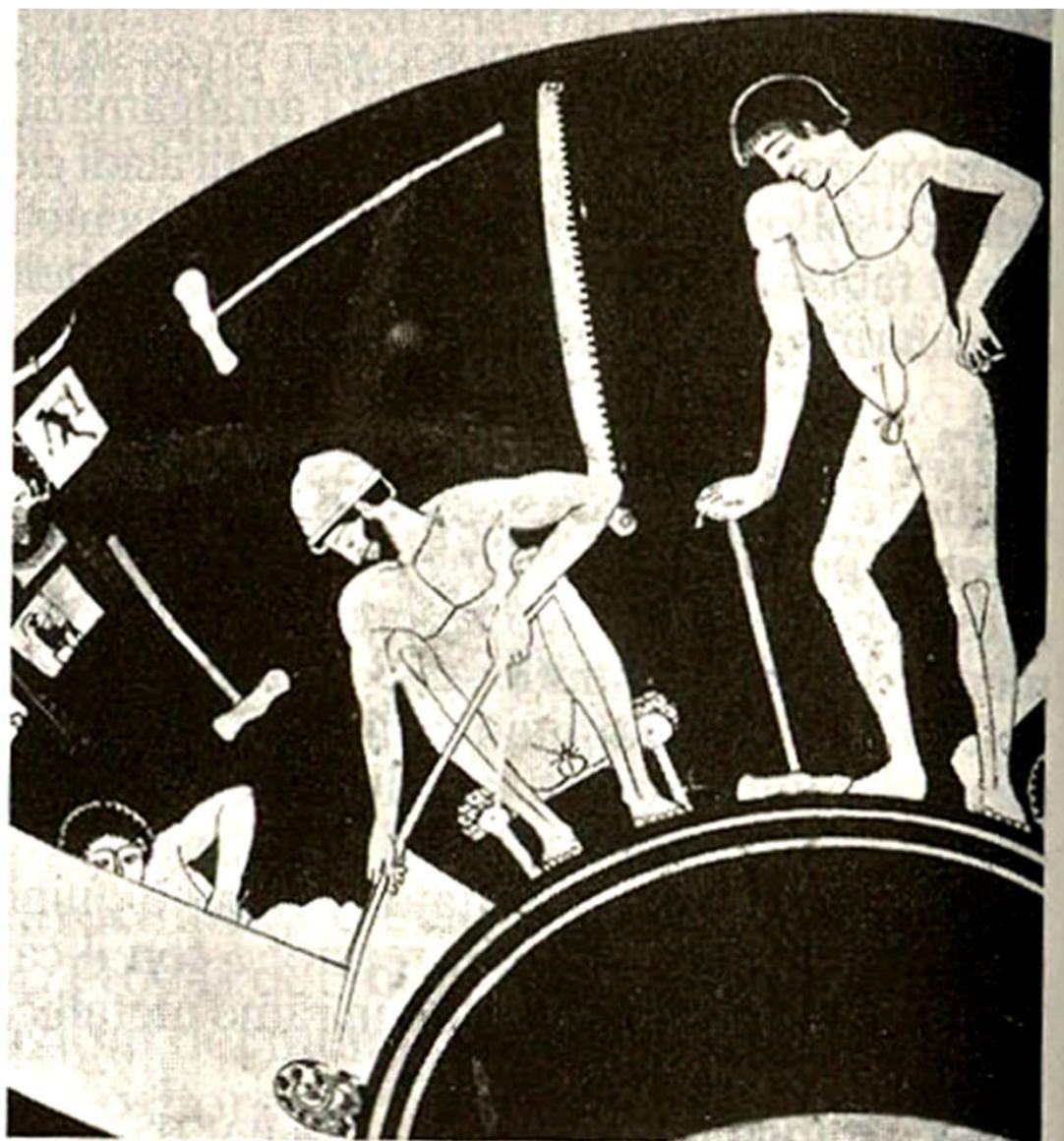




Schema di forno primitivo per la produzione di ferro dolce. Esso contiene strati alterni di carbone e di minerale, ammassati su una piattaforma circolare di pietra e ricoperti di argilla. Dei mantici inseriti nella cupola di argilla immettono aria forzata per molte ore. Il ferro si concentra in forma di massa spugnosa sul fondo.



Colata di una porta di bronzo. Il bronzo è fuso in un crogiuolo all'aria aperta con un tiraggio forzato provocato da quattro mantici azionati con i piedi. I pezzi di legno incurvato servono a sollevare il crogiuolo all'altezza della forma, che ha una serie di imbuto, posta in centro. Uno degli uomini alla destra porta un lingotto a forma di pelle di bue. Da una tomba a Tebe. 1500 a.C. circa.

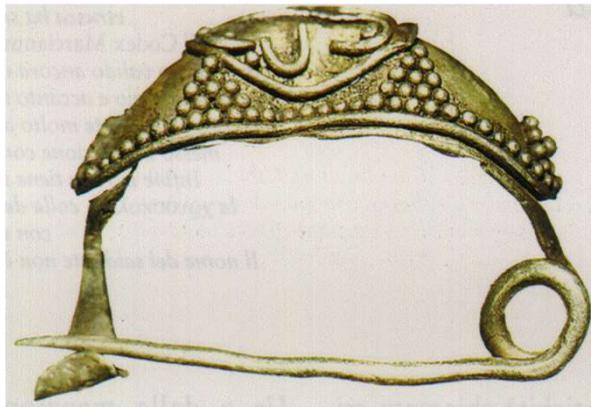


La fusione del bronzo in una pittura vascolare greca (particolare).

Nella **GRANULAZIONE**, di produzione Greca ed Etrusca, si usano sferette d'oro, molto piccole, ottenute versando oro fuso in acqua o olio. Le sferette sono fissate con collante alla superficie dell'oggetto su un disegno prestabilito. L'oggetto è poi posto a contatto con carbone e un sale di rame in un forno riducente (sigillato). Tra i sali di rame è stata molto usata la **crisocolla**, silicato di rame bivalente idrato $\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. A caldo il collante si decompone e il carbone riduce la crisocolla a rame metallico, saldando le sfere di oro alla superficie dell'oggetto, come visto da misure metallografiche.



La **FILIGRANATURA** prevede la saldatura di fili d'oro al supporto. Anche in questa tecnica si può usare un sale di rame, però sono preferiti altri metalli o leghe con temperatura di fusione più bassa del metallo da saldare.



*FIBULA A SANGUISUGA (TARQUINIA):
LA PIÙ ANTICA GRANULAZIONE ETRUSCA
(VIII SEC. BC)*

GLI “ELEMENTI” DELLA MATERIA

Grecia – Magna Grecia – Asia Minore VII – IV sec a.c.

Talete

L'acqua è alla base di tutte le sostanze

Eraclito

il fuoco ha originato la materia, e può distruggerla

Anassimene

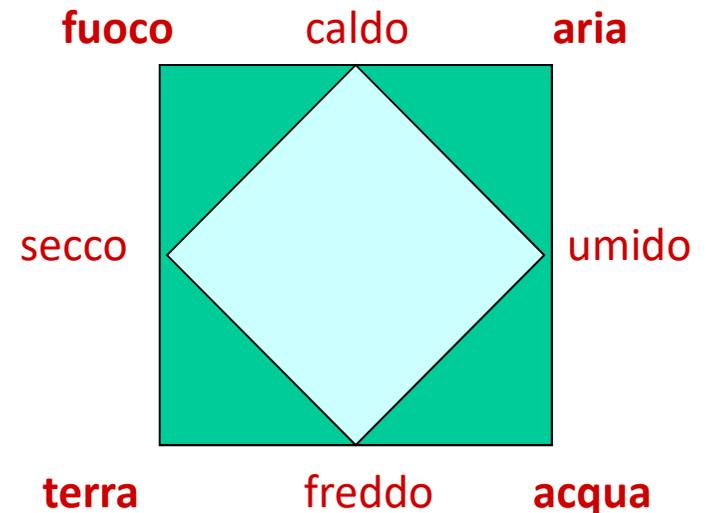
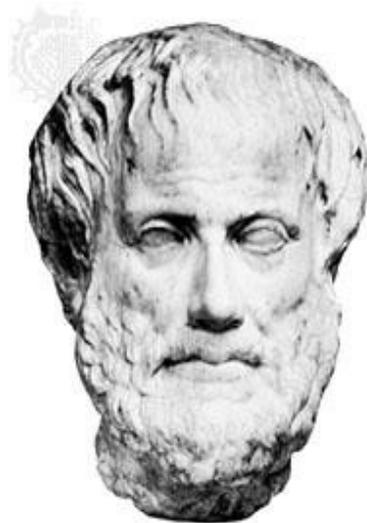
L'aria è alla base della materia.
Se concentrata si trasforma in sostanze più dense

Empedocle

acqua, fuoco e aria, con la terra sono la base dell' universo

Aristotele (384 – 322 a.c.)

individua 4 elementi:
acqua, terra, aria, fuoco,
ciascuno caratterizzato da due
delle quattro “forme”
fondamentali:
secco, umido, caldo e freddo.



LA PRIMA TEORIA ATOMICA V- IV sec a.c.

Leucippo → Democrito → Epicuro

la materia è divisibile in frammenti sempre più piccoli,
fino ai costituenti più piccoli, indivisibili, detti
ATOMI

ατομος = non divisibile

Il filosofo greco è ben lontano dalle tecniche di produzione
del suo tempo e dalla pratica sperimentale,
è piuttosto un teorico della natura e del pensiero umano.

Epicuro influenzerà anche Lucrezio (II sec a.c.) nel *De Rerum Natura*

322 a.c. morte di Alessandro Magno

IL "MUSEO" DI ALESSANDRIA
III-II sec a.c.

→ nasce l'alchimia

**Stratone, Aristarco, Euclide, Herophilos, Bolos Archimede,
Apollonio, Eratostene, Ktesibios, Filone**

Nei laboratori del "museo" , e in analoghe istituzioni ellenistiche (Pergamo, Samo, ...) le teorie dei filosofi greci incontrano la *khemeia* degli egizi, sviluppatasi soprattutto nelle pratiche di imbalsamazione e nelle metallurgia del rame e del bronzo.

La teoria dei quattro elementi, e della trasformazione delle sostanze, spinge l'uomo a studiare la **trasmutazione** dei metalli in oro.

II sec a.c *Physikà (Bolos), Trattato di Agathodaimon*

descrivono la metallurgia, la produzione delle gemme e della porpora

Zosimo descrive, in 28 volumi, tutta la *khemeia*

Diocleziano dichiara “l’arte Egizia” fuorilegge, per paura che la produzione di oro a buon mercato (!!!) danneggi l’ economia dell’ impero.

III-VI sec d.c. La *khemeia* è sempre più mista a chiromanzia, astrologia e paganesimo; è quindi costretta alla clandestinità dal cristianesimo emergente, soprattutto in oriente.

Viene incendiata la biblioteca di Alessandria.

La setta cristiana dei **Nestoriani**, perseguitata dai cristiani ortodossi, esporta in Persia il pensiero ellenistico e la *khemeia*.

VII sec d.c. Gli **Arabi** invadono l’asia sud occidentale e e l’ Africa nord occidentale; conquistano, tra l’ altro, Egitto e Persia. La *khemeia* viene assorbita in fretta e praticata senza ostacoli. **Nasce l’ alchimia.**

al-kimiya

300 a.c -- ALCHIMIA -- 1600 d.c.

STUDI E SCOPERTE DEGLI ARABI (in Persia)

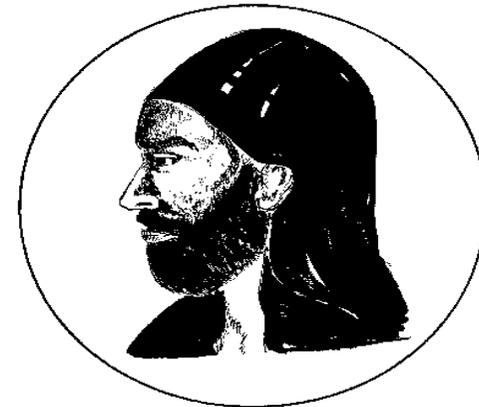
preparazione dell'acido acetico per distillazione, metallurgia (acciaio), arsenico, antimonio, determinazione del peso specifico, gesso da presa (ingessature), distillazione dell'alcool, classificazione delle sostanze, vernici idrorepellenti, coloranti, picnometro, acido nitrico



Jabir Ibn Haiyan (Geber)
(? - 803)



Al-Razi (Rhazes)
(864-930)



Ibn Sina (Avicenna)
(986-1037)

TERMINOLOGIA

alcol, aldeidi, elisir (al iksir), nafta, alchimia, alcalino, alambicco, zirconio ...

Altre scoperte degli Arabi

Al Khuvaritzmi 820 ca introduce i numeri indiani. Nel 1030 **Al Biruni** li diffonde con la sua Storia dell'India. 30 anni dopo la numerazione "araba" è introdotta in Spagna

Al Battani sec IX-X introduce la trigonometria in astronomia,
E calcola la durata dell'anno e determina la precessione degli equinozi.

Ar-Razi sec IX-X classifica le sostanze in minerali, vegetali e animali.

Abu'l **Wefa** sec IX-X introduce il concetto di tangente.

Abu Alì Al Hasan ibn **Al Haythan** 1010 ca costruisce specchi parabolici.

Al Zarkali 1070 ca compila tavole astronomiche
e asserisce che le orbite dei pianeti sono ellittiche.

Omar Khayyam sec XII Risolve equazioni di 3° grado

sec XI-XIII Gli Arabi introducono in Europa la tecnica della fabbricazione della carta dagli stracci. **Avicenna** scrive **Al-Quanun fi al -Tibb (il Canone della Medicina)** che, tradotto, sarà il testo di medicina in Europa fino al XVI secolo.

IL FUOCO GRECO, la prima arma chimica

In medioriente il petrolio greggio era (ed è) facile da reperire. Dato che galleggia sull'acqua, poteva essere incendiato e usato per mettere in fuga navi nemiche. I Bizantini, ma anche i Greci dell'Asia Minore prima, usarono con successo il "fuoco greco" che tennero segreto così bene che gli studiosi hanno difficoltà a determinarne con precisione le componenti. Il fuoco greco bruciava sull'acqua; probabilmente era composto da **greggio, salnitro, zolfo e pirite**. In un'altra ricetta si parla di **pece, zolfo, calce viva e nafta**. E' però ancora oscuro il metodo di lancio. Secondo *Tactica* dell'imperatore Leone VI, il fuoco greco era lanciato contro il nemico attraverso tubi di rame, preceduto da uno scoppio che serviva a incendiarlo e espellerlo. Saremmo quindi di fronte a veri lanciafiamme.



L'EUROPA

dopo l'anno mille

I contatti con il nemico arabo, e la coraggiosa decisione di diffonderne le superiori conoscenze scientifiche sono dovute soprattutto ai monaci durante e dopo le crociate, tra i sec XI e XIII.

Gli Arabi diffondono testi classici (es. Aristotele), e le opere di Avicenna. Nasce un debole movimento favorevole alla diffusione in Europa delle opere Arabe tradotte. Il primo traduttore dall'Arabo al latino è il francese **Gerberto** (sec X), che sarebbe diventato Papa con il nome di **Silvestro II** nel 999.

Il primo testo di alchimia tradotto dall'Arabo (*il libro della composizione alchemica*), dal 1140 al 1144, è opera di **Roberto di Chester**; in Italia il dotto **Gerardo da Cremona** (1114-1187), vissuto nella a Toledo, in Spagna, traduce 92 testi dall'Arabo.

Anche in Europa inizia la ricerca della pietra filosofale e dell'elisir di lunga vita, pur mantendosi come punto di partenza la dottrina aristotelica. Sono rari, comunque, gli alchimisti che manifestino dubbi sugli antichi testi, e che esprimano idee nuove.

R. Bacon, tra questi, auspicava che alla scienza venissero applicati metodi matematici esatti piuttosto che principi filosofici.

NASCONO LE PRIME UNIVERSITA'

I PRIMI ALCHIMISTI EUROPEI

Alberto "Magno" di Bollstadt
diffonde Aristotele, descrive l'arsenico

Arnoldo da Villanova

Tommaso d'Aquino

Ruggero Bacone
Doctor Mirabilis
metodo scientifico ? polvere da sparo ?

Raimondo Lully

"Geber"
descrive la preparazione di acido solforico e acido nitrico

Basilio Valentino

Gli alchimisti sintetizzano gli acidi minerali concentrati (solforico, nitrico, cloridrico), e continuano la ricerca dell'oro, a volte con mezzi non leciti. Per questo sono messi fuorilegge Papa Giovanni XXII nel 1317, come testimoniato anche da Dante Alighieri nella Divina Commedia.

Capocchio da Siena
e
Griffolino da Arezzo,
condannati al rogo

*“Ma nell’ultima bolgia delle diece
me per l’alchimia che nel mondo usai
dannò Minos, a cui fallar non lece”*
DANTE, Inferno XXIX, 118-120

Nel 1380 anche Carlo V di Francia proibisce qualsiasi attività collegata all'alchimia, anche il semplice possesso di strumenti. Enrico IV nel 1414 in Inghilterra e Venezia nel 1424 si adeguano.

**La scoperta degli acidi minerali allarga le possibilità
di studio e sintesi di altri composti inorganici**

HCl (*spiritus salis*)

si ottiene riscaldando sale in acido solforico

HNO_3 (*aqua fortis*)

si ottiene riscaldando salnitro, solfato di rame e allume.

Il crollo dell'Impero Romano d'Oriente provoca la fuga verso l'Europa di altri scienziati. L'uso della polvere da sparo, inventata dai cinesi, l'invenzione della stampa (1440 ca), e l'apertura di nuove vie commerciali verso gli oceani cambiano radicalmente il mondo, e aprono la strada ad un nuovo approccio allo studio dei fenomeni naturali.

La chimica ... da soli cento anni ha preso forma di scienza.... E non pertanto i progressi rapidi ... hanno concorso, ..., a trasformare l'industria e la civiltà

La chimica non è una scienza pura, come la geometria e l'astronomia; essa si è costituita sulle rovine di una formazione ... anteriore, mezzo chimerica e mezzo primitiva, fondata ... sul tesoro lentamente accumulato dalle scoperte pratiche della metallurgia, dell'industria e dell'economia domestica.

Si tratta dell'alchimia.....

*La storia dell'alchimia è molto oscura. E' scienza senza radici apparenti... , senza uscire dallo stato di dottrina incolta e perseguitata: **sapienti e filosofi si frammischiano e si confondono in essa con allucinati, ciarlatani e, a volte, con scellerati.** Ma quello che caratterizza al più alto grado gli alchimisti è la pazienza: essi non si lasciano mai scoraggiare dagli insuccessi.*

*... C'è in questa indubbia ostinazione qualcosa che partecipa dell'ispirazione e che sostituisce il genio. **Se gli alchimisti fossero partiti ... da principi migliori, sarebbero probabilmente arrivati a risultati prodigiosi.***

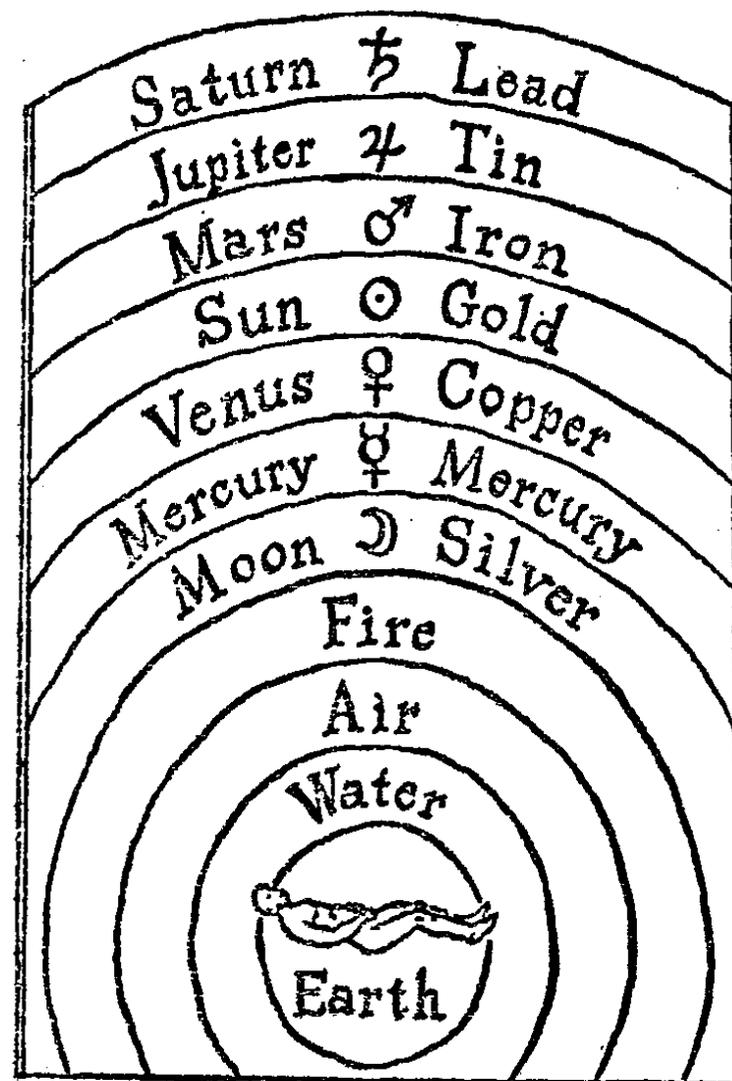
M. Berthelot, Les origines de l'alchimie

Con l' **alchimia** l'uomo tenta di nobilitare i metalli.

E' il primo tentativo di unificare un complesso di nozioni sotto un principio generale.

La cosmologia degli alchimisti comprendeva i "quattro elementi" di Aristotele, e i primi metalli noti. Presentava, inoltre, un parallelo tra regno celeste e regno terrestre: gli stessi simboli rappresentano sia i metalli che i pianeti.

La mappa è tratta da gli scritti di Robert Fludd (1574-1637).



Nel **1540** è stampato il primo libro di tecnologie chimiche, **de Pirotechnia**, di Biringuccio da Siena, in cui si parla di miniere (S, Sb, Hg) e minerali, metalli e leghe, fusione e distillazione, polvere da sparo, artiglierie e fuochi di artificio.

Nel **1543** vengono pubblicati due libri rivoluzionari da parte di Copernico e Vesalio; prima dell'invenzione della stampa questi testi sarebbero stati probabilmente ignorati:

Niccolò Copernico (1473-1543)

afferma, contro la dottrina Aristotelica, la centralità del sole nell'universo.

Andrea Vesalio (1514-1564)

descrive con precisione senza precedenti l'anatomia umana respingendo convinzioni risalenti all'antica Grecia.

INIZIA LA RIVOLUZIONE SCIENTIFICA

che si permea abbastanza in fretta (un secolo) la medicina e l'astronomia, **più lentamente l'alchimia**. Crollano le dottrine aristoteliche e si "scopre" che la terra è rotonda,

SI SCOPRONO NUOVE ROTTE COMMERCIALI E NUOVI CONTINENTI

che porta alla scoperta di nuove sorgenti di materie prime

L'UNIFICAZIONE (sec XVI – XVIII)

GLI ULTIMI ALCHEMISTI

I PRIMI CHIMICI



10. Alchemical furnaces in use for digestion and multiple distillation.
(From Thomas Norton, *Ordinall of Alchimy*, London, 1652)

Leonardo da Vinci (1452-1519)
Contesta i dogmi degli alchimisti,
produce nuove leghe e colori; disegna
e produce la sua strumentazione

Teophrastus Bombastus von
Hohenheim (1493-1541), **Paracelso**,
fondatore della iatrochimica

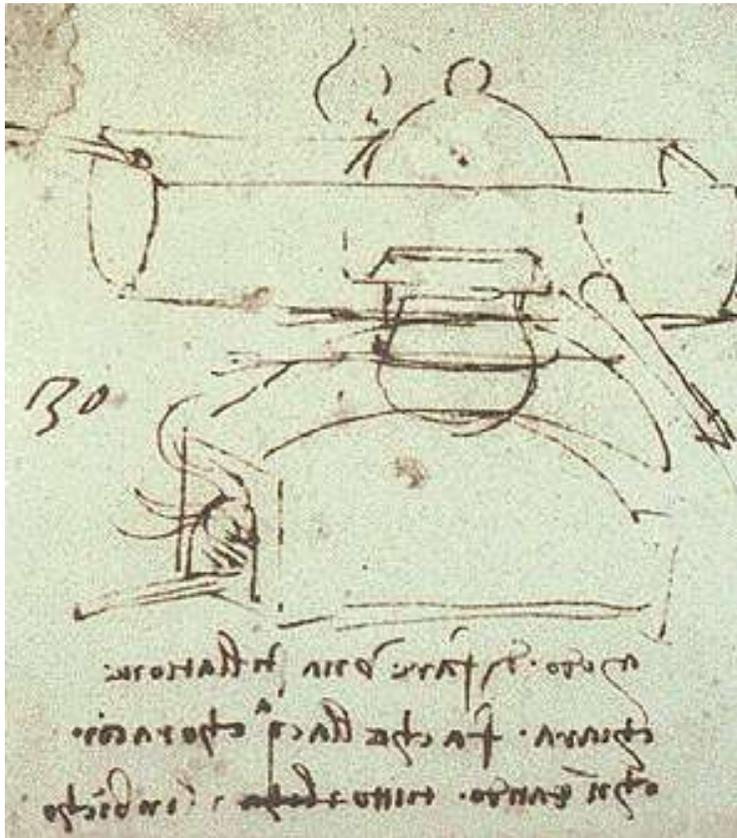
Georg Bauer (1494-1555), **Agricola**,
scrive *De Re Metallica*, il primo libro di
mineralogia

Andreas Libau (1540-1616), **Libavio**,
scrive *Alchemia*, **praticamente il primo
libro di chimica**

Johann R. Glauber (1604-1668),
scopre e commercializza il **sal
mirabile** (Na_2SO_4).
E' il primo industriale chimico.

DISTILLATORE A REFRIGERAZIONE CONTINUA

Codice Atlantico foglio 989 ex foglio 357 r
Biblioteca Ambrosiana, Milano

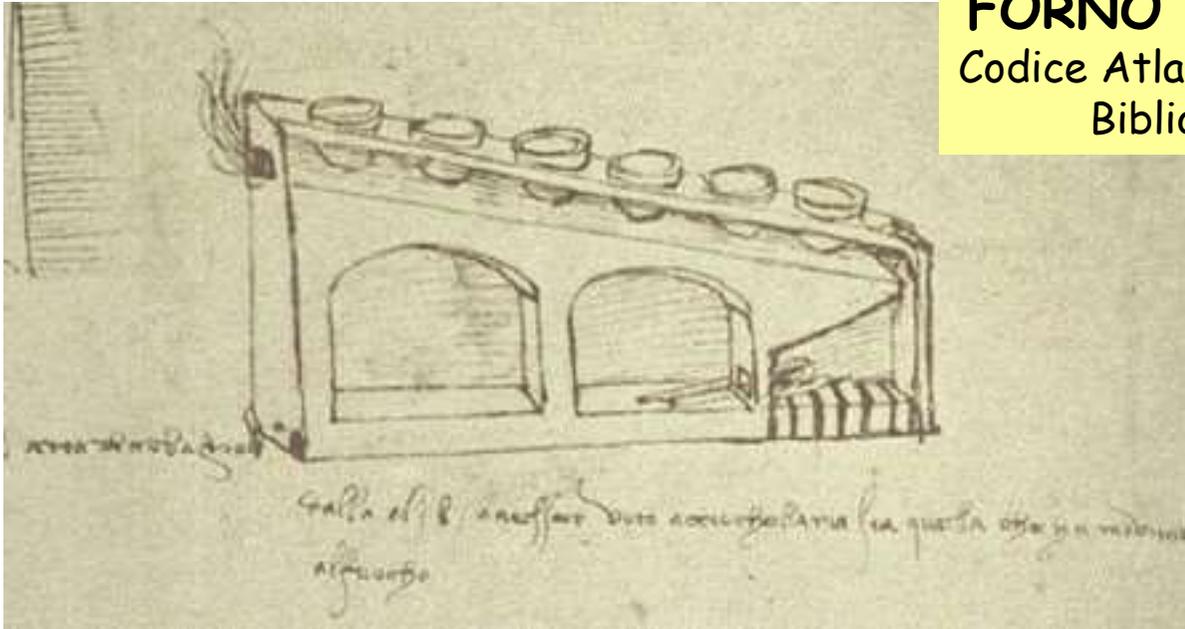


Questo alambicco era caratterizzato da una superficie di condensazione assai ampia con separazione della zona del fuoco da quella dell'acqua di raffreddamento mediante una zona centrale esposta all'aria. Si minimizzava così il salto di temperatura che poteva danneggiare i recipienti di vetro e ceramica

*Modo di fare una stillazione chiara.
Fa che l'acqua corra circondando tutto il limbicco*

FORNO A FIAMMA GUIDATA

Codice Atlantico foglio 87 ex foglio 32 r.a.
Biblioteca Ambrosiana, Milano



Forno per la fusione di metalli, anche di natura diversa, non esposti a fiamma diretta. La bocca d'entrata dell'aria, destinata a dare "movimento" al fuoco, si apre nella base del forno. Il disegno è databile intorno al 1480. Leonardo riporta varie indicazioni:

fondamento del fornello - Zafo - Bagno - Isfiatatoio - Fuoco - fornello

*Quanto più il moto naturale del foco o del peso fia lungo,
più vale la sua percussione*

*Bocca dond' entra l'aria. Dall'a al b ha a esser voto
accio' che l'aria sia quella che dia movimento al fuoco*

IATROCHIMICA

Le conoscenze acquisite con l'alchimia e con lo studio dei minerali sono applicate in campo medico, a volte in concorrenza con i rimedi "galenici".

Paracelso, il "Lutero della medicina", cerca il principio attivo dei farmaci attraverso processi di purificazione (distillazione, cristallizzazione). Convinto che le malattie possano essere comprese con principi chimici e curate con rimedi chimici, è il fondatore della **iatrochimica**. Anticipò alcuni aspetti della **chimica farmaceutica**, della **chemioterapia** e dell'**omeopatia**.

Per Paracelso la causa delle malattie dipende da eccessi o carenze di uno o più elementi nell'organismo. Es. la febbre è dovuta a un eccesso di zolfo, la paralisi a un eccesso di mercurio, la dissenteria a un eccesso di sale.

Sosteneva che occorre curare il malato, non la malattia, e che la terapia deve essere individualizzata, poiché ogni malato è diverso da un altro, e ha bisogno di un *farmaco personalizzato*, reagendo ogni malato a modo suo.

A Paracelso si devono l'uso dell'oppio e dei preparati del mercurio, e una migliore conoscenza dell'arsenico, dell'antimonio e dell'alcool. È il primo a negare che l'aria sia un corpo semplice.

Georg Bauer
(1494-1555)
detto **Agricola**

Scrive nel 1556

DE RE METALLICA

Sommario di tutte le informazioni pratiche su miniere e minerali, studia i rapporti possibili tra medicina e minerali.

Fino al 1700 **De Re Metallica** sarà il testo più importante di tecnologia chimica, a cui si attribuisce la nascita della mineralogia come scienza.



GEORGII AGRICOLAE

DE RE METALLICA LIBRI XII. QVI-
bus Officia, Instrumenta, Machinae, ac omnia denique ad Metalli-
tam spectantia, non modo luculentissime describuntur, sed & per
effigies, suis locis inferas, adiunctis Latinis, Germanicisque appella-
tionibus ita ob oculos ponuntur, ut clarius tradi non possint.

DIVISIO

DE ANIMANTIBUS SUBTERRANEIS Liber, ab Autore
cognitus: cum Indicibus diversis, quicquid in opere tractatum est,
pulchre demonstrantibus,



BASILEAE M> D> LVI>

Cum Privilegio Imperatoris in annos 7.
& Galliarum Regis ad Sexennium.

Andreas Libau (1540-1616), **Libavio**, nel 1597 scrive ***Alchemia***

Praticamente il primo libro di chimica. E' diviso in due parti: *Encheria*, (sperimentale) e *Chymia* (proprietà dei composti). Sommario di antiche pratiche medioevali, ancora totalmente privo di tecniche quantitative e metodi matematici, è scritto, però, con chiarezza e senza misticismo.

Ancora convinto che la trasmutazione fosse possibile, descrive la preparazione dell'**acido cloridrico**, del **tetracloruro di stagno** e dell'**acqua regia** (*realis*), la purificazione dell'oro attraverso l'uso di amalgame, e la pratica della cristallizzazione.

E' considerato il padre della chimica analitica qualitativa.

Johann R. **Glauber** (1604-1668)

studia il **sal mirabile** (Na_2SO_4), **sale di Glauber**, residuo della produzione di acido cloridrico da acido solforico e sale. Glauber ne studia gli effetti (lassativi !) sull'uomo, e si dedica alla produzione e alla commercializzazione di questa e altre sostanze medicinali. Produce e commercializza, tra l'altro, acido nitrico e fenolo (dalla distillazione del catrame). E' il primo a interessarsi alla produzione industriale e alla commercializzazione dei prodotti chimici, e a definire un sale come il prodotto della reazione tra un acido e una base.

Franz **Silvius** studia la digestione come reazione dei cibi con saliva, succhi gastrici e bile.

Otto **Tachenius** descrive, in **Hippocrates chemicus**, l'analisi chimica. Determina quantitativamente l'aumento di peso nella calcinazione del piombo, e definisce i sali come prodotto della reazione tra acidi e alcali.

Angelo **Sala** (1576 1637) studia la fermentazione, gli ossalati, i sali di ammonio e prepara gli acidi solforico e fosforico (dalle ossa !) con metodi nuovi. pubblica *Anatomia vetrioli*, in cui descrive esperimenti di ossidazione del rame con acido solforico (vetriolo), e riduzione del solfato di rame di nuovo a rame metallico con carbone.

Bernard Palissy (XVI sec), vasaio, studia gli smalti e ne scopre di nuovi con metodi moderni di ricerca sperimentale, ormai lontani dalle pratiche alchemiche.

Giovanni Ventura Rossetti (XVI sec) descrive in *Plichto de l'arte dei tentori ...* del 1548, le tecniche e i processi chimici applicati, al tempo, alla tintura dei tessuti.

Hieronimus Brunschwig (XVI sec) descrive, nel *Liber de Arte distillandi de Simplicibus*, tutte le pratiche sperimentali di distillazione del tempo, destinate prevalentemente all'estrazione di sostanze aromatiche e medicinali dalle piante.

L'UNIFICAZIONE (XVI - XVIII sec)

Galileo Galilei (1564-1642) scrive
Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a due Scienze

Pur ostacolato dalla chiesa per la sua rottura con il sistema aristotelico, e per le sue osservazioni astronomiche che smentivano la centralità della Terra nell'Universo e andavano contro la concezione aristotelica, Galileo sviluppa il *Metodo Scientifico*, che verrà applicato anche in chimica, un secolo più tardi.

La geometria, la matematica e le misure quantitative vengono applicate all'astronomia, per descrivere il moto dei pianeti, e alla fisica, per spiegare la caduta dei gravi, i fenomeni luminosi e il comportamento dei gas in funzione della temperatura e della pressione.

La chimica resta comunque molto arretrata rispetto a questa tendenza, soprattutto perché è difficile rappresentare la reattività chimica in maniera semplice, che consenta l'uso della matematica per rappresentarla.

Lo stesso **Isaac Newton (1642-1727)**, per esempio, sviluppa il calcolo infinitesimale e costruisce la struttura della Fisica Classica, ma si affanna ancora nel cercare ricette di alchimia che gli permettessero di produrre oro per trasmutazione.

Henning Brand (XVII sec),
considerato **l'ultimo alchimista**,
isola il fosforo dall'urina
nell'ennesimo tentativo di
trovare la pietra filosofale.

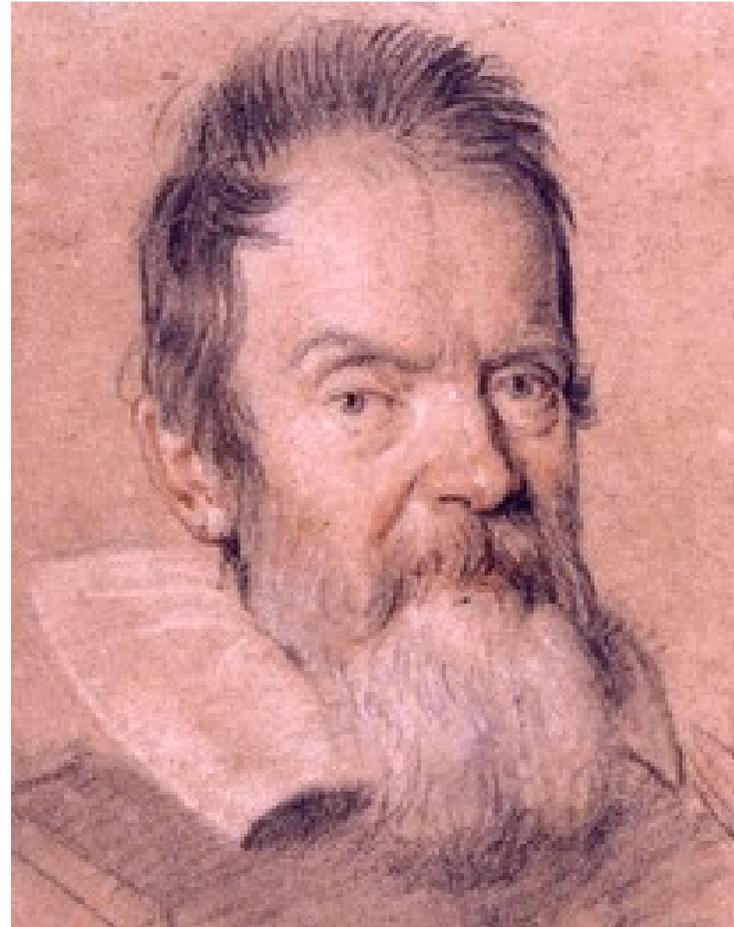




**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO**

**Dipartimento di Chimica
Campus Universitario,
via Orabona 4, Bari**

nascita di una Scienza



Galileo Galilei (1564 –1642)



Galileo Galilei (Pisa 1564 – Firenze 1642)

Letterato, architetto e umanista, ma soprattutto matematico, astronomo e fisico, insegna matematica e fisica alle Università di Pisa, Padova e Firenze.

Sviluppa il telescopio, che usa per osservare i crateri lunari e il sistema solare. Scopre le macchie solari. Sostenitore delle teorie Copernicane, Galileo applica la matematica e la geometria per spiegare il moto dei pianeti, dei satelliti di Giove e delle comete. In piena Controriforma, nel 1633, viene processato e costretto ad abiurare la teoria eliocentrica.

Scrive il “Nuncius Sidereus”, i “Discorsi” e il “Dialogo sui Massimi Sistemi”, con cui vuole diffondere le teorie di Copernico. Sviluppa anche il microscopio e inventa un regolo calcolatore. Determina il peso specifico dell’aria. Studia le maree la caduta dei gravi e il piano inclinato. Codifica le leggi della meccanica classica e dei moti relativi.

Sviluppa e applica il METODO SCIENTIFICO come approccio razionale allo studio e alla spiegazione dei fenomeni naturali

IL METODO SCIENTIFICO: LEGGI, IPOTESI E TEORIE

L'attività fondamentale della scienza è quella di fare *osservazioni*; se eseguite in condizioni controllate, esse possono essere ripetute da chiunque abbia attrezzatura adeguata. La presenza di regolarità in un gruppo di eventi osservati può far proporre un enunciato o un'equazione riassuntiva, che diventa *legge*. Lo scienziato poi si domanda perché la natura segue la legge. Ogni risposta è un'*ipotesi* che, per essere tale, deve suggerire nuovi esperimenti in grado di verificarla o confutarla.

L'ipotesi che regga ai controlli si sviluppa in *teoria*, cioè in un modello della natura che spieghi meglio le osservazioni. Una teoria è valida finché non si trova anche un solo fatto sperimentale che essa non spieghi; in questo caso la si deve modificare o sostituire.

Le osservazioni verificate con gli esperimenti non potranno mai essere cambiate, mentre le teorie che spiegano le osservazioni possono venire sostituite o modificate. E' quindi un errore ritenere che, se si conoscono leggi e teorie derivate da osservazioni sperimentali, non si debbano conoscere i fatti sperimentali. La deduzione di leggi e lo sviluppo di ipotesi e teorie portano a previsioni, da verificare con esperimenti, che spesso si traducono in nuove osservazioni.

Il processo, logico e continuo, è noto come *metodo scientifico*. La scienza, però, non progredisce in modo organizzato e logico. Il successo di una ricerca dipende spesso dall'osservare e interpretare qualcosa di inatteso; spesso esperimenti "non riusciti" aprono la strada a nuove scoperte. Le teorie derivano tanto da ispirazione e intuito, quanto da deduzioni logiche, e non si sviluppano sempre in modo programmato ma, a volte, attraverso molte ipotesi sbagliate.

I GAS E LA CHIMICA PNEUMATICA

Nasce la chimica applicata,
a partire dallo studio dei gas, del vuoto, e della combustione.
La chimica si distacca definitivamente dalle altre Scienze Naturali.
Prendono piede le prime teorie atomiche

La teoria dei quattro elementi perde il suo significato originale, ma alcune sostanze "arie", "vapori" e "spiriti" restano non ben definiti.

Dal secolo XVI i chimici studiano i gas, (dalla parola *chaos*)
che aprono la strada alla chimica moderna.

Jan Baptiste van Helmont (1577-1644), medico fiammingo seguace di Paracelso, chiama **gas silvestre** il gas che si forma per azione degli acidi sulle rocce calcaree, dalla combustione del legno e dalla fermentazione del mosto.

Van Helmont, che riconosce anche l'**idrogeno** come aria, è anche un antesignano della legge di conservazione della massa: fa crescere un albero in una quantità misurata di terra, pesando continuamente l'albero stesso e l'acqua che usa per innaffiarlo.

Lo studio dei gas si presta per primo alle tecniche di misurazione accurata, e apre la strada a quella che diventerà la *chimica analitica*. Un problema analogo sarà il riconoscimento delle materie prime, e il riconoscimento di certe sostanze come *composti* di più *elementi*.

Evangelista Torricelli (1608 - 1647), successore di Galilei a Firenze, dimostra, nel 1643, che l'aria esercita una pressione, come un qualsiasi grave, e inventa il barometro a mercurio che sarà fondamentale per l'elaborazione delle leggi dei gas di Boyle, Mariotte, Gay-Lussac e Charles.

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg}$$



Otto von Guericke (1602 - 1686).

Per mettere alla prova le tesi "pleniste" di Descartes, che negavano l'esistenza del vuoto, von Guericke realizzò, pur tra molti insuccessi, diversi modelli di pompe per produrre il vuoto e vincere l'*Horror Vacui*.

Si impegnò anche a ripetere gli esperimenti barometrici e a studiare a fondo il problema della pressione dell'aria. Nel 1657 von Guericke realizzò il suo esperimento più famoso.

Due semisfere di bronzo di circa 50 cm. di diametro, perfettamente combacianti, vennero unite l'una all'altra dopo che, al loro interno, era stato prodotto il vuoto. Incredibilmente, per separare le due semisfere occorreva la forza congiunta di due pariglie di 8 cavalli che tiravano in direzioni contrapposte. L'esperimento, ripetuto davanti alla corte berlinese nel 1663, confermava le scoperte torricelliane ed evidenziava gli effetti della pressione atmosferica.



Robert Boyle (1627 – 1691)

Irlandese, nobile, è il primo a separare lo studio della chimica dall'alchimia, dalla medicina e dalle altre scienze naturali.

Il suo libro *The sceptical chemist* (1661) è il primo in cui si usa la parola chimica. Come nel “Dialogo” di Galilei, il libro presenta teorie antiche e nuove in forma di discussione tra quattro studiosi immaginari.

Carneade sostiene, come Boyle, la teoria atomistica; *Philloponus* è alchimista, *Themistius* sostiene la dottrina aristotelica mentre *Eleutherius* è il moderatore.

Dopo *The sceptical chemist* gli alchimisti si faranno chiamare chimici. Lo scetticismo di Boyle riguarda i tentativi di definire gli elementi basandosi sul semplice ragionamento (es. aria - acqua - fuoco - terra), piuttosto che sugli esperimenti. *Un composto poteva essere scisso in più elementi.*

Boyle dirige un grosso gruppo di ricerca, con assistenti, tecnici e segretari, simile a un moderno dipartimento. Diventa atomista, influenzato dalle teorie filosofiche del V sec a.c., e considera i gas come composti da corpuscoli di dimensioni piccolissime, che possono essere avvicinati e allontanati a piacere variando la pressione del sistema. Anche fenomeni come l'evaporazione dei liquidi erano interpretabili invocando l'esistenza degli atomi.



Come Boyle, anche Newton fu atomista. Dopo duemila anni l'atomismo ricominciò a fare proseliti. Sarebbero stati necessari almeno altri due secoli, però, per chiarire il concetto di atomo.

Boyle fu sperimentatore molto abile; inventò apparecchiature e strumenti graduati per le analisi chimiche. Iniziò ricerche, che i suoi assistenti avrebbero continuato, sulla natura di tutte le arie note all'epoca. Concluse che l'aria è necessaria alla combustione.

Usando il manometro di Torricelli, e pompe da vuoto migliori di quelle di von Guericke, Boyle studia la relazione tra pressione e volume dei gas $PV = K$ successivamente corretta dal francese Edme Mariotte (1630-1684) per includere l'effetto della temperatura.

Boyle era favorevole al metodo sperimentale per la determinazione e il riconoscimento degli elementi, ma non sapeva quali potessero essere. Era possibile, per esempio, che il metodo sperimentale riconducesse ai quattro elementi dei greci. All'epoca sette metalli (oro, argento, rame, ferro, stagno, piombo e mercurio) e due metalloidi (carbonio e zolfo) erano considerati elementi; quattro altri elementi (arsenico, antimonio, zinco e bismuto) erano considerati composti.

Boyle era ancora convinto della teoria alchemica, secondo cui i metalli si potessero trasformare l'uno nell'altro. Nel 1689 esortò il governo britannico a revocare la legge contro la produzione dell'oro per alchimia, perché non ostacolasse i suoi esperimenti. Usa estratti vegetali come indicatori acido/base, scopre l'alcol metilico.

LA COMBUSTIONE

Nel 1616 **Robert Fludd** (1574 - 1637) aveva descritto la combustione di una candela galleggiante sull'acqua, sotto una campana di vetro, in cui l'acqua si innalzava fino a occupare una frazione del volume della campana quando la candela si spegneva.

Gli assistenti di Boyle **Robert Hooke** (1635 - 1703) e **John Mayow** (1641 - 1679) hanno il merito di iniziare lo studio sistematico di tutte le *arie* note. Essi notano, rispettivamente:

l'aumento di peso nella calcinazione dei metalli all'aria

la presenza, nell'aria, di una sostanza necessaria alla combustione e alla respirazione

Per Mayow, da molti considerato il precursore di Lavoisier, l'aria è costituita da una parte inerte e da un componente, lo *spirito nitro-aereo*, che rende l'aria respirabile e sostiene la combustione di certe sostanze.

Con la messa a punto di campane idrauliche, barometri e macchine pneumatiche sempre più accurate, si studiano, quindi, tutti i gas noti, la natura della combustione e del fuoco, e il perché certe sostanze bruciano mentre altre no.

Le teorie sulla combustione, comunque, si legano sempre alla presenza di un qualche principio della infiammabilità, es. dello zolfo, o della *terra pinguis*, secondo **Johan J. Becher** (1635 - 1682).

LA TEORIA DEL FLOGISTO

Il medico e chimico tedesco **Georg Ernst Stahl** (1660-1734) propone, nel suo *Fundamenta Chymiae dogmaticae et experimentalis*, un altro principio di infiammabilità, e pubblica la teoria del **FLOGISTO** (*φλογιστον*, *infiammabile* in greco) nel 1723, secondo cui le sostanze infiammabili erano ricche di flogisto e la combustione altro non era che la cessione del *flogisto* all'aria da parte delle sostanze combustibili. Ciò che rimaneva era privo di *flogisto*.

Il *flogisto* sarebbe, quindi, presente nella legna, nel carbone e nei grassi, ma non nella cenere. L'aria servirebbe semplicemente come solvente del flogisto, e la fiamma si manifesterebbe quando la cessione di *flogisto* è veloce.

combustibile → flogisto + cenere

Stahl concepisce anche la teoria del **VITALISMO**, che divide le sostanze in "vitali" e "non vitali"



Il potere combustibile di una sostanza è proporzionale alla sua quantità di *flogisto*. *flogisto* era presente anche nei metalli. Con lo stesso criterio, infatti, erano spiegati la calcinazione (ossidazione a caldo all'aria) dei metalli, l'arrugginimento del ferro, e la riduzione ad alta temperatura dei minerali con carbone. Le differenze di peso nei vari processi non erano considerate importanti. Il *flogisto*, infatti, nelle ossidazioni dei metalli avrebbe dovuto avere peso negativo !

metallo → flogisto + calce (ossido)

ferro → flogisto + ruggine

minerale + carbone → flogisto + metallo

La teoria del *flogisto*, principio metafisico legato ancora ai quattro elementi greci, è comunque considerata il primo approccio allo studio delle reazioni chimiche. Nella ricerca del *flogisto* sono stati individuati gas nuovi, e "arie" inizialmente considerati diversi e sono state identificate come lo stesso gas.

Pur incontrando opposizione da parte dei pochi chimici che facevano misure quantitative, la teoria del *flogisto* contò numerosissimi sostenitori, e fece diventare di moda la chimica in tutta Europa, anche se "distrasse" i chimici per tutto il XVIII secolo.

Il '700 e la scoperta dei gas

Nonostante fossero sistemi riconosciuti fin dai tempi di van Helmont, ai tempi di Stahl i gas non venivano pesati, come succedeva per solidi e liquidi, anche perché non era ancora noto un sistema semplice per contenerli e isolarli.

Le cose migliorano quando **Stephen Hales** (1677 - 1761) inventa l'**eudiometro**, uno strumento che permette di raccogliere i gas sulla superficie dell'acqua all'interno di un recipiente.



Apparecchio per la raccolta dei gas ideato da S. Hales.

Le scoperte sistematiche sui gas avvengono prevalentemente nel Regno Unito, e raggiungeranno l'Europa continentale verso la fine del '700, dove si confronteranno con la teoria del flogisto e con le scoperte di **Lavoisier**.

Joseph Black (1728-1799; Univ. Edimburgo) produce nel 1754 il *gas silvestre*, CO_2 , di van Helmont, per decomposizione termica delle rocce calcaree. Lo chiama *aria fissa*, perché contenuto in un solido, e ne deduce la presenza anche nell'aria dal fatto che la calce, esposta all'aria, nel tempo si ritrasforma in calcare. L' *aria fissa*, quindi, può trasferirsi da una sostanza all'altra. Questa scoperta rende i gas meno misteriosi, in quanto li associa a liquidi e solidi.



Da queste considerazioni **Boyle** deduce che l'aria è una miscela di almeno due gas, e misura la quantità di calcare in grado di neutralizzare una quantità di acido predeterminata. Black definisce anche il **calore latente di fusione** e studia gli alcali con sistematicità.

Joseph Black.



Daniel Rutherford (1749-1812)

studente di Black, nel 1772 scopre l' **azoto**, *aria flogisticata*, consumando prima l'ossigeno (candela, respirazione) dell'aria contenuta in una campana di vetro, e poi facendo assorbire l'anidride carbonica su ossido di calcio. Il gas residuo non sostiene la combustione, né la respirazione. La spiegazione è, però, ancora legata alla teoria del flogisto: il gas residuo è detto *aria flogisticata* perché si saturerebbe del flogisto ceduto dalla combustione, e non è più in grado di sostenerla.

Henry Cavendish (1731-1810)

nel 1766 descrive la reattività dell'aria fissa e la sua solubilità e acidità in acqua. Poco dopo scopre l' **idrogeno** dalla reazione di acidi con metalli (ancora considerate sostanze miste), e ne determina la densità. Data la sua infiammabilità (*aria inflammabilis*) pensò di aver isolato il *flogisto*.



Nel 1783 Cavendish dimostra che la combustione dell'idrogeno produce acqua, dimostrando che la stessa non è un elemento, ma un composto.

Joseph Priestley (1733-1804)

studia la solubilità della CO_2 in acqua, le acque minerali, e la fermentazione della birra, che produce CO_2 in quantità.

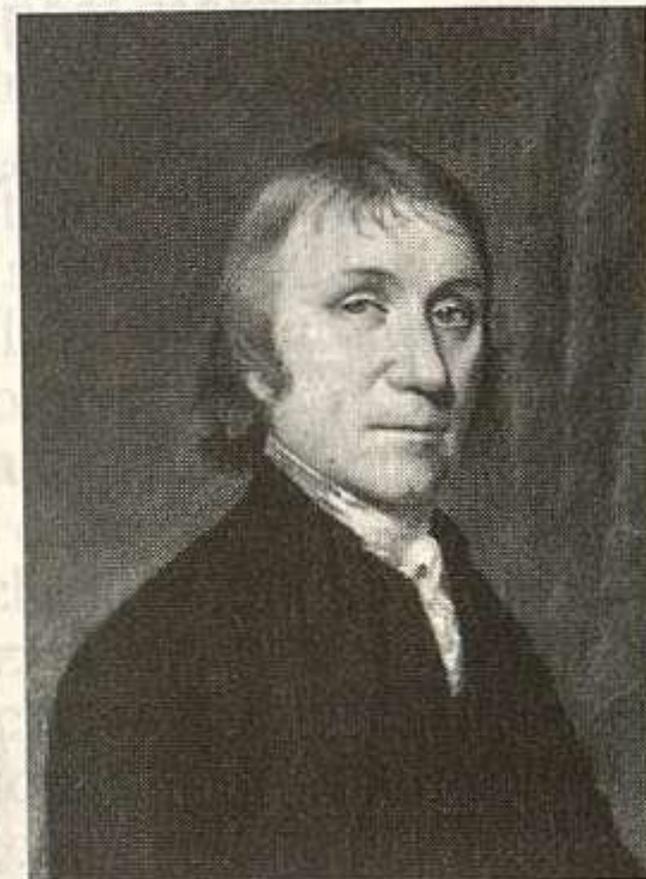
Priestley sfrutta le sue esperienze e commercializza la soluzione del gas in acqua con il nome di *acqua di seltz*.

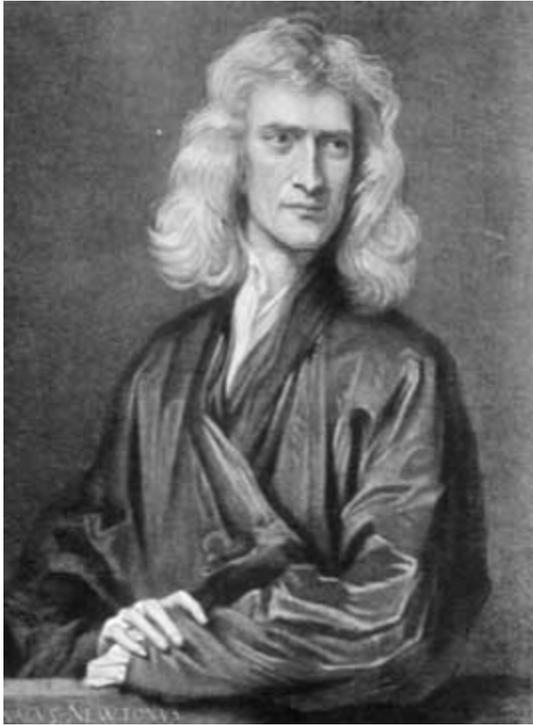
Raccogliendo i gas su mercurio e non su acqua, dove sono solubili, Priestley isola anche altri gas: HCl , SO_2 , NH_3 , NO_2 . Nel 1774 decompone la *calce* (ossido rosso) di mercurio e isola l'**ossigeno**, che chiama *aria deflogisticata*.



Lo stesso esperimento verrà ripetuto, tra gli altri, da **Lavoisier**, in condizioni controllate, per validare la teoria della conservazione della massa.

Joseph Priestley.





Isaac Newton
(1642 - 1727)

Definisce le tre leggi del moto e codifica la
MECCANICA CLASSICA;

studia e codifica le leggi della
GRAVITAZIONE;

parla per primo di fotoni e introduce le leggi dell'
OTTICA GEOMETRICA

inventa il
CALCOLO DIFFERENZIALE

Pubblica, nel 1686, i
PRINCIPIA MATHEMATICA PHILISPHIAE NATURALIS

e, nel 1704,
OPTICS

A fronte di contributi fondamentali e rivoluzionari alla Fisica e alla Matematica, che ne fanno probabilmente lo scienziato più illustre di tutti i tempi, nel campo della chimica Newton non incide, anzi, continua a credere nella trasmutazione dei metalli.

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore *J. S. NEWTON*, *Trin. Coll. Cantab. Soc. Mathematicos*
Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. P E P Y S, *Reg. Soc. PRÆSES.*
Julii 5. 1686.

LONDINI,

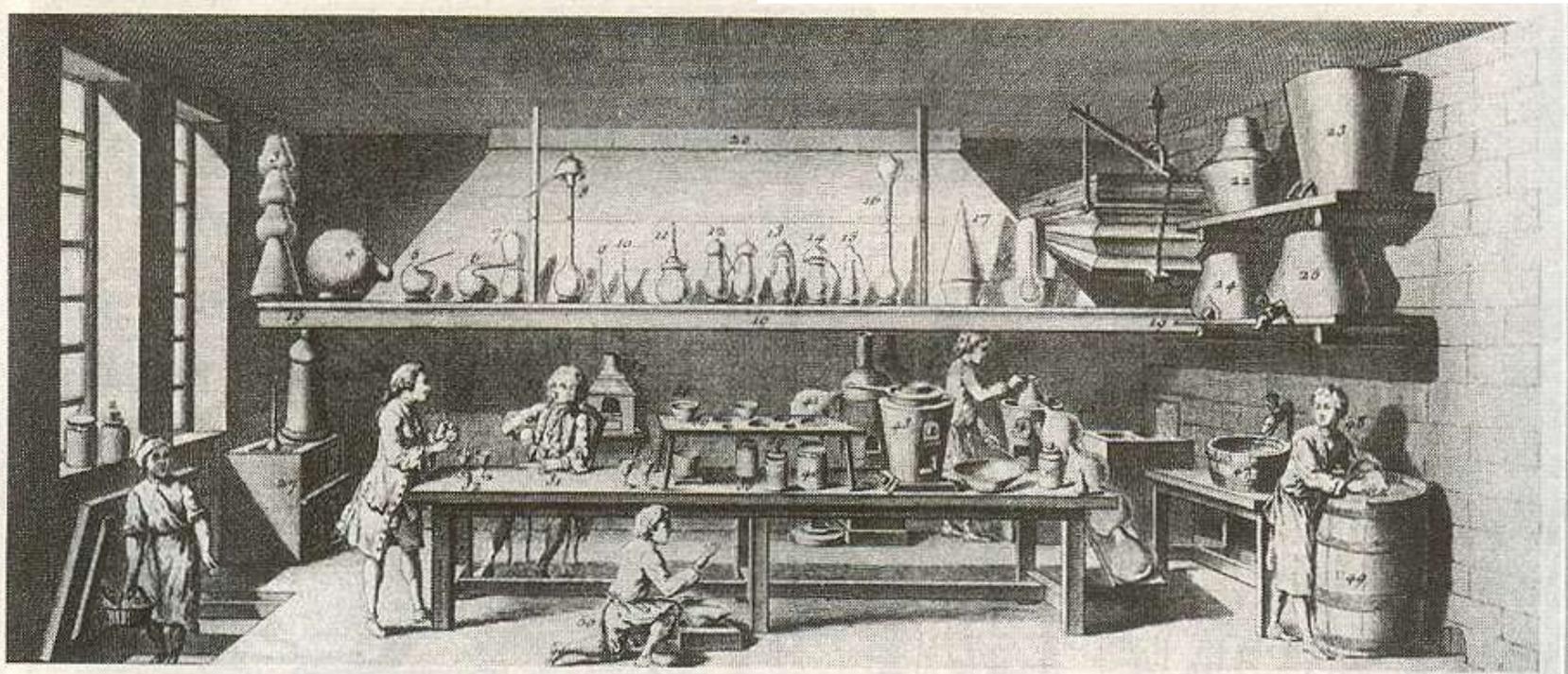
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud
plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

IL SECOLO DEI LUMI E L' ENCYCLOPEDIA

Il settecento è il secolo di Voltaire e di Rousseau, è il secolo dei "lumi" della ragione, e de l'*Encyclopedie* di Diderot e d'Alambert (1° volume, 1751), cui collaborano i massimi pensatori della francia settecentesca.

L' *Encyclopedie* spiega tutte le conoscenze del tempo, e riporta alcune nozioni di chimica, la produzione del salnitro, della ceralacca, del vetriolo, del sapone e dell'allume, ma non ancora le scoperte dei gas.

Un laboratorio di chimica del sec. XVIII (tavola dall'«Enciclopedia» di Diderot e D'Alembert).



Antoine Laurent Lavoisier

(1743 - 1794)

Figlio di un ricco avvocato di Parigi, anche lui avvocato, si dedica alla Chimica con l'aiuto della moglie Marie Anne Pierrette. A 25 anni è già membro dell'Accademia di Francia.



Affascinato dal fenomeno della combustione, mantiene in proprio un attrezzato laboratorio, degli assistenti e le migliori apparecchiature e bilance disponibili al tempo. Nel 1789 enuncia, dopo esperimenti quantitativi su numerose reazioni, la **legge della conservazione della massa**.

Lavoisier è il primo chimico a riconoscere l'importanza delle misure quantitative. Ripetendo e migliorando le esperienze di Black, Cavendish e Priesley, ordina rigorosamente tutte le conoscenze dell'epoca sui gas.

Nel **1760**, con un calorimetro a ghiaccio costruito con **Laplace** compie le prime misure dei calori specifici e del calore di reazione. La sua prima opera importante, pubblicata nel **1764**, riguarda lo studio della composizione del gesso (solfato idrato) di calcio per decomposizione termica seguita dall'accurata misura dell'acqua formata.



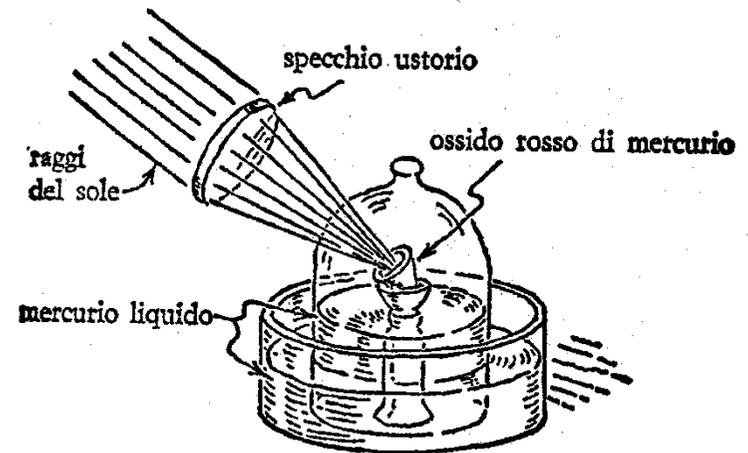
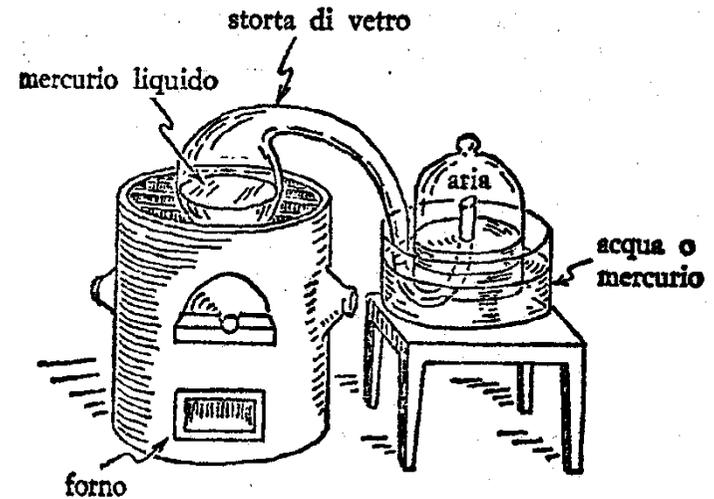
Le sue accurate determinazioni della massa dei reagenti e dei prodotti nei processi chimici, effettuate con la **bilancia analitica** e con la raccolta e la pesata dei gas, lo portano a formulare la **legge di conservazione della massa** e, subito dopo, a demolire la teoria del *flogisto*.

Nel **1770**, dopo aver riscaldato una quantità accuratamente pesata di acqua per 100 giorni, in un apparecchio che non permette perdite di vapore, dimostra che il peso iniziale dell'acqua è uguale alla somma del peso dell'acqua distillata e del residuo solido. Confuta, così, la trasformazione dell'elemento "acqua" nell'elemento "terra", e avvalorata la teoria della conservazione della massa.

Nel 1777 Lavoisier dimostra quantitativamente (*Memoire su la combustion en general*), con la calcinazione del mercurio all'aria, che la calce di mercurio pesa più del metallo originario perché si combina con un gas dell'aria (*aria vitale*) che chiama **oxygén** (generatore di ossidi), l'*aria deflogisticata* di Priestley. L'esperienza segna la fine della teoria del *flogisto* e avvalorava ancora la **legge della conservazione della massa**.

metallo + oxygén -> calce

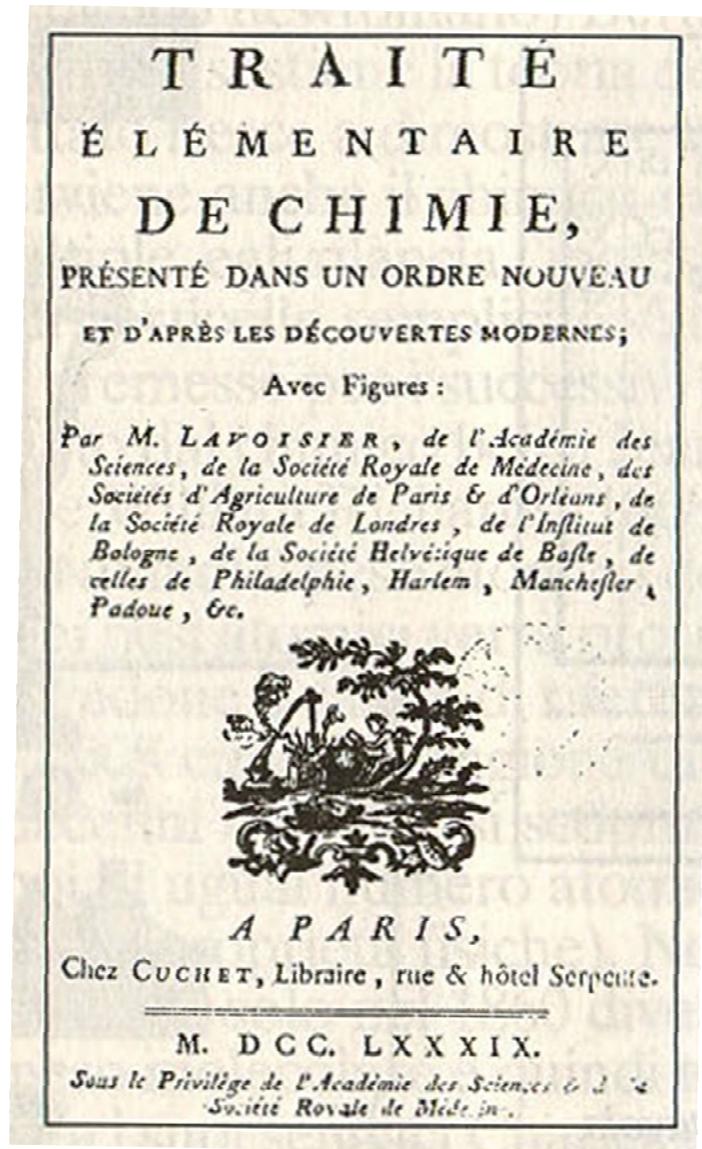
Anche il chimico russo Lomonosov (1719 - 1765) era già arrivato a conclusioni analoghe, indipendentemente, negando la teoria del flogisto.



Nel **1787** pubblica il *Methode de Nomenclature Chimique*, in cui propone un sistema moderno di nomenclatura chimica, che sostituisca quello irrazionale derivato dall'alchimia. Lavora, inoltre, alla definizione del **sistema metrico decimale**. Nel **1789** scrive il *“Traité Elementaire de Chimie”*, il primo testo moderno di chimica, in cui compare la tabella dei **corpi semplici**, detti *principii*, cioè le sostanze considerate come elementi. Tra di essi compaiono anche *luce* e *calorico*. Dei 33 elementi, 8 in realtà sono composti.

II. TABLEAU DES COMBINAISONS DU CALORIQUE
avec les différentes Substances Simples pour former les Trois Etats des Corps: Solide, Liquide et Aeriforme

	Solide	Liquide	Aeriforme		Solide	Liquide	Aeriforme		Solide	Liquide	Aeriforme
Azote	/	✓	✓	Cuivre	⊙	⊙	⊙	Radical Pyro-tartareux	⊙	⊙	⊙
Potasse	△	△	△	Plomb	⊙	⊙	⊙	—Oxalique	⊙	⊙	⊙
Soude	△	△	△	Fer	⊙	⊙	⊙	—Gallique	⊙	⊙	⊙
Baryte	▽	▽	▽	Zinc	⊙	⊙	⊙	—Citrique	⊙	⊙	⊙
Chaux	▽	▽	▽	Manganese	⊙	⊙	⊙	—Malique	⊙	⊙	⊙
Magnésie	▽	▽	▽	Nickel	⊙	⊙	⊙	—Bruzoique	⊙	⊙	⊙
Alumine	▽	▽	▽	Bismuth	⊙	⊙	⊙	—Pyro-lignique	⊙	⊙	⊙
Silice	▽	▽	▽	Antimoine	⊙	⊙	⊙	—Campherique	⊙	⊙	⊙
Hidrogène	⊙	⊙	⊙	Arsenic	⊙	⊙	⊙	—Lactique	⊙	⊙	⊙
Carbone	⊙	⊙	⊙	Molybdène	⊙	⊙	⊙	—Saclactique	⊙	⊙	⊙
Soufre	⊙	⊙	⊙	Tunstène	⊙	⊙	⊙	—Formique	⊙	⊙	⊙
Phosphore	⊙	⊙	⊙	Radical Muriatique	⊙	⊙	⊙	—Prussique	⊙	⊙	⊙
Or	⊙	⊙	⊙	—Boracique	⊙	⊙	⊙	—Sébacique	⊙	⊙	⊙
Platine	⊙	⊙	⊙	—Fluorique	⊙	⊙	⊙	—Bombique	⊙	⊙	⊙
Argent	⊙	⊙	⊙	—Succinique	⊙	⊙	⊙	—Lithique	⊙	⊙	⊙
Mercur	⊙	⊙	⊙	—Acéteux	⊙	⊙	⊙	Ether	⊙	⊙	⊙
Etain	⊙	⊙	⊙	—Tartareux	⊙	⊙	⊙	Alkool	⊙	⊙	⊙



A ciascun elemento nei tre stati di aggregazione Lavoisier assegna un simbolo. Lavoisier decompone l'acqua in idrogeno e ossigeno nel rapporto 2:1, e la riforma facendoli reagire in modo controllato.

In collaborazione con **Laplace** Lavoisier dimostra, inoltre, che la quantità di calore spesa per decomporre un composto nei suoi costituenti è pari a quella sviluppata dalla formazione dello stesso composto a partire dai suoi componenti.

Arrestato per la sua appartenenza alla organizzazione dei *fermier general* (esattori) durante la monarchia, viene processato e ghigliottinato durante il periodo del Terrore della rivoluzione francese, di cui era stato parte intellettuale, l'8 maggio 1794.

LE MACCHINE A VAPORE

Nel sec. XVII vengono costruite le prime macchine a vapore, che stimolano lo studio dei gas, dell'aria *in primis*, e lo sviluppo delle teorie sui gas e sulla combustione. Stimoleranno anche la definizione scientifica della

TERMODINAMICA

Thomas Savery (1650 - 1715), e Thomas Newcomen (1663 - 1729) realizzano le prime macchine a vapore sicure, che verranno rese efficienti e affidabili dallo scozzese James Watt (1736 - 1819).

INIZIA LA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

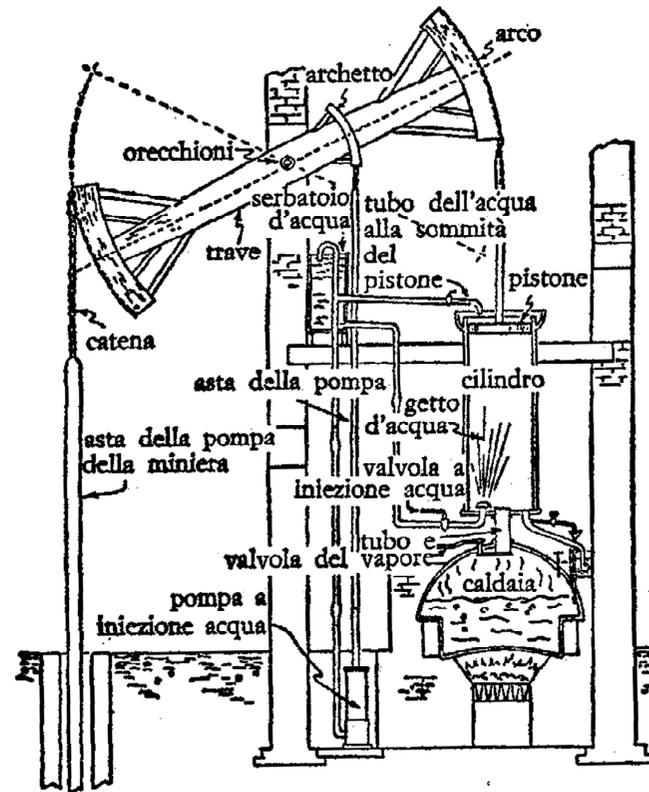


Fig. 5. Pompa di Newcomen azionata dalla pressione atmosferica. L'acqua spruzzata sul cilindro faceva condensare il vapore, generando il vuoto. Il pistone discendeva nel vuoto, e veniva fatto risalire da una nuova immissione di vapore.

Il XIX secolo: la composizione delle sostanze e i pesi atomici

Il metodo scientifico di Lavoisier si applica con difficoltà a sostanze diverse dai gas. La purezza dei composti solidi, inoltre, può essere determinante per i risultati.

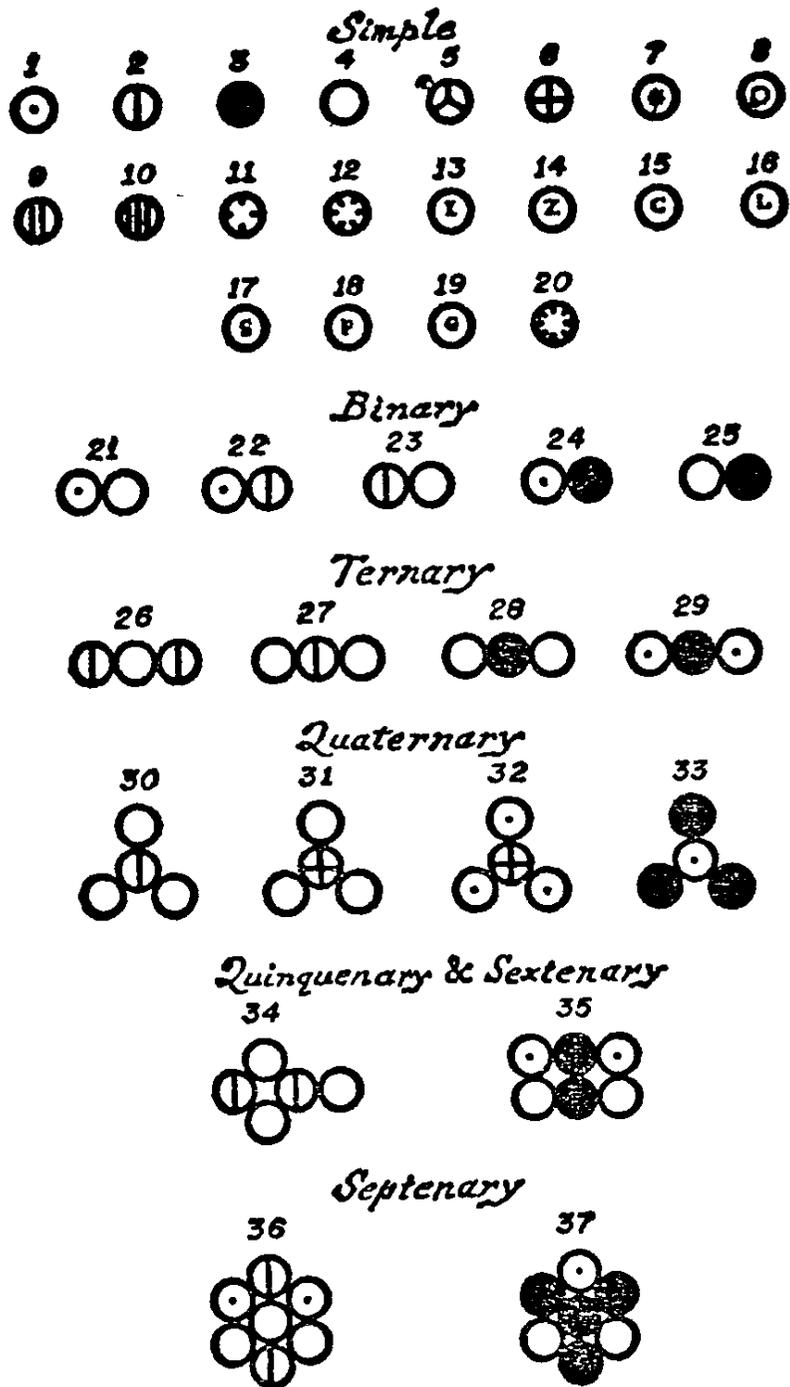
All'inizio del XIX sec i chimici, quindi, indagano la composizione delle sostanze per scoprire le leggi fondamentali delle combinazioni, che nel '700 erano spiegate con la **TEORIA DELLE AFFINITA'** di **E. Geoffreoy** (1672-1731), basata sull'osservazione che certe combinazioni sono più probabili di altre, che aveva portato alla stesura di improbabili tavole delle affinità, e alla definizione di simboli chimici.

Joseph L. Proust (1754-1826), esule in Spagna durante la Rivoluzione Francese, contro le idee di **Claude L. Berthollet** (1748-1822), collaboratore di Lavoisier, dimostra che, indipendentemente da modo e luogo di preparazione, il rapporto ponderale tra i componenti di un composto è fisso (es. 5.3(Cu):4(O):1(C) per CuCO_3), e non variabile.

E' la **legge delle proporzioni fisse, o definite**. E' la prima indicazione quantitativa che la materia è costituita da atomi.

Alle stesse conclusioni giunge il chimico inglese **John Dalton** (1766-1844) che, con la **Legge delle proporzioni multiple** rilancia l'ipotesi degli atomi, e calcola per primo i pesi atomici. Inizialmente all'idrogeno è assegnato il valore 1.000 di riferimento. Poi il riferimento, con **Berzelius**, sarà l'atomo di ossigeno, con peso 16,0000.

La teoria atomica, e i pesi atomici, che spesso erano numeri decimali, sarà comunque avversata fino al 1860. I chimici preferiscono usare i pesi equivalenti, definiti da **J. Richter** nel 1792, fino alla definizione dei pesi atomici e dei concetti di molecola e mole, di **Avogadro**, accettati al 1° congresso internazionale di chimica del 1860.



John Dalton (1766-1844)



Matematico, Chimico e Fisico, atomista, usa per primo simboli moderni per gli atomi e a per le molecole, basandosi sul lavoro di Lavoisier e su accurate esperienze di laboratorio. Enuncia la **legge delle proporzioni definite** dei composti

Simboli di Dalton per alcuni elementi e composti:

idrogeno (1); azoto (2); carbonio (3); ossigeno (4); rame (15); argento (17); oro (19); acqua (21).

Dalton indicò l'acqua (21), come HO anziché come H_2O , e diede all'idrogeno peso relativo 1 e all'ossigeno 8.

Altre formule, come per l'ossido di carbonio (25), l'anidride carbonica (28) e l'ammoniaca (30), erano esatte.

Pesi e simboli

Jakob J. Berzelius (1779-1848) svedese, si dedica alla determinazione della composizione di tutti i composti noti all'epoca e, dopo centinaia di esperimenti, pubblica, nel 1828, la tavola corretta dei pesi atomici, relativi all'idrogeno, per tutti gli elementi scoperti fino ad allora ($H=1$, $O=15.9$; la tavola di B. aveva numeri non interi), confermando la legge delle proporzioni definite e le ipotesi di Dalton. In quel periodo l'inglese **Prout** aveva ipotizzato che i diversi atomi degli elementi fossero composti da numeri interi di atomi di idrogeno. La scoperta di pesi atomici non interi fece abbandonare questa teoria.



Berzelius usò anche i dati di **Dulong** e **Petit** sul calore specifico degli elementi, e quelli di **Gay Lussac**. I dati di Berzelius verranno confermati da **Jean S. Stas** (BEL, 1813-91) e da **Theodore W. Richards** (US, 1868-1928).

Successivamente, i pesi atomici relativi verranno riferiti all'ossigeno ($H=1.008$, $O=16.00$).

Sulla base della teoria atomica, agli elementi vengono assegnati i **simboli chimici** attuali, prima da Dalton, poi dallo stesso Berzelius. Dopo il congresso di Karlsruhe, con l'uso delle formule molecolari proposte da Cannizzaro, e della mole, prendono definitivamente piede le **equazioni chimiche**. Berzelius, che sviluppò una teoria errata di affinità che spiegasse l'elettrochimica, comunque non accettò la teoria molecolare di Avogadro.

CHIMICA ED ELETTRICITÀ

L' $\epsilon\lambda\epsilon\kappa\tau\rho\nu$ greco (l'ambra strofinata attira oggetti leggeri)

William Gilbert (1540-1603) verifica il comportamento dell'ambra per altre sostanze, che chiama *elettriche*. Si parla di *cariche elettriche* e di *elettricità*.

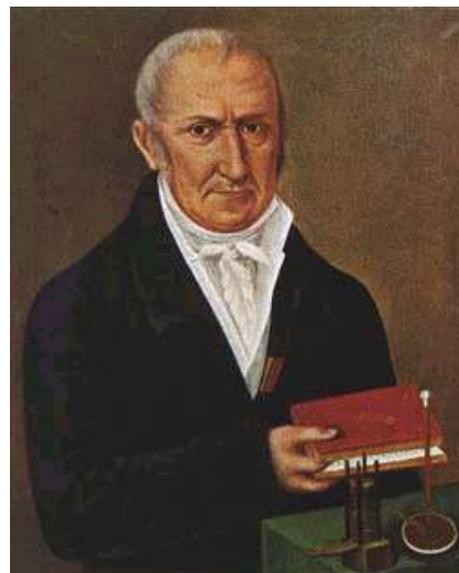
Charles F. de Cisternay du Fay (1698-1739) identifica due tipi di cariche elettriche (vetrosa e resinosa), e osserva che le cariche opposte si attraggono, e quelle uguali si respingono.

Benjamin Franklin (1706-1790), il primo scienziato americano, studia i fulmini e altri fenomeni elettrici. Introduce i termini di corrente e carica elettrica, positiva e negativa. Franklin è uno dei firmatari della dichiarazione di indipendenza degli US.

Gli olandesi **A. Paets van Troostwijk** e **J. R. Deiman** usano la macchina elettrostatica di **John Cuthbertson** (1743-1821) per compiere l'analisi e la sintesi dell'acqua, e verificare il lavoro di Lavoisier. Concludono che l'elettricità fornisce l'energia necessaria (calore) per scomporre l'acqua in idrogeno e ossigeno.



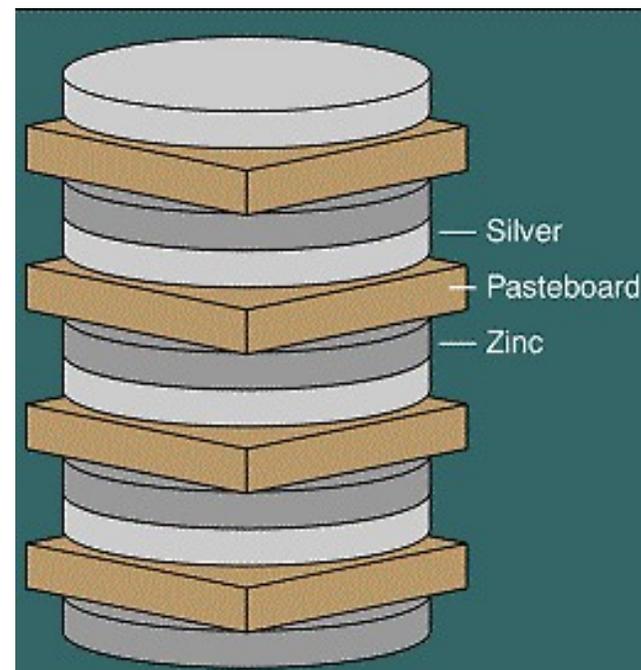
Alessandro Volta
(1745 - 1827)



Il 20 Marzo 1800 **Alessandro Volta** comunica di aver costruito la prima pila elettrica, o *organo elettrico artificiale*, alternando dischi di metalli diversi separati da soluzioni di elettroliti.

Volta, introdotto da **Berthollet**, presenta la pila a Napoleone Bonaparte, ed è il primo a collegare tra loro fenomeni elettrici e reazioni chimiche.

La pila di Volta permetterà, nei successivi 15-20 anni, di sintetizzare metalli ancora sconosciuti.



Poche settimane dopo la comunicazione di Volta, nel 1800 **William Nicholson** (1753-1815) e **Anthony Carlisle** (1768-1840) usano la pila di Volta per effettuare l'elettrolisi dell'acqua. Misurano i volumi dei gas prodotti e confermano il rapporto 2:1 in volume tra idrogeno e ossigeno, e il fatto che l'acqua è un composto.



L'esperienza di Nicholson e Carlisle permetta anche di determinare il rapporto in peso 1:8 tra idrogeno e ossigeno, e questo portava alla conclusione che il rapporto in peso tra gli atomi di idrogeno e di ossigeno fosse 1:16.

Questo risultato, tra gli altri, apre la strada all'ipotesi molecolare di **Avogadro**.

Humphrey Davy (1778-1829) fu il primo a usare sistematicamente la pila di Volta per scopi sintetici. Con una pila composta da più di 250 elementi isola, per elettrolisi di sali fusi, i metalli alcalini e alcalino-terrosi sodio, potassio, bario e calcio, e offre una prima teoria sugli effetti chimici dell'elettricità.

Michael Faraday (1791-1867), allievo di Davy, spiega a fondo il meccanismo dell'elettrolisi, usando il concetto di peso equivalente di Richter, e coniando termini (*catodo, anodo, elettrolisi, ioni, anioni, cationi*) usati ancora oggi.

Nelle *Experimental Researches in Electricity* di Faraday si ritrovano le leggi dell'elettrolisi come le conosciamo oggi

Amedeo Avogadro (1776 – 1856)

Magistrato e Senatore del regno di Sardegna. Laureato in giurisprudenza e in legge ecclesiastica. La sua carriera scientifica è legata agli studi di Volta. Si interessa al concetto di acidità e basicità delle sostanze e descrive gli idracidi. Compila una prima tabella dei potenziali elettrochimici degli elementi, distribuendo quelli noti in una successione ai cui estremi stavano rispettivamente gli elementi più elettronegativi e quelli più elettropositivi. Nel 1811 pubblica l' *Essai d'une maniere de determiner les masses relatives des molecules elementaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinazioni* in cui concilia l'ipotesi atomistica di Dalton con le osservazioni di Gay-Lussac e di Von Humboldt sui gas, e **distingue tra atomo e di molecola**, che prima erano usati come sinonimi. **Definisce la mole come unità di misura della quantità di materia.**



Stanislao Cannizzaro.

Frontespizio della «Filosofia chimica» di Cannizzaro (1858).

Stanislao Cannizzaro (1826-1910)

E' protagonista al primo congresso internazionale di chimica (1860, 140 partecipanti), dove divulga le teorie di Avogadro, nel documento **Nuovo Cimento**, che vengono così accettate.

Cannizzaro usava già la teoria molecolare di Avogadro nel suo corso all'Università di Genova. Mendeleev accetterà le teorie di Avogadro e si baserà anche su queste per costruire la tabella periodica degli elementi qualche anno più tardi.

“Si propone di adottare concetti diversi per molecola e atomo, considerando molecola la quantità più piccola di sostanza che entra in reazione e che ne conserva le caratteristiche fisiche, e intendendo per atomo la più piccola quantità di un corpo che entra nella molecola dei suoi composti”

Nel 1869-71 **Dimitri I. Mendeleev**, che aveva partecipato al 1° Congresso Internazionale di Chimica nel 1860, influenzato dalle presentazioni di **Cannizzaro** e dall'opera di **Avogadro**, elabora la **TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI**, in cui questi sono ordinati in funzione del peso atomico (prima, poi del numero atomico) crescente, in gruppi che tengono conto della valenza degli elementi e delle proprietà periodiche. Conoscendo solo 69 elementi, Mendeleev lascia delle caselle vuote per gli elementi che saranno scoperti in seguito, di cui prevede le proprietà chimiche.

Exa Boro → GALLIO (1875)

Eka Alluminio → SCANDIO (1879)

Eka Silicio → GERMANIO (1886)

Dimitri I. Mendeleev, (1834 – 1907)



U.D.: MENDELEEV ■ Le previsioni del 1871

PROPRIETÀ

Peso Atomico

Densità

Punto di Fusione

Formula Ossido

Eka Alluminio

circa 68

5,9

basso

EAl_2O_3

Gallio (1875)

69,9

5,93

30,1 °C

Ga_2O_3

PROPRIETÀ

Peso Atomico

Formula Ossido

Densità Ossido

Eka Boro

44

EB_2O_3

3,5

Scandio (1879)

44,1

Sc_2O_3

3,8

PROPRIETÀ

Peso Atomico

Densità

Volume Atomico

Valenza

Calore Specifico

Eka Silicio

72

5,5

13

4

0,073

Germanio (1886)

72,32

5,47

13,22

4

0,076

Tavola periodica degli elementi

gruppo		Tavola periodica degli elementi																gas nobili	
I												III	IV	V	VI	VII	VIII		
periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1 H idrogeno 1,008											5 B boro 10,81	6 C carbonio 12,01	7 N azoto 14,01	8 O ossigeno 16,00	9 F fluoro 19,00	2 He elio 4,003		
2	3 Li litio 6,941	4 Be berillio 9,012											13 Al alluminio 26,98	14 Si silicio 28,09	15 P fosforo 30,97	16 S zolfo 32,07	17 Cl cloro 35,45	10 Ne neon 20,18	
3	11 Na sodio 22,99	12 Mg magnesio 24,31	elementi di transizione										31 Ga gallio 69,72	32 Ge germanio 72,61	33 As arsenico 74,92	34 Se selenio 78,96	35 Br bromo 79,90	18 Ar argo 39,95	
4	19 K potassio 39,10	20 Ca calcio 40,08	21 Sc scandio 44,96	22 Ti titanio 47,88	23 V vanadio 50,94	24 Cr cromo 52,00	25 Mn manganese 54,94	26 Fe ferro 55,85	27 Co cobalto 58,93	28 Ni nichel 58,69	29 Cu rame 63,55	30 Zn zinc 65,39	31 Ga gallio 69,72	32 Ge germanio 72,61	33 As arsenico 74,92	34 Se selenio 78,96	35 Br bromo 79,90	36 Kr cripto 83,80	
5	37 Rb rubidio 85,47	38 Sr stronzio 87,62	39 Y ittrio 88,91	40 Zr zirconio 91,22	41 Nb niobio 92,91	42 Mo molibdeno 95,94	43 Tc tecnecio (98)	44 Ru rutenio 101,1	45 Rh radio 102,9	46 Pd palladio 106,4	47 Ag argento 107,9	48 Cd cadmio 112,4	49 In indio 114,8	50 Sn stagno 118,7	51 Sb antimonio 121,8	52 Te tellurio 127,6	53 I iodio 126,9	54 Xe xeno 131,3	
6	55 Cs cesio 132,9	56 Ba bario 137,3	57 La lantanio 138,9	* Hf afnio 178,5	Ta tantalio 180,9	W wolframio 183,9	Re renio 186,2	Os osmio 190,2	Ir iridio 192,2	Pt platino 195,1	Au oro 197,0	Hg mercurio 200,6	81 Tl tallio 204,4	82 Pb piombo 207,2	83 Bi bismuto 209,0	84 Po polonio (209)	85 At astato (210)	86 Rn rado (222)	
7	87 Fr francio (223)	88 Ra radio 226,0	89 Ac attinio 227,0	* Rf rutherfordio (261)	Db dubnio (262)	Sg seaborgio (263)	Bh bohrio (262)	Hs hassio (265)	Mt meitnerio (268)	Ds darmstadtio (269)	Rg roentgenio (272)	112 Uub ununbio (285)	113 Uut ununtrio (284)	114 Uuq ununquadio (289)	115 Uup ununpentio (288)	116 Uuh ununhexio (292)	117 Uus ununseptio (310)	118 Uuo ununottio (314)	

* lantanidi

* attinidi

58 Ce cerio 140,1	59 Pr praseodimio 140,9	60 Nd neodimio 144,2	61 Pm promezio (145)	62 Sm samario 150,4	63 Eu europio 152,0	64 Gd gadolinio 157,3	65 Tb terbio 158,9	66 Dy disprosio 162,5	67 Ho olmio 164,9	68 Er erbio 167,3	69 Tm tulio 168,9	70 Yb ytterbio 173,0	71 Lu lutezio 175,0
90 Th torio 232,0	91 Pa protattinio 231,0	92 U uranio 238,0	93 Np nettunio 237,0	94 Pu plutonio (244)	95 Am americio (243)	96 Cm curio (247)	97 Bk berkelio (247)	98 Cf californio (251)	99 Es einsteinio (252)	100 Fm fermio (257)	101 Md mendelevio (258)	102 No nobelio (259)	103 Lr laurenzio (260)

CHIMICA ORGANICA

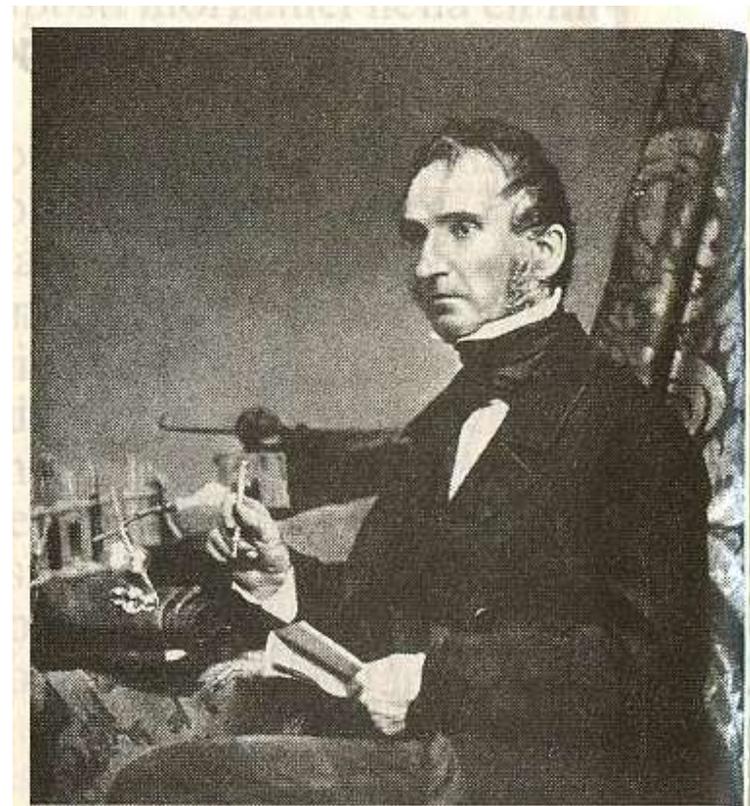
L'uomo divideva le sostanze tra **combustibili** (grasso, olio, legno; regno vegetale e animale) e **non combustibili** (acqua, rocce, sabbia,...; regno minerale). Questa divisione, con le eccezioni (carbone, zolfo), poteva coincidere con categorie di sostanze che provenissero, o meno, da organismi viventi. La chimica fino al sec XIX mostrava che le sostanze provenienti da organismi viventi erano più sensibili a trattamenti drastici (temperatura, pressione). L'acqua, per esempio, per riscaldamento si trasforma in vapore, e può essere ritrasformato in acqua; olio e zucchero, invece si decompongono e poi carbonizzano.

Nel 1807 **Berzelius** suggerisce di chiamare **ORGANICHE** le sostanze provenienti da organismi viventi, e **INORGANICHE** le altre. Le sostanze organiche si trasformano facilmente in quelle inorganiche (decomposizione, disidratazione, carbonizzazione), ma non succede mai il contrario (fino all'inizio del sec XIX). La dottrina per cui si riteneva che le sostanze organiche, legate alla vita, fossero soggette a leggi diverse rispetto alle sostanze inorganiche, si chiamava **VITALISMO**.

Il vitalismo è introdotto nel sec XVIII da **G. Stahl** con la teoria del flogisto. Si riteneva che esistesse una **forza vitale**, presente solo nei tessuti viventi, quindi nelle sostanze organiche, che i chimici non potessero manipolare per trasformare sostanze inorganiche in organiche. La natura, invece, era in grado di fare il contrario. Per lo stesso motivo, le sostanze inorganiche erano presenti negli esseri viventi e nelle sostanze inanimate, mentre quelle organiche si potevano incontrare solo dove ci fosse vita.

Le **formule empiriche** non bastano più a descrivere la struttura dei composti. Con il loro proliferare cade l'assunto che non possono esistere composti diversi con la stessa formula empirica. Già la formula dell'acido acetico, $C_2H_4O_2$, originò discussioni. L'analisi elementare, sempre più precisa, serviva a determinare la formula empirica delle sostanze. Iniziata da **Lavoisier** e continuata da **Gay Lussac**, venne perfezionata da **Louis J. Thenard** (1777-1857), che usava il clorato di potassio come ossidante delle sostanze organiche, e ne misurava con accuratezza **C**, **H** e **O**, assumendo che questi fossero gli unici elementi.

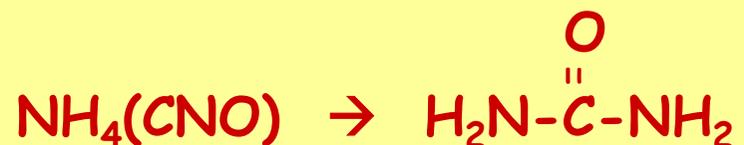
Nel 1807 **Justus von Liebig** (1803-1873) e **Thenard** perfezionano l'analisi elementare dei composti organici con il *kaliapparat*, un apparecchio in grado di effettuare la combustione controllata dei composti organici e di analizzare quantitativamente i gas di combustione con buona accuratezza. Liebig ottiene così la **formula bruta** di moltissimi composti organici, intuisce il fenomeno dell'**isomeria**, e comprende la caratteristica unica dei composti a base di carbonio di formare composti complessi.



Justus von Liebig con lo strumento da lui ideato per la raccolta dei gas (Kaliapparat).

Nel 1828 **Friederich Wöhler** (1800-1882), allievo di Berzelius, trasforma il cianato d'ammonio (inorganico) in urea (organica) per riscaldamento, iniziando a smantellare la teoria del VITALISMO, di cui lo stesso Berzelius era fautore.

Il processo mette in evidenza un altro soggetto di studio che all'epoca iniziava ad imporsi, quello importantissimo dell' **ISOMERIA**.



Professore a Göttingen (1836-1882), usava tenere le sue lezioni alle 6 di mattina, 4 giorni alla settimana. Wohler collaborò con **Liebig** sulla chimica dei radicali benzoile.



Successivamente, nel 1845, **Adolph W.H. Kolbe** (1818-1884), completerà la sintesi dell'acido acetico, altra sostanza organica. La sintesi di Kolbe dell'acido acetico dimostrava, passaggio per passaggio, come fosse possibile tracciare un cammino sintetico ben definito tra i reagenti e i prodotti di una reazione chimica. Questo sanciva la nascita della **CHIMICA ORGANICA**. Il Vitalismo, comunque, si manterrà attivo, anche fino ai nostri giorni, con diversi esponenti, in diversi settori della scienza.

LA STRUTTURA MOLECOLARE

Nella seconda metà dell'800 si chiariscono, da un punto di vista teorico, composizione e struttura dei composti organici esistenti in natura; da un punto di vista sperimentale si sviluppano metodi sintetici che permettono di ottenere gli stessi prodotti naturali, e nuovi composti della nascente chimica industriale : **fertilizzanti, esplosivi, farmaci e coloranti**. Si affermano anche i primi prodotti (**celluloide e rayon**, a partire dalla cellulosa) di quella che diventerà la chimica dei polimeri.

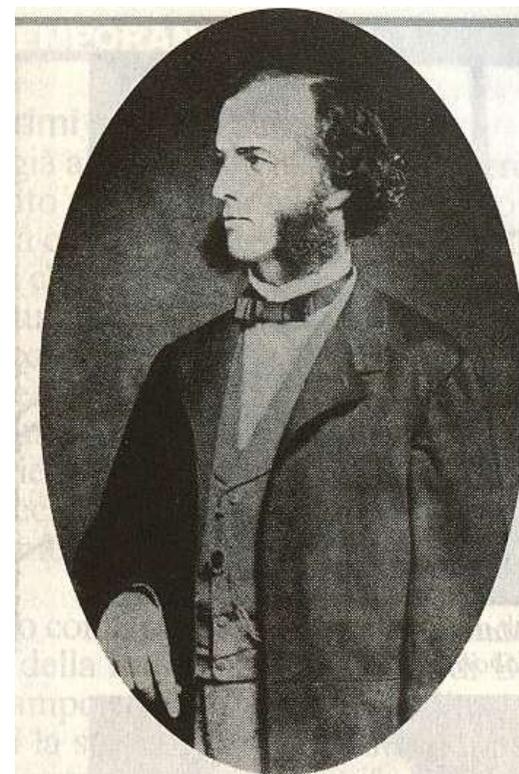
Nel 1852 **Edward Frankland** (1825-99) propone ed elabora la nozione di **valenza**, la capacità di un atomo di legarsi a uno o più atomi di un altro elemento, secondo un numero fisso di combinazioni.

Nel 1856 l'inglese **William Henry Perkin** (1838-1907) sintetizza dall'anilina il primo colorante artificiale, la **mauveina**, e fonda la prima industria di coloranti sintetici.

Negli anni 1861-1865 il russo **Alexander M. Butlerov** (1828-1886) formula il concetto di **struttura molecolare** come disposizione reciproca degli atomi e dei legami di una molecola. Spiega l' **Isomeria**, già nota dagli anni '30 e la **tautomeria** usando le formule di struttura.

Friederich A. Kekulé von Stradonitz (1829-1896)

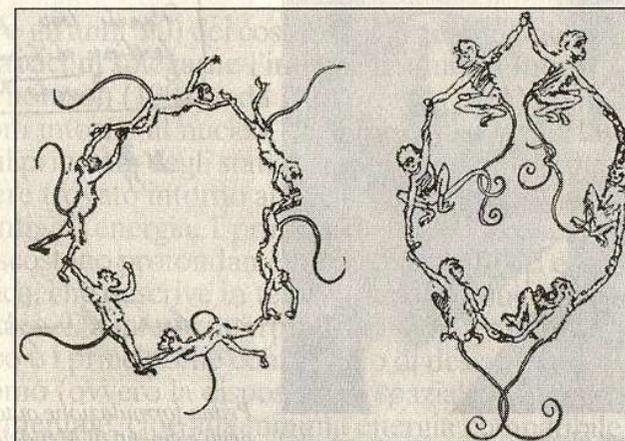
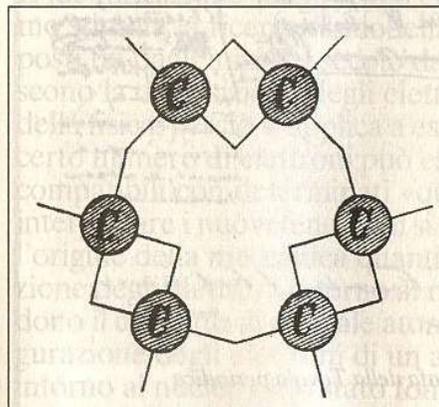
sarà il primo, in un testo del 1861, a definire la chimica organica come la **CHIMICA DEI COMPOSTI DEL CARBONIO**. Alcuni composti semplici del carbonio (CO_2 , carbonati,...) si includono tradizionalmente in chimica inorganica. Kekulé è tra i primi a parlare di **valenza**, e ipotizza la natura tetravalente del carbonio, da cui deriva la capacità del carbonio di formare legami singoli, doppi e tripli. In questo senso, introduce un metodo nuovo per scrivere le formule di strutture delle molecole organiche che, con poche variazioni, è quello attuale.



August Kekulé.

La struttura dell'anello benzenico nella versione originale di Kekulé (dal «Manuale di chimica organica», 1865).

Nel 1865 Kekulé propone, con il suo metodo, la struttura esagonale per il benzene e per altri composti "aromatici".

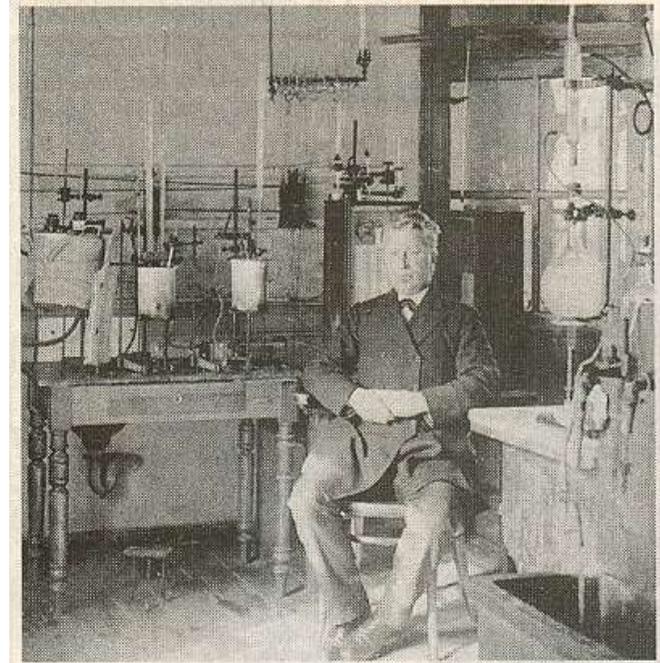


1884 **Jacobus H. Van't Hoff** (Nobel 1901), che già aveva ipotizzato la geometria tetraedrica per l'atomo di carbonio tetravalente, mettendo le basi per la comprensione dell'**ISOMERIA OTTICA**, pubblica *Etudes de Dynamique Chimique*, dove classifica le reazioni in funzione della loro **MOLECOLARITA'** nell'equazione cinetica, e scrive una relazione in cui correla la velocità di reazione alla temperatura. Studia l'effetto dei solventi sulla velocità di reazione. Studia la **PRESSIONE OSMOTICA**, e paragona il comportamento del soluto a quello dei gas ideali.

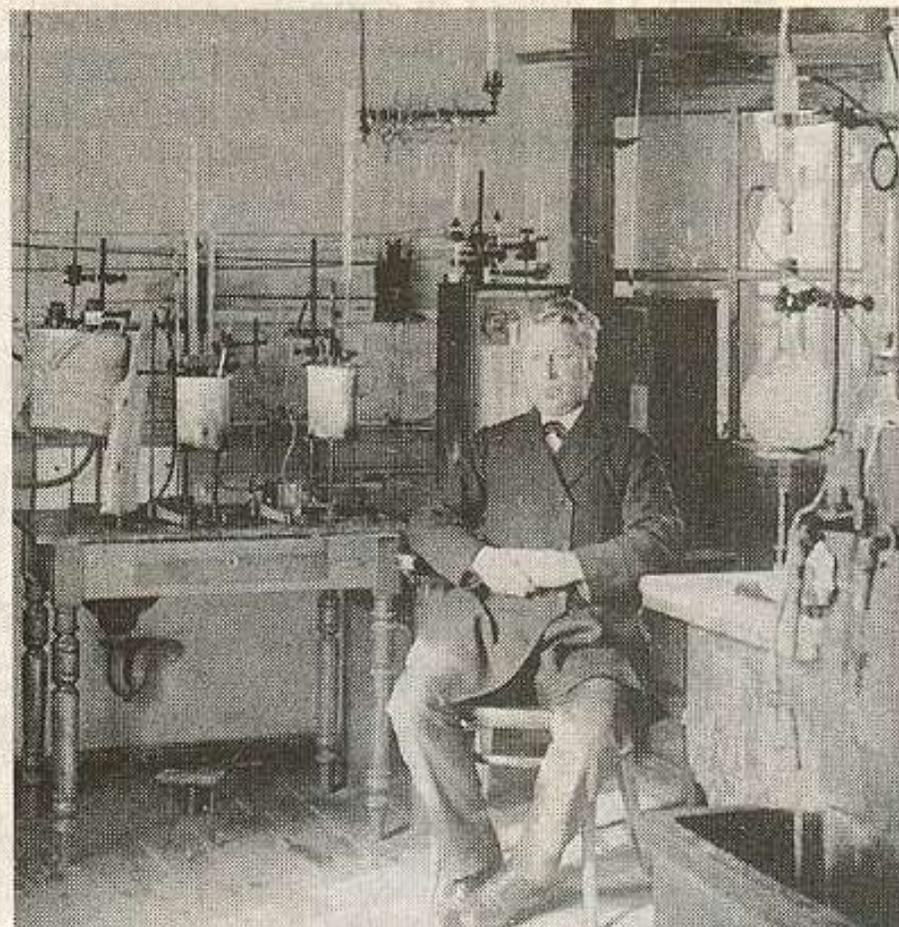


Friedrich Wilhelm Ostwald.

1887-95 Il Russo-Tedesco **Friedrich W. Ostwald** (1853-1932, Nobel 1909), forse il ricercatore più celebre nel campo della chimica fisica. Fonda la prima rivista di chimica fisica. Dimostra la relazione tra concentrazione e conducibilità degli elettroliti. Dimostra che la forza di acidi e basi è misurata dalla costante di dissociazione. Applica i concetti di Gibbs alla **catalisi**, dopo i primi studi di Kirchoff, Davy e Berzelius (1810-1835), e ipotizza la formazione del **complesso intermedio**.



Jacobus Hendricus Van't Hoff, primo premio Nobel per la chimica (1901), nel suo laboratorio.



Jacobus Hendricus Van't Hoff, primo premio Nobel per la chimica (1901), nel suo laboratorio.



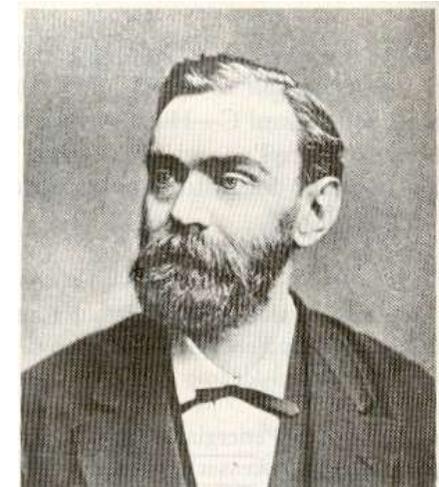
Emil Fischer.

ESPLOSIVI Le sostanze che subiscono reazioni molto rapide e altamente esotermiche, e che producono grandi volumi di gas, sono potenziali esplosivi. Il potere distruttivo di un'esplosione è dovuto all'onda d'urto causata dal rapido aumento di volume dei gas prodotti e dalla rapida espansione dell'atmosfera a causa del calore prodotto in tempo molto breve. Il più antico esplosivo conosciuto è la polvere da sparo, formata dalla miscela 75% KNO_3 , 12% S, 13% C. I gas prodotti comprendono CO_2 , CO, N_2 , ed un fumo denso costituito da particelle di K_2CO_3 , K_2SO_4 e K_2S . La polvere da sparo è stata sostituita da esplosivi più potenti, come il nitrato di ammonio. L'ossigeno prodotto può ossidare altre sostanze, aumentando così la quantità di energia sprigionata.



L'onda d'urto può raggiungere 6 Km/s nel caso di "alti" esplosivi, come trinitrotoluene (TNT, tritolo) e nitroglicerina, $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_9\text{N}_3$. La combustione più lenta che avviene nei "bassi" esplosivi, come la polvere da sparo, produce onde d'urto da circa 100 m/s. L'ossigeno necessario alla rapidissima combustione degli alti esplosivi non può provenire dall'aria, perchè l'ossidazione è troppo rapida; spesso essi sono mescolati con altre sostanze, come NH_4NO_3 , proprio per aumentare la disponibilità di ossigeno. Molti esplosivi comuni contengono composti azotati, la cui combustione produce ossidi di azoto e azoto molecolare, la cui formazione è altamente esotermica per la grande energia di legame della molecola N_2 .

La nitroglicerina esplode 25 volte più velocemente della polvere da sparo, producendo il triplo di energia. Nonostante il suo impiego risalga ai tempi della sua prima preparazione (Ascanio Sobrero, 1846) essa è troppo instabile e sensibile agli urti per essere maneggiata in sicurezza. Lo svedese **Alfred Nobel** notò che la nitroglicerina veniva assorbita dalla farina fossile usata per gli imballaggi antiurto, risultando molto più stabile e meno sensibile agli urti. Nobel chiamò **dinamite** questo esplosivo più sicuro, la cui fabbricazione gli procurò molto denaro con il quale finanziò i premi Nobel.



TERMOCHIMICA E CINETICA CHIMICA

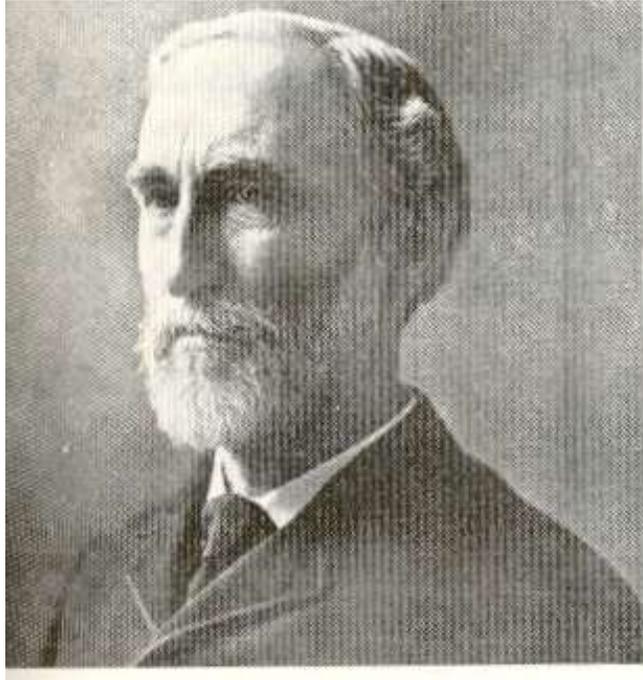


Marcelin Berthelot nel suo laboratorio.

Nella seconda metà dell'800 si inizia decisamente a studiare l'effetto e la produzione del calore da parte delle reazioni chimiche, e la **Chimica Fisica** si afferma come disciplina autonoma, sulla scia dei primi studi di Lavoisier e Laplace.

Si iniziano a studiare le reazioni chimiche da un punto di vista dinamico, misurando accuratamente anche lo svolgimento/assorbimento di calore e la velocità delle reazioni e ipotizzando i meccanismi elementari dei processi chimici.

Nasce la **Cinetica Chimica**, si studia l' **Equilibrio Chimico**, la **tensione di vapore** e le **proprietà colligative** delle soluzioni in funzione della **dissociazione elettrolitica** e della **concentrazione** dei soluti.



$$G = H - TS$$

Josiah Willard Gibbs (1839-1903)

Fu il primo Ph.D. in scienze americano. Dopo un periodo in Francia ed Germania, tornò a New Haven nel 1869. Nel 1871 divenne professore di fisica teorica a Yale, posizione che mantenne fino alla morte. Giudicato da parecchi come il più brillante degli scienziati Americani, Gibbs era persona modesta e riservata, e nemmeno un bravo insegnante; viaggiò molto poco e praticamente non ebbe contatti con i maggiori scienziati europei dell'epoca.

Lavorando da solo, Gibbs applicò i principi della termodinamica alle reazioni chimiche in maniera matematica completa e rigorosa. Pubblicò i risultati del suo lavoro tra il 1876 e il 1878 sulle *Transactions of the Connecticut Academy of Sciences*, una rivista americana di provincia non ben conosciuta in Europa; inoltre Gibbs scriveva con uno stile molto conciso e astratto che risultava di difficile comprensione per molti scienziati. Anche Einstein di un libro che Gibbs scrisse più tardi «È un capolavoro, ma è difficile da leggere».

I chimico-fisici europei scoprirono il suo lavoro solo dopo il 1890. A Gibbs fu allora universalmente riconosciuto il suo importante contributo alla moderna termodinamica chimica (**Energia Libera e Regola delle Fasi**) che ne costituisce ancora il fondamento.

Il XIX secolo: nasce la chimica industriale

Macchine a vapore

Nasce l'industria dei coloranti (Perkin)

Nasce l'industria della soda e del vetro

Il "gas illuminante" viene usato per l'illuminazione pubblica
(Lebon, Murdock, Boulton & Watt, Gas Light & Coke Company)

Il "gas illuminante" viene usato in cucina

Nasce l'elettrochimica

Nasce la chimica organica

Nasce la fotografia, si sintetizza la cellulosa (Archer)

Nasce l'industria petrolifera
(Drake, Bissel, Silliman, cracking, Pennsylvania Rock Oil Company)

Nascono i motori a petrolio, Diesel e a benzina

Nasce l'industria della gomma (Goodyear)

Nasce l'industria automobilistica

Sapone, disinfettanti e anestetici

Nasce l'industria farmaceutica

Nasce l'industria degli esplosivi (Sobrero, Kopp, Nobel)

Si inventano i fertilizzanti (Liebig)

Charles Macintosh di Glasgow usa la nafta come solvente, e produce tessuti impermeabili "incollati" da uno strato di gomma, senza parti appiccicose all'esterno. L'uso delle macchine di Hancock, e di **E.M. Chaffee** (USA), e di una macchina spalmatrice ancora in uso oggi, rese i *mackintoshes* estremamente popolari. Nell'Inghilterra Vittoriana e negli USA si usano scarpe con la suola di gomma. Questo tipo di gomma, comunque, non è molto resistente alle basse temperature, e perde elasticità e resistenza.

LA VULCANIZZAZIONE

Charles Goodyear (USA), surriscaldando una miscela di gomma, zolfo e ossido di piombo, ottiene la gomma vulcanizzata, meno elastica, ma più resistente alle variazioni di temperatura e alle sollecitazioni meccaniche. Goodyear deposita diversi brevetti nel 1843, Macintosh fa altrettanto in Inghilterra. Allo scadere dei brevetti di Hancock, la gomma vulcanizzata entra nell'uso comune, aumentando l'importazione della materia prima del 400%.

Esplode l'uso della gomma nei mezzi di trasporto, già iniziato nel 1826 (ammortizzatori sulle balestre delle auto). Il primo copertone viene costruito da Hancock nel 1846, in gomma piena. La prima "camera d'aria" per biciclette (con ruote in cuoio) è di qualche anno dopo, e diventa di uso comune nel 1888.

I primo pneumatici per veicoli a motore sono di **Michelin** (1895) e **Dunlop** (1900).

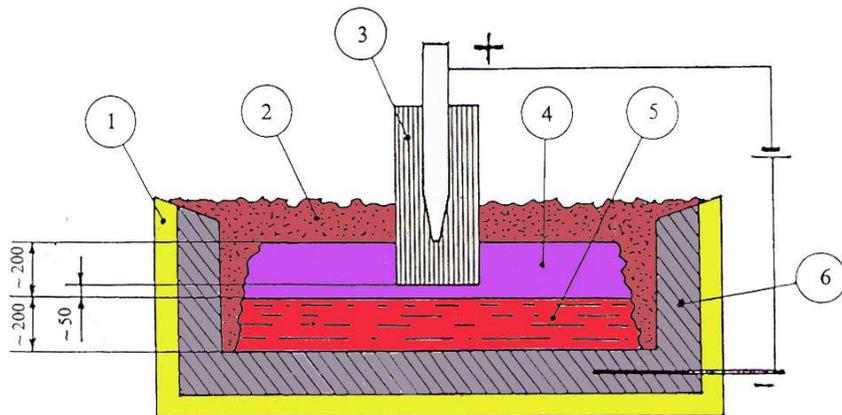
Nello stesso periodo inizia l'uso della gomma come isolante di cavi elettrici, e lo sviluppo delle macchine ad estrusione.

L'albero della gomma, di origini Sud Americane, viene impiantato in intere piantagioni nel Sud Est asiatico (colonie inglesi) verso la fine del XIX sec.

1856 L'inglese **Henry Bessemer** (1813-98), che ha legato il suo nome alla produzione dell'acciaio, realizza il forno **convertitore Bessemer** che permette di ottenere ferro con quantità sufficientemente piccole di carbonio per formare l'acciaio in quantità industriale. **Hadfield** (acciaio al Manganese), **Haynes** (acciaio inossidabile), e **Honda** (1916, acciaio al tungsteno cobalto, magnetico) sviluppano gli acciai speciali.

1886 Il francese **Ferdinand F.H. Moisan** (1861-1907, Nobel per la chimica nel 1906) sintetizza il fluoro, F_2 , mediante elettrolisi del KF in HF a bassa temperatura. Nel 1893 sintetizza il **diamante sintetico** fondendo carbone nel ferro fuso in un arco elettrico, e raffreddando bruscamente.

1886 Lo studente americano **Charles M. Hall** (1863-1914) e il metallurgista francese **Paul L. T. Herault** (1863-1914) scoprono che l'ossido di alluminio Al_2O_3 (allumina) è solubile, a temperature al di sotto di quella di fusione, nella criolite (K_3AlF_6). L'ossido può così essere sottoposto a elettrolisi (metodo Hall-Herault), e si può produrre alluminio a basso costo. E' la nascita delle leghe leggere.



Cella elettrolitica per produrre alluminio:

- 1) refrattario;
- 2) crosta solida di allumina e criolite;
- 3) anodo di carbone;
- 4) elettrolita fuso;
- 5) alluminio fuso;
- 6) suola conduttrice di carbone grafitato



**Piccadilly Circus
(London, UK)**

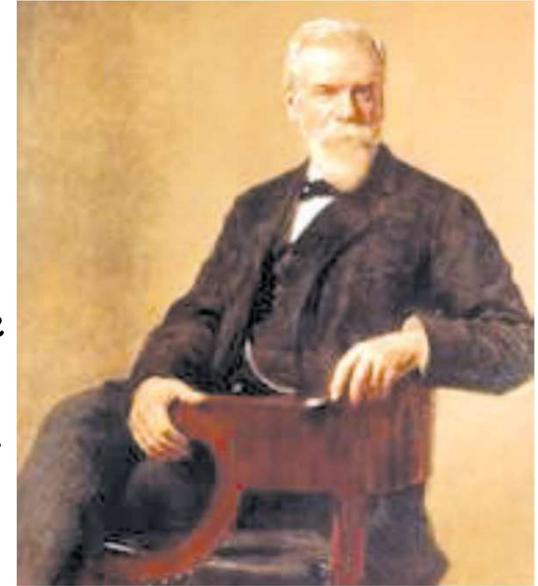
Charles Martin Hall (1863 - 1914)

Il processo usato oggi per produrre alluminio fu inventato da Hall ancora studente al college. Stimolato dall'osservazione di un suo Professore che *"chiunque avesse inventato un processo economico per produrre alluminio avrebbe fatto fortuna"* Hall cominciò i suoi tentativi nel 1885, quando l'alluminio costava 90 dollari a libbra, più dell'argento e dell'oro, tanto che i ricchi ostentavano coltelli e forchette di alluminio. Il primo metodo di produzione dell'alluminio era stato inventato nel 1855 dal Francese **H.E. St. Claire-Deville**



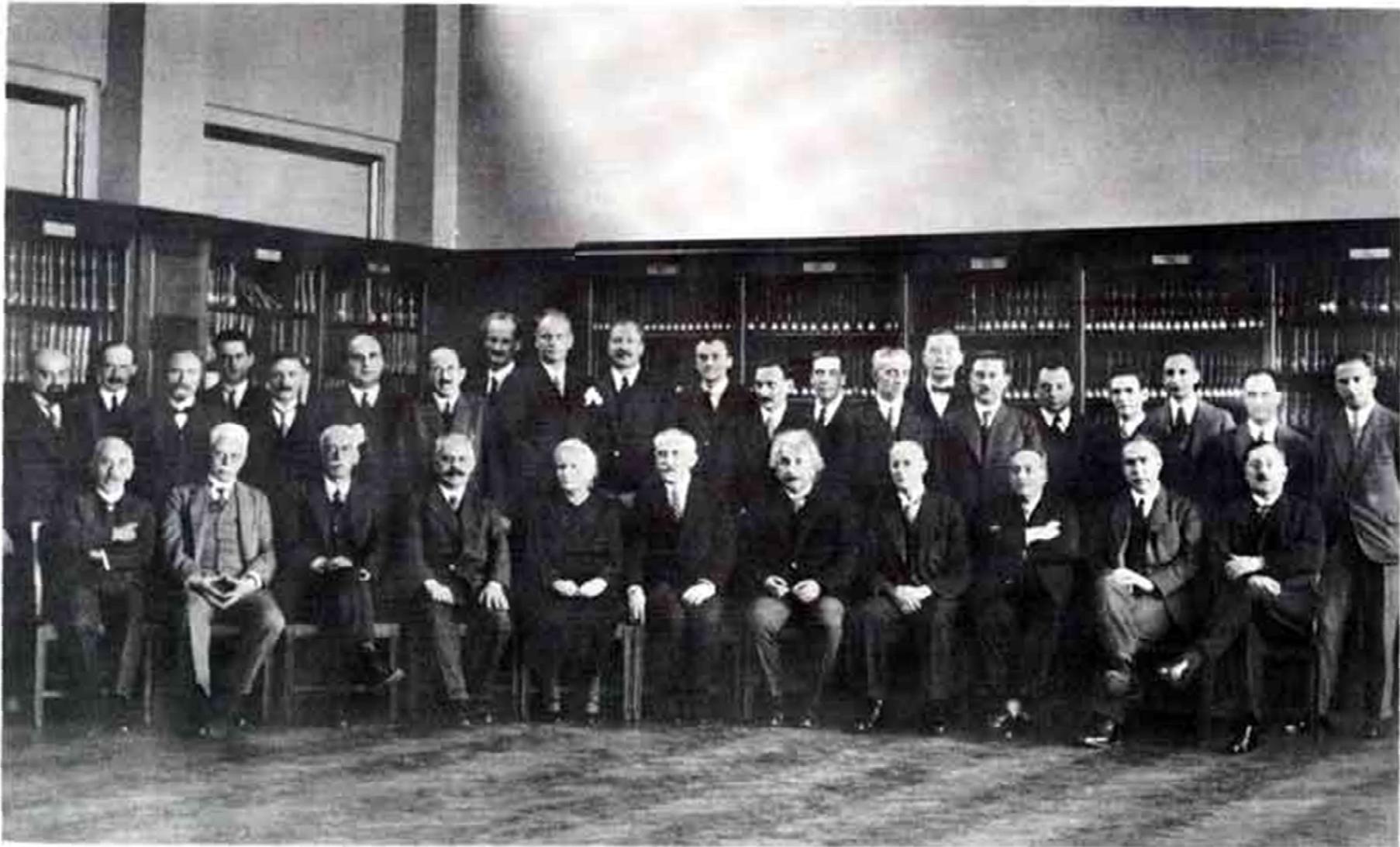
Hall lavorò in una legnaia usando apparecchiature fatte in casa o prese in prestito. Dopo circa un anno trovò che l'allumina (Al_2O_3) si scioglieva in criolite (Na_3AlF_6) fusa dando una soluzione conduttrice dalla quale si poteva depositare alluminio facendo passare una corrente elettrica, **per elettrolisi**. Hall usò una padella di ferro come contenitore della miscela criolite-allumina che veniva fusa sulla fucina di un fabbro. La corrente elettrica era fornita da celle elettrochimiche costruite con recipienti metallici usati per conservare la frutta. Per una strana coincidenza, in Francia, **Paul Heroult**, suo coetaneo, fece indipendentemente la stessa scoperta circa nello stesso periodo. Il risultato della scoperta fu che la produzione su larga scala dell'alluminio venne resa per la prima volta economicamente conveniente, facendolo diventare un metallo comune e familiare.

Ernest Solvay nasce nel 1838, figlio di un mastro di cava, a Rebecq-Rognon, Belgio. Mostra subito passione per la fisica e la chimica, e a 23 anni, con il fratello Alfred, sviluppa un nuovo processo per la produzione industriale del carbonato di sodio. Il 2/12/1863 fondano la società Solvay & Cie, sfiorando spesso la bancarotta nei primi 10 anni di attività necessari a perfezionare il processo. Sviluppato nel 1861 il **processo Solvay** produce carbonato di sodio anidro da cloruro di sodio e carbonato di calcio. Fu un avanzamento notevole rispetto al precedente processo Leblanc, anche dal punto di vista ambientale.



Dal 1870 al 1880 Solvay promuove l'espansione della propria impresa nel mondo: apre stabilimenti in Belgio, Francia, Inghilterra, Germania, Russia e Stati Uniti. Solvay supervisiona con successo e lungimiranza l'organizzazione e lo sviluppo dell'impero industriale. E' tra i primi ad industrializzare l'elettrolisi. Solvay è di ideali socialisti, che adotta anche nella sue industrie. Prima che divenissero obbligo legale, nel 1878 introduce un sistema di sicurezza sociale e pensionistico per i lavoratori; nel 1897 istituisce l'orario lavorativo di 8 ore; nel 1913 le ferie pagate.

Diventato imprenditore di successo a livello mondiale, rivolge l'attenzione alla società civile, e dà vita a fondazioni scientifiche, filantropiche e di beneficenza, come gli Istituti di Fisiologia (1895) e di Sociologia (1901), nonché la prestigiosa School of Business (1903) che ancora oggi ne porta il nome. Nonostante la sua fragile salute, Solvay visse intensamente fino a 83 anni.



6° conferenza Solvay di Fisica, 1930
Enrico Fermi è il penultimo a destra in piedi

PREMI NOBEL

<http://www.nobel.se/> sito ufficiale della fondazione Nobel. biografia e "presentation speech") degli scienziati vincitori

data	chimica	fisica
1901	Jacobus H. van 't Hoff (HOL, 1852-1911) Discovery of the laws of chemical dynamics and of the osmotic pressure in solutions	W. C. Röntgen (GER, 1845-1923) Discovery of X rays
1902	Emil H. Fischer (GER, 1852-1919) Synthetic studies in the area of sugar and purine groups	Hendrik A. Lorentz (HOL, 1853-1929) Pieter Zeeman (HOL, 1865 - 1943)
1903	Svante A. Arrhenius (SWE, 1859-1927) Theory of electrolytic dissociation	Henri A. Becquerel (FRA, 1852-1908), Marie Curie (FRA, POL, 1867-1934), Pierre Curie (FRA, 1859-1906) Discovery of radioactivity
1904	Sir William Ramsay (UK, 1852 - 1916) Discovery of noble gases)	Lord Rayleigh (UK)
1905	Adolf von Baeyer (GER, 1835-1917) Organic dyes and hydroaromatic compounds	Philipp E. Lenard (GER, 1862-1947)
1906	Henri Moissan (FRA, 1852 - 1907) Investigation and isolation of the element fluorine	Joseph J. Thomson (UK 1856-1940) Conduction of electricity in gases
1907	Eduard Buchner (GER, 1860-1917) Biochemical studies, discovery of fermentation without cells	Albert A. Michelson (USA, 1852-1931) Measurement of the speed of light
1908	Sir E. Rutherford (UK, 1871-1937) Decay of the elements, chemistry of radioactive substances	G. Lippmann (FRA)
1909	Wilhelm Ostwald (GER, 1853-9-2 1932-4-4) Catalysis, chemical equilibria and reaction rates	Karl F. Braun (GER, 1850 - 1918), Guglielmo Marconi (ITA, 1874 -1937) wireless telegraphy

1910	Otto Wallach (GER, 1847- 1931) Alicyclic compounds	J. D. van der Waals (HOL, 1837- 1923) Molecular forces
1911	Marie Curie (FRA, POL, 1867-11-7 1934-7-4) Discovery of radium and polonium	Wilhelm Wien (GER, 1864-1-13 - 1928-8-30) Heat radiation
1912	Victor Grignard (FRA, 1871- 1935) Grignard's reagent Paul Sabatier (FRA, 1854-1941) Hydrogenation of organic compounds in presence of finely divided metals	G. Dalén (SWE)
1913	Alfred Werner (CH, 1866- 1919) Bonding relations of atoms in molecules (inorganic chemistry)	H. Kamerlingh Onnes (HOL)
1914	T. W. Richards (USA, 1868-1928) Determination of atomic weights	Max von Laue (GER, 1879-1960) Diffraction and interference of X rays by the arrangement of atoms in crystals (Laue diagrams)
1915	R. Willstätter (GER, 1872- 1942) Investigation of plant pigments, particularly of chlorophyll	Sir William H. Bragg (UK, 1862-1942), William L. Bragg (UK, 1890-1971) Investigation of crystal structures by X ray spectroscopy
1916	-	-
1917	-	Ch. G. Barkia (UK)
1918	Fritz Haber (GER, 1868- 1934) Synthesis of ammonia from elements	Max Planck (GER, 1858-1947) Studies on thermodynamics and radiation
1919	-	Johannes Stark (GER, 1874 -1957) Splitting of spectral lines in electrical fields (Stark effect)
1920	Walther H. Nernst (GER, 1864-1941) Studies on thermodynamics	Ch. E. Guillaume (CH)



Prima Conferenza Solvay, 1911. Seduti, da sinistra: W. Nernst, M. Brillouin, E. Solvay, H. Lorents, E. Warburg, J. B. Perrin, W. Wien, M. Curie, H. Poincaré. In piedi, da sinistra: R. Goldschmidt, M. Planck, H. Rubens, A. Sommerfeld, F. Lindemann, M. de Broglie, M. Knudsen, F. Hasenöhrl, G. Hostelet, E. Herzen, J. Hopwood Jeans, E. Rutherford, H. Kamerlingh Onnes, A. Einstein, P. Langevin.

1921	Frederick Soddy (UK 1877-1956) Chemistry, occurrence and nature of the isotopes	Albert Einstein (GER 1879-1955) Photoelectric effect (light quantum hypothesis)
1922	Francis W. Aston (UK, 1877-1945) Discovery of a large number of isotopes, mass spectrograph	Niels Bohr (Denmark, 1885-10-07 - 1962-11-18) Quantum theoretical atomic model
1923	Fritz Pregl (Austria, 1869 - 1930) Microanalysis of organic compounds	Robert A. Millikan (USA, 1868-1953) Measurement of the electron charge
1924	-	Karl M. G. Siegbahn (Sweden, 1886 - 1978)
1925	Richard A. Zsigmondy (GER, Austria, 1865-1929) Colloid chemistry (ultramicroscope)	James Franck (GER 1882 -1964), Gustav Hertz (GER, 1887-1975) Studies on atomic and quantum theory (excitation and ionization spectra of dilute gases)
1926	Theodor Svedberg (Sweden, 1884-1971) Disperse systems (ultracentrifuge)	Jean B. Perrin (France, 1870-09-30 - 1942-04-17) Studies on the discontinuous structure of matter
1927	Heinrich O. Wieland (GER, 1877-1957) Constitution of bile acids	Arthur H. Compton (USA) Ch. Th. R. Wilson (UK)
1928	Adolf Windaus (GER, 1876-1959) Study of sterols and their relation with vitamins (vitamin D)	O. W. Richardson (UK)
1929	Hans von Euler-Chelpin (SWE, GER 1873-1964) Arthur Harden (UK 1861-1940) fermentation of sugars and enzymes	Prince L. V. de Broglie (FRA, 1892-1987) Studies on wave mechanics
1930	Hans Fischer (GER, 1881-1945) Studies on blood and plant pigments, synthesis of hemin	Sir Ch. V. Raman (India, 1888-11-07 - 1970-11-21) Raman effect on light scattering by molecules
1931	Friedrich Bergius (GER 1884-1949) Carl Bosch (GER 1874-1940) Chemical high-pressure processes	-



Primo consiglio di chimica. Bruxelles 21 - 27 aprile 1922. G. Chavanne, O. Dony-Hénault, F. Swarts, Ch. Mauguin, E. Herzen, I. Flamache, E. Hannon, Aug. Piccard, M. Delepine, E. Hilmann, H. Woits, I. M. Lovri, G. Urbain, J. Perrin, I. M. Heger, A. Debierne, N. Hupe, A. Berthoud, R. H. Pickard, Ch. Moureu, F. W. Aston, Sir W. H. Bragg, H. E. Armstrong, Sir W. Pope, E. Solvay, A. Haller, S. Arrhenius, F. Soddy.

1932	Irving Langmuir (USA 1881-1957) Surface chemistry	Werner Heisenberg (GER 1901-1976) Quantum theory
1933	-	Paul A.M. Dirac (UK, 1902-1984) Erwin Schrödinger (Austria 1887-1961) Quantum theory, wave mechanics
1934	Harold C. Urey (USA 1893-1981) Deuterium	-
1935	Frédéric Joliot (FRA, 1900-1958) Irène Joliot-Curie (FRA, 1897-1956) artificial radioactivity	James Chadwick (UK, 1891-10-20 1974-7-24) Discovery of the neutron
1936	Peter JW Debye (GER, HOL 1884-1966) dipole moments, diffraction of X rays and e-beams in gases	C. D. Anderson (USA) V. F. Heß (Austria)
1937	Sir Walter N. Haworth (UK 1883-1950) carbohydrates and vitamin C Paul Karrer (CH 1889-1971) carotenoids and flavins and vitamins A and B2	C. J. Davison (USA) G. P. Thomson (UK)
1938	Richard Kuhn (GER, 1900-1967) carotenoids and vitamins	Enrico Fermi (ITA, 1901-1954) Discovery of nuclear transformations by irradiation with neutrons
1939	A FJ Butenandt (GER 1903-1995) Sex Hormones L. Ruzicka (CH 1887-1976) polymethylenes, higher terpenes	Ernest O. Lawrence (USA, 1901-1958) Invention of the cyclotron
	1940-1942	1940-42
1943	George de Hevesy (HUN, 1885-1966) Isotopes as indicators in the investigation chemical processes	Otto Stern (USA, 1888-1969) Molecular rays, magnetic properties of the proton
1944	Otto Hahn (GER 1879- 1968) nuclear fission of atoms	Is. I Rabi (USA 1898-1988) Magnetic properties of nuclei
1945	Artturi I. Virtanen (FIN, 1895-1973) Agricultural and food chemistry, method of preservation of fodder	Wolfgang Pauli (Austria, 1900-1958) quantum physical Pauli principle
1946	J H Northrop (USA 1891-1987) W M Stanley (USA 1948-1971) Pure Enzymes and virus proteins J B Sumner (USA 1887-1955) Crystallizability of enzymes	Percy W. Bridgman (USA)



Quinta Conferenza, 1927. Istituto di fisica internazionale Solvay. A. Piccard, E. Henriot, P. Ehrenfest, Ed. Herzen, Th. De Donder, E. Schrödinger, E. Verschaffelt, W. Pauli, W. Heisenberg, R.H. Fowler, L. Brillouin, P. Debye, M. Knudsen, W.L. Bragg, H.A. Kramers, P.A.M. Dirac, A.H. Compton, L. de Broglie, M. Born, N. Bohr, I. Langmuir, M. Planck, M. Curie, H.A. Lorentz, A. Einstein, P. Langevin, Ch. E. Guye, C.T.R. Wilson, O.W. Richardson.

Nobel Prize in Chemistry 1935

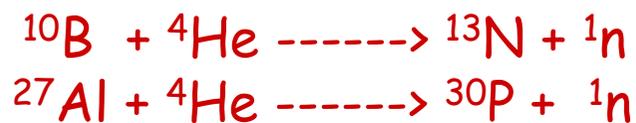
in recognition of their synthesis of new radioactive elements



Frederic Joliot
1900-1958



Irene Curie
1897-1956



ARTIFICIAL PRODUCTION OF A NEW KIND OF RADIO-ELEMENT

F. JOLIOU AND I. CURIE
Institut du Radium, Paris

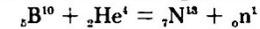
Reprinted from *Nature*, vol. 133, p. 201, February 10, 1934

Some months ago we discovered that certain light elements emit positrons under the action of alpha-particles (1). Our latest experiments have shown a very striking fact: when an aluminium foil is irradiated on a polonium preparation, the emission of positrons does not cease immediately, when the active preparation is removed. The foil remains radioactive and the emission of radiation decays exponentially as for an ordinary radio-element. We observed the same phenomenon with boron and magnesium (2). The half-life period of the activity is 14 min. for boron, 2 min. 30 sec. for magnesium, 3 min. 15 sec. for aluminium.

We have observed no similar effect with hydrogen, lithium, beryllium, carbon, nitrogen, oxygen, fluorine, sodium, silicon, or phosphorus. Perhaps in some cases the life period is too short for easy observation.

The transmutation of beryllium, magnesium, and aluminium alpha-particles has given birth to new radio-elements emitting positrons. These radio-elements may be regarded as a known nucleus formed in a particular state of excitation; but it is much more probable that they are unknown isotopes which are always unstable.

For example, we propose for boron the following nuclear reaction:



${}_7\text{N}^{13}$ being the radioactive nucleus that disintegrates with emission of positrons, giving a stable nucleus ${}_6\text{C}^{13}$. In the case of aluminium and magnesium, the radioactive nuclei would be ${}_{13}\text{P}^{30}$ and ${}_{12}\text{Si}^{27}$ respectively.

The positrons of aluminium seem to form a continuous spectrum similar to the beta-ray spectrum. The maximum energy is about 3×10^6 e.v. As in the case of the continuous spectrum of beta-rays, it will be perhaps necessary to admit the simultaneous emission of a neutrino (or of an antineutrino of Louis de Broglie) in order to satisfy the principle of the conservation of energy and of the conservation of the spin in the transmutation.

The transmutations that give birth to the new radio-elements are produced in the proportion of 10^{-7} or 10^{-8} of the number of alpha-particles, as for other transmutations. With a strong polonium preparation of 100 millicuries, one gets only about 100,000 atoms of the radioactive elements. Yet it is possible to determine their chemical properties, detecting their radiation with a counter or an ionisation chamber. Of course, the chemical reactions must be completed in a few minutes, before the activity has disappeared.

We have irradiated the compound boron nitride (BN). By heating boron nitride with caustic soda, gaseous ammonia is produced. The activity separates from the boron and is carried away with the ammonia. This agrees very well with the hypothesis that the radioactive nucleus is in this case an isotope of nitrogen.

When irradiated aluminium is dissolved in hydrochloric acid, the activity is carried away with the hydrogen in the gaseous state, and can be collected in a tube. The chemical reaction must be the formation of phosphine (PH_3) or silicon hydride (SiH_4). The precipitation of the activity with zirconium phosphate in acid solution seems to indicate that the radio-element is an isotope of phosphorus.

These experiments give the first chemical proof of artificial transmutation, and also the proof of the capture of the alpha-particle in these reactions (3).

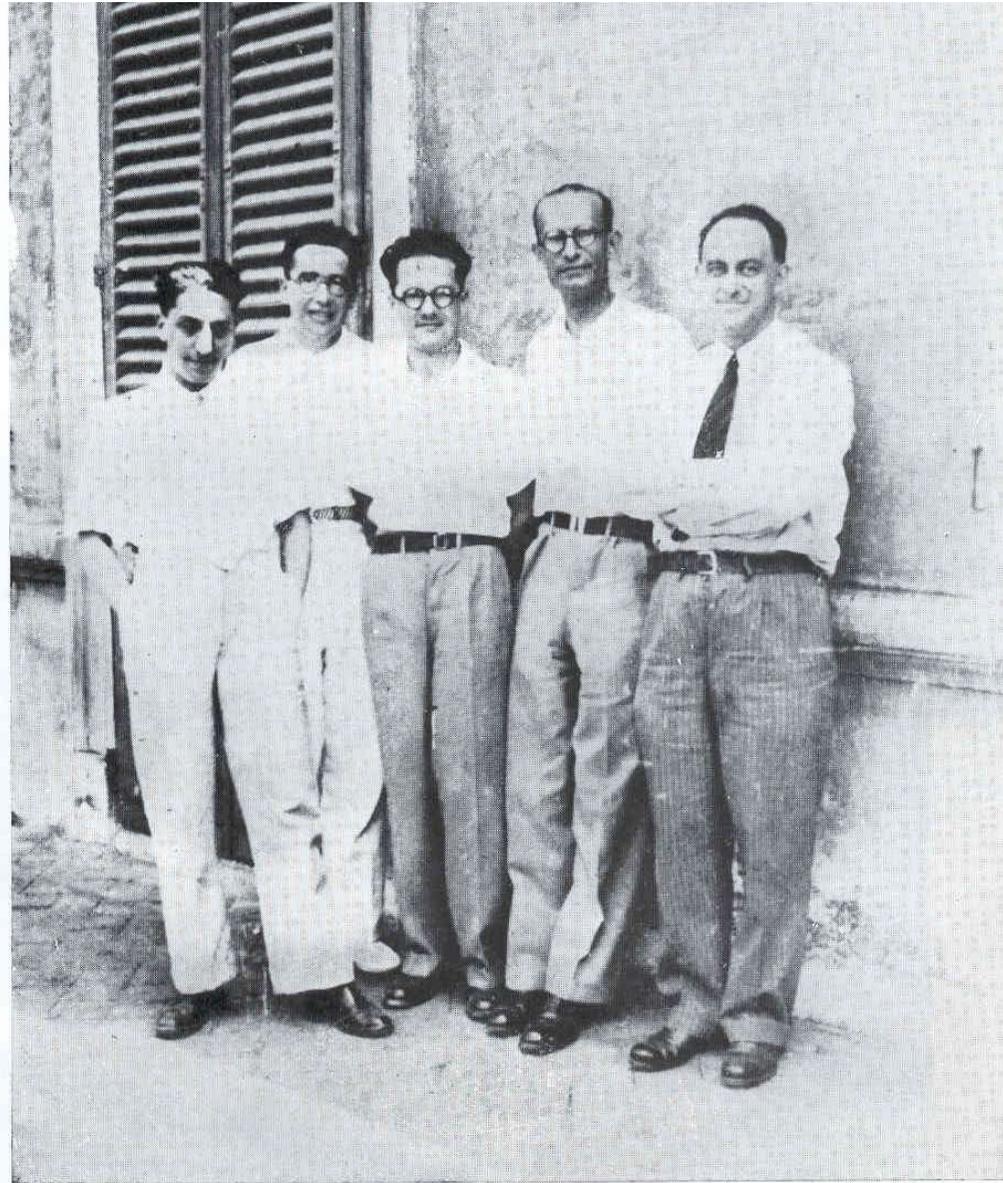
We propose for the new radio-elements formed by transmutation of boron, magnesium and aluminium, the names *radionitrogen*, *radiosilicon*, *radiophosphorus*.

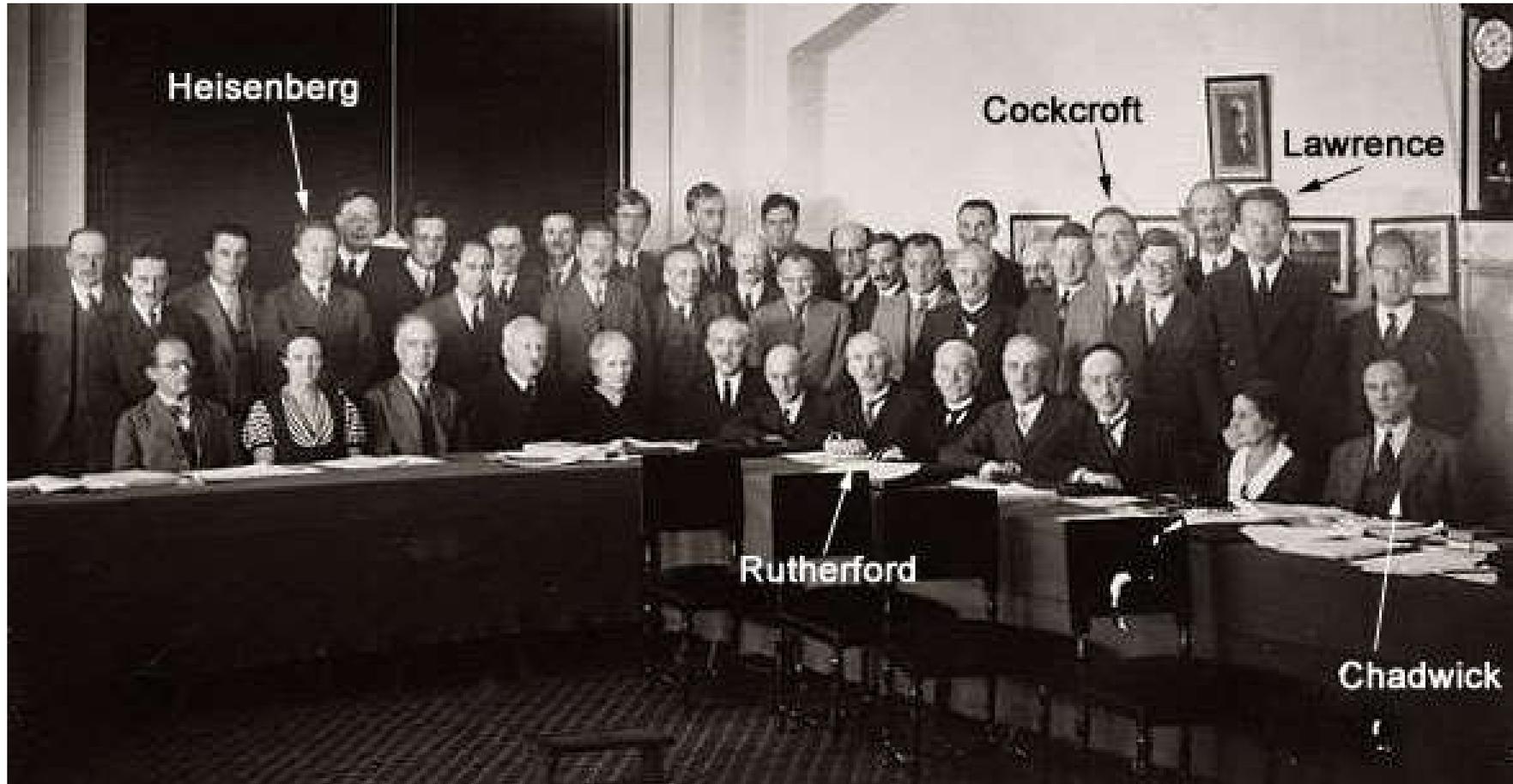
These elements and similar ones may possibly be formed by the capture of a deuteron in ${}_{6}\text{C}^{12}$, followed by the emission of a neutron.

603 parole ...
su NATURE !

1. IRENE CURIE AND F. JOLIOU: *J. Phys. et. Rad.* 4, 494; 1933.
2. IRENE CURIE AND F. JOLIOU: *C.R.* 198, 1934.
3. IRENE CURIE AND F. JOLIOU, *C.R.*, meeting of Feb. 29, 1934.

I RAGAZZI DI VIA PANISPERNA





conferenza Solvay, anni '30

1947	Sir Robert Robinson (UK, 1886 - 1975) Studies on alkaloids	Sir Edward V. Appleton (UK, 1892-1965) Discovery of the "Appleton layer" in ionosphere (reflector of radio waves, useful in communication)
1948	Arne W. Tiselius (SWE, 1902-1971) Electro-phoresis adsorption, discoveries on serum proteins	Patrick M S Blackett (UK, 1897 - 1974) for his discoveries in the field of cosmic radiation
1949	William F. Giaque (USA 1895-1982) thermodynamics properties at extremely low temperatures (adiabatic demagnetization)	Hideki Yukawa (JAP, 1907 - 1981) Prediction of the existence of mesons
1950	Kurt Alder (GER, 1902-1958) Otto P. H. Diels (GER, 1876-1954) Development of the diene synthesis	C. F. Powell (UK)
1951	Edwin M. McMillan (USA 1907-) Glenn Th. Seaborg (USA 1912-1999) Discoveries of transuranium elements	Sir J. D. Cockcroft (UK)
1952	Archer J. P. Martin (UK, 1910-), Richard L. M. Synge (UK, 1914-1994) Distribution chromatography	Felix Bloch (USA 1905-1983), Edward M. Purcell (USA 1912-) Novel precision method of NMR
1953	Hermann Staudinger (GER, 1881-1965) Discoveries in macromolecular chemistry	F. Zernike (Netherlands)
1954	Linus C. Pauling (USA, 1901- 1994) Studies on the the chemical bond (molecular structure of proteins)	Max Born (UK, GER 1882-1970) Walther Bothe (GER 1891-1957)
1955	Vincent du Vigneaud (USA, 1901-1978) Synthesis of a polypeptide hormone	P. Kusch (USA) W. E. Lamb (USA)
1956	Sir Cyril N. Hinshelwood (UK 1897-1967) Nikolai N. Semjonow (URSS 1896-1986) Mechanisms of chemical reactions	John Bardeen (USA 1908-1991), Walter H. Brattain (USA 1902-1987) William Shockley (USA *1910) Development of the transistor
1957	Sir Alexander R. Todd (UK 1907-) Studies on nucleotides and their coenzymes	T. D. Lee (China) Ch. N. Yang (China)



Hermann Staudinger
1881 - 1965

Nobel Laureate
in Chemistry
1953

*for his discoveries in the field
of macromolecular chemistry*



Karl Ziegler
1898 - 1973

Nobel
Laureates
in Chemistry
1963



Giulio Natta
1903 - 1979

*for their discoveries in the field of the
chemistry and technology of high polymers*

1958	Frederick Sanger (UK, 1918-) Structure of proteins, especially of insulin	I. M. Frank (URSS) , I. E. Tamm (URSS) P. A. Cherenkov (URSS)
1959	Jaroslav Heyrovský (CZK 1890-1967) Polarography	O. Chamberlain (USA) , E. Segre (USA, Italy)
1960	Willard F. Libby (USA, 1908 - 1980) carbon 14 for age determinations (radiocarbon dating)	D. A. Glaser (USA)
1961	Melvin Calvin (USA 1911-) assimilation of carbonic acid by plants (photosynthesis)	R. Hofstadter (USA) Rudolf Mößbauer (GER, 1929)
1962	John Cowdery Kendrew (UK, 1917-) Max F. Perutz (UK, Austria, 1914-2002) Studies on the structures of globulin proteins	L. D. Landau (URSS)
1963	Giulio Natta (ITA 1903 - 1979) Karl Ziegler (GER 1898-1973) Chemistry - technology of high polymers	Maria Goeppert-Mayer (USA, GER) H. D. Jensen (GER) Eugene P Wigner (USA, HUN 1902 - 1995)
1964	Dorothy Crowfoot-Hodgkin (UK 1910-) Determination of biologically substances with X rays	N. Basov (URSS 1922-), A. Prokhorov (URSS 1916-) , Charles Townes (USA 1915-) Laser, Maser
1965	Robert Burns Woodward (USA, 1917 - 1979) Syntheses of natural products	Richard P. Feynman (USA, 1918-1988) J. Schwinger (USA) , S. Tomonaga (JAP)
1966	Robert S. Mulliken (USA 1896 - 1986) chemical bonds and electron structure of molecules with the orbital method	A. Kastler (FRA)
1967	Manfred Eigen (GER, *1927), George Porter (UK, *1920), Ronald G. W. Norrish (UK, 1897 - 1978) Investigations of extremely fast chemical reactions	Hans A. Bethe (USA, GER, *1906-07-02) Studies on the theory of nuclear reactions

1968	Lars Onsager (USA, NOR 1903 - 1976) Thermodynamics of irreversible processes	L. W. Alvarez (USA)
1969	Odd Hassel (NOR, 1897-1981) , Derek H. Barton (UK 1918-) Development of the concept of conformation	M. Gell-Mann (USA)
1970	Luis F. Leloir (AR, *1906) Discovery of sugar nucleotides and their role in the biosynthesis of carbohydrates	H. Alfvén (Sweden) L. Néel (France)
1971	Gerhard Herzberg (CAN 1904-1999) Electron structure and geometry of molecules, and of free radicals (molecular spectroscopy)	D. Gabor (UK)
1972	Christian B. Anfinsen (USA *1916) Studies on ribonuclease Stanford Moore (USA 1913-1982) William H. Stein (USA 1911-1980) Studies on the active center of ribonuclease	John Bardeen (USA, 1908-1991) L. N. Cooper (USA) J. R. Schrieffer (USA) Theory of superconductivity
1973	Ernst O. Fischer (GER 1918-) Geoffrey Wilkinson (UK 1921-1996) Chemistry of metal-organic sandwich compounds	L. Esaki (Japan) , I. Giaever (USA, Norway) B. Josephson (UK)
1974	Paul J. Flory (USA 1910-1985) Physical chemistry of macromolecules	M. Ryle (United Kingdom) A. Hewish (United Kingdom)
1975	John W. Cornforth (UK *1917) Stereochemistry of enzyme catalysis reactions Vladimir Prelog (CH, JUG 1906-1998) Studies on the stereochemistry of organic molecules and reactions	A. Bohr (Denmark) B. Mottelson (Denmark) J. Rainwater (USA)
1976	William N. Lipscomb (USA, *1919) Structure of boranes	B. Richter (USA) , S. Ting (USA)

1977	Ilya Prigogine (BEL, 1917- 2003) Contributions to the thermodynamics of irreversible processes, particularly to the theory of dissipative structures	Ph. W. Anderson (USA) , J. v. Vleck (USA) Neville F. Mott (UK, 1905- 1996)
1978	Peter D. Mitchell (UK, *1920-09-29) Studies of biological energy transfer, development of the chemiosmotic theory	P. L. Kapitsa (URSS, 1894-1984) A. Penzias (USA) R. Wilson (USA)
1979	Georg Wittig (GER, 1897-06-16 - 1987-08-26) Herbert C. Brown (USA, *1912-05-22) Development of (organic) boron and phosphorous compounds	Sheldon Lee Glashow (USA, *1932) , Steven Weinberg (USA, *1933) Unification of the weak and electromagnetic interaction A. Salam (Pakistan)
1980	Paul Berg (USA, *1926) Studies on the biochemistry of nucleic acids, particularly hybrid DNA (technology of gene surgery) Walter Gilbert (USA, *1932), Frederick Sanger (UK, 1918-) Determination of base sequences in nucleic acids	J. W. Cronin (USA) V. L. Fitch (USA)
1981	Kenichi Fukui (JAP, *1918), Roald Hoffmann (USA, *1937) Theories on the progress of chemical reactions (frontier orbital theory)	N. Bloembergen (USA) A. L. Schawlow (USA) Kai Manne Siegbahn (Sweden, *1918-04-20)

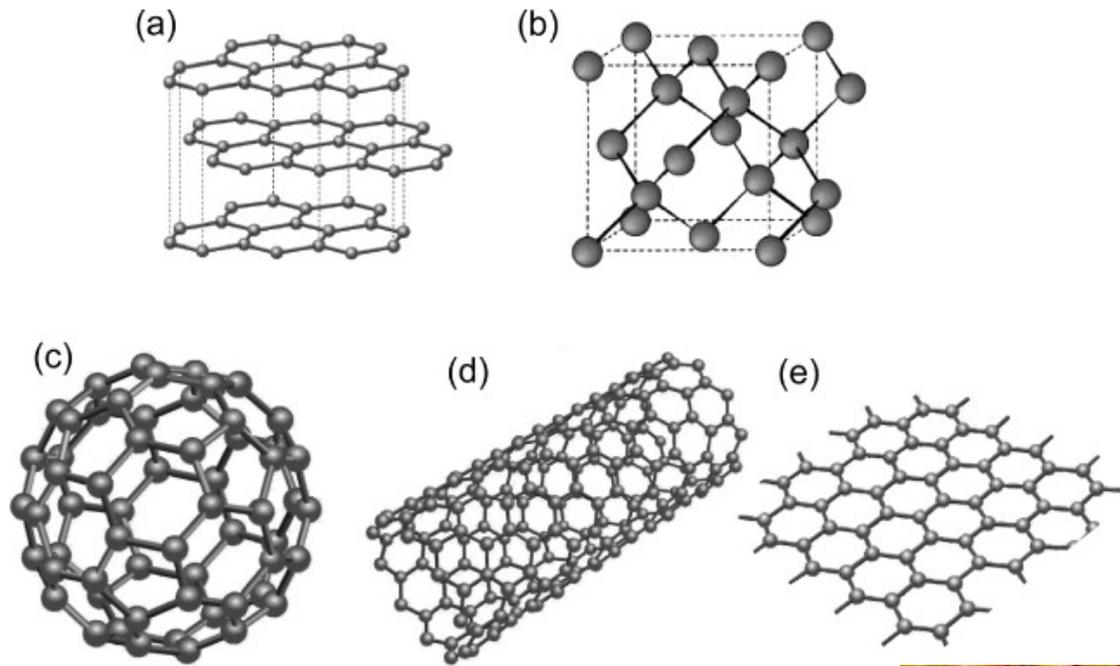
1982	Aaron Klug (UK *1926) Crystallographic methods for the elucidation of biologically important nucleic acid protein complexes	Kenneth G. Wilson (USA, *1936) Theory of phase transitions and critical phenomena
1983	Henry Taube (CAN *1915) Reaction mechanisms of electron transfer, especially with metal complexes	S. Chandrasekhar (USA) William A. Fowler (USA, 1911-) Importance of nuclear reactions for the formation of chemical elements in the universe
1984	Robert Bruce Merrifield (USA, *1921-) Method for the preparation of peptides and proteins	Carlo Rubbia (ITA 1934-) Simon van der Meer (HOL *1925) Basic studies on particle physics
1985	Herbert A. Hauptman (USA) Jerome Karle (USA 1918) Direct methods for determining crystal structures	Klaus v. Klitzing (Germany, *1943) quantum Hall effect
1986	John C Polanyi (CAN *1929) Dudley R Herschbach (USA *1932) Yuan T Lee (USA *1936) Dynamics of chemical elementary processes	Ernst Ruska (GER 1906-1988) Gerd Binnig (GER, *1947) Heinrich Rohrer (CH *1933) Electron microscope and raster tunnel microscope, respectively
1987	Donald J. Cram (USA 1919-2001) Charles J. Pedersen (USA 1904-1989) Jean-Marie Lehn (FRA, *1939) Development of molecules with structurally specific interaction of high selectivity	Johannes Georg Bednorz (GER *1950) Karl Alex Müller (CH *1927) High temperature superconductors
1988	Johann Deisenhofer (GER *1943) Robert Huber (GER *1937) Hartmut Michel (GER *1948) 3-D structure of a photosynthetic reaction center	Leon Max Lederman (USA) Melvin Schwartz (USA) Jack Steinberger (USA)
1989	Sidney Altman (CAN, *1939) Thomas Robert Cech (USA, *1947) Catalytic properties of RNA)	Wolfgang Paul (GER, *1913) Hans Georg Dehmelt (USA, GER) Norman F Ramsey (USA *1915-08-27)
1990	Elias James Corey (USA *1928) novel methods for the synthesis of complex natural compounds (retrosynthetic analysis)	Jerome I. Friedman (USA *1930) Henry W. Kendall (USA*1926) Richard E. Taylor (CAN *1929) Inelastic scattering of electrons by protons and bound neutrons, development of the quark model

1991	Richard Robert Ernst (CH *1933) high resolution NMR	Pierre-Gilles de Gennes (FRA *1932) Theory of ordering phenomena of liquid crystals, polymers, magnets and superconductors
1992	Rudolph A. Marcus (USA *1923) Theories of electron transfer	Georges Charpak (FRA *1924) Detectors of rare interactions of elementary particles
1993	Kary Banks Mullis (USA *1944) Invention of the polymerase chain reaction Michael Smith (CAN, *1932) Development of site specific mutagenesis	Russell A. Hulse (USA, *1950) Joseph Taylor jr. (USA, *1941)
1994	George A. Olah (USA, *1927) Carbocations	Bertram N. Brockhouse (CAN) Clifford G. Shull (USA) Studies on neutron beams
1995	Paul Crutzen (HOL *1933) , Mario Molina (MEX *1943) Frank Sherwood Rowland (USA *1927) work in atmospheric chemistry, particularly concerning formation and decomposition of ozone	Martin L. Perl (USA *1927) discovery of the tau lepton Frederick Reines (USA *1918) for the detection of the neutrino
1996	Robert F. Curl, Jr. (USA *1933) , Sir Harold W. Kroto (UK *1939) , Richard E. Smalley (USA *1943) for their discovery of fullerenes	David M. Lee (USA *1931) Douglas D. Osheroff (USA *1945) Robert C. Richardson (USA, *1937) discovery of superfluidity in helium-3
1997	Paul D. Boyer (USA *1918) John E. Walker (UK *1941) elucidation of the enzymatic mechanism underlying the synthesis of ATP) Jens C. Skou (DEN, *1918) first discovery of an ion-transporting enzyme, Na ⁺ , K ⁺ -ATPase	Steven Chu (USA *1948) Claude Cohen-Tannoudji (FRA *1933) William D. Phillips (USA *1948) development of methods to cool and trap atoms with laser light
1998	Walter Kohn (USA *1923) development of the density-functional theory John A. Pople (UK USA *1925) Computational methods in quantum chemistry (GAUSSIAN computer programs)	Robert B. Laughlin (USA *1950) Horst L. Störmer (GER/USA *1949) Daniel C. Tsui (USA *1939) New form of quantum fluid with fractionally charged excitations (electrons acting together in strong magnetic fields, fractional quantum Hall effect)

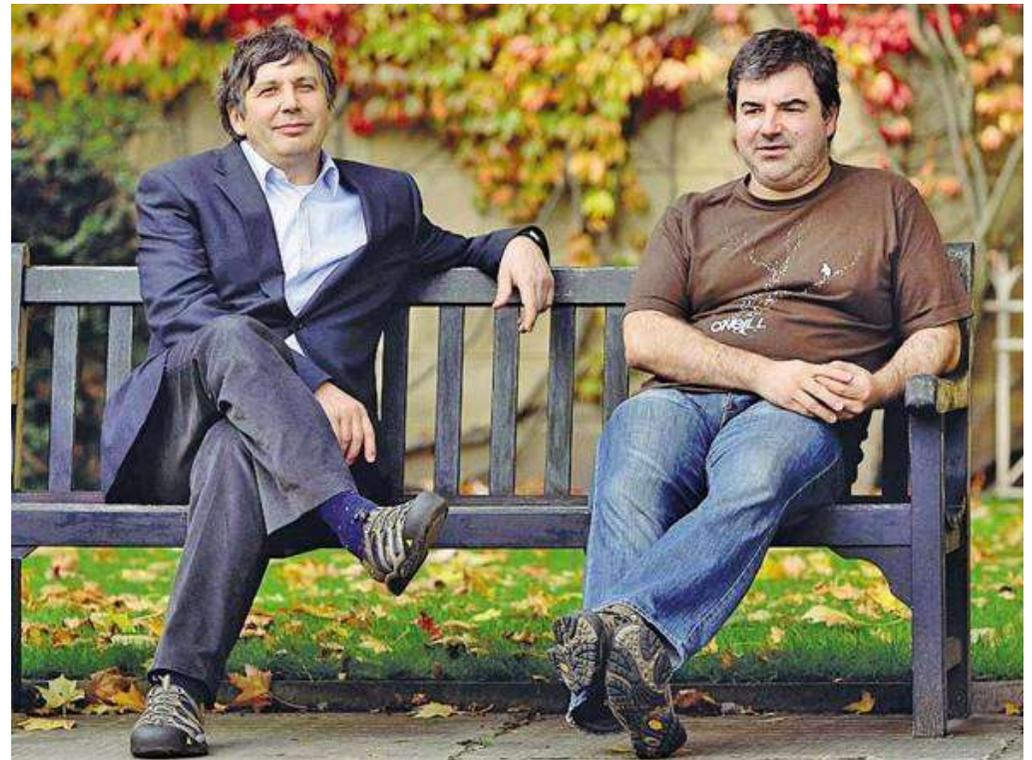
1999	Ahmed H. Zewail (USA, Egypt, 1946-) for his studies of the transition states of chemical reactions using femtosecond spectroscopy	Gerardus 't Hooft (HOL 1946-) Martinus J.G. Veltman (HOL *1931) for elucidating the quantum structure of electroweak interactions in physics
2000	Alan J. Heeger (USA *1936) Alan G MacDiarmid (USA *1927) Hideki Shirakawa (JAP, *1936) discovery and development of conductive polymers	Zhores I. Alferov (RUS *1930) Herbert Kroemer (GER/USA *1928) semiconductor heterostructures in high-speed- and opto-electronics Jack S. Kilby (USA *1923) for his part in the invention of the integrated circuit
2001	William S. Knowles (USA *1917), Ryoji Noyori (JAP *1938) chirally catalysed hydrogenation reactions K. Barry Sharpless (USA, *1941) work on chirally catalysed oxidation reactions	Eric A. Cornell (USA *1961), Wolfgang Ketterle (GER *1957), Carl E. Wieman (USA *1951) Bose-Einstein condensation in dilute gases of alkali atoms, for early fundamental studies on properties of condensates
2002	John B. Fenn (USA, *1917), Koichi Tanaka (JAP, *1959) soft desorption ionisation methods for mass spectrometric analyses of biological macromolecules Kurt Wüthrich (CH, *1938) development of NMR spectroscopy for determining the three-dimensional structure of biological macromolecules in solution	Raymond Davis Jr. (USA *1914) Masatoshi Koshiba (JAP *1926) pioneering contributions to astrophysics, in particular for the detection of cosmic neutrinos Riccardo Giacconi (USA, *1931) pioneering contributions to astrophysics, which have led to the discovery of cosmic X-ray sources
2003	Peter Agre (USA 1949-) water channels in cell membranes Roderick MacKinnon (USA) structural and mechanistic studies of ion channels in cell membranes	Alexei A. Abrikosov (RUS and USA 1928-) Vitaly L. Ginzburg (RUS 1916-) Anthony J. Leggett (UK and USA *1938) pioneering contributions to the theory of superconductors and superfluids

Sir Harold Kroto, professor of University of Sussex, Brighton, UK. He received the Nobel prize in Chemistry 1996 for the discovery of C₆₀ Buckminster fullerene, a new form of carbon.

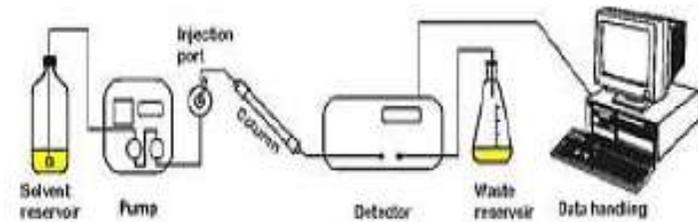




A. Geim, K. Novoselov
(Univ. Manchester, UK)
Nobel prize in Chemistry 2010
for the discovery graphene
a new form of carbon



La chimica per il controllo dell'ambiente, degli alimenti e della salute

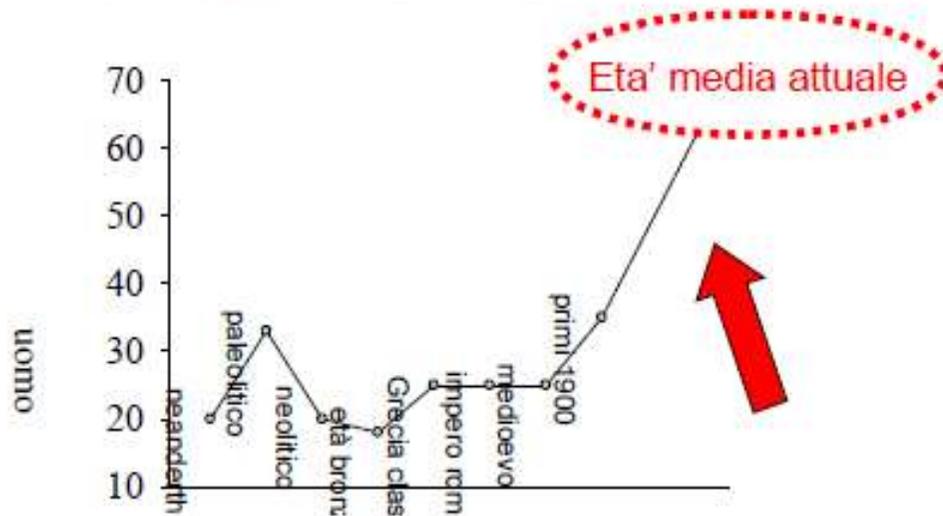


analisi ambientali, controllo di qualità degli alimenti, analisi mediche...

La chimica per la vita



applicazioni farmaceutiche
e biotecnologiche



... nel vero senso della parola!

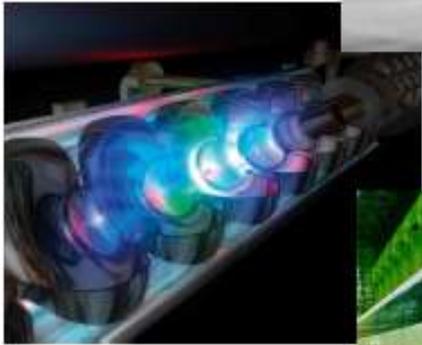
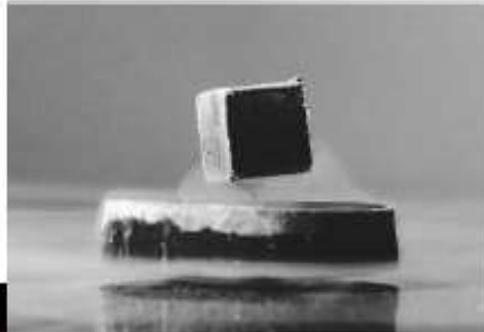
1953: scoperta
del **DNA**

1949: commercializzazione
del **cortisone**

1930-1950: studio e
Produzione degli **antibiotici**

1893: sintesi
Industriale **aspirina**

Materiali funzionali

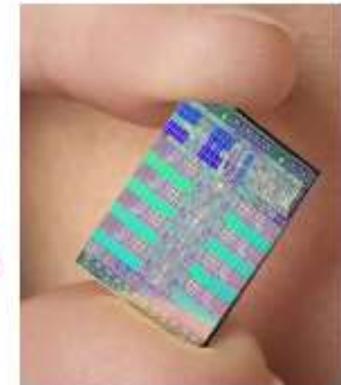


Superconduttori per treni a levitazione magnetica o acceleratori di particelle



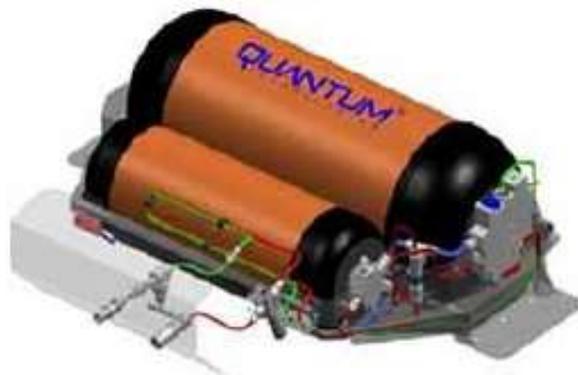
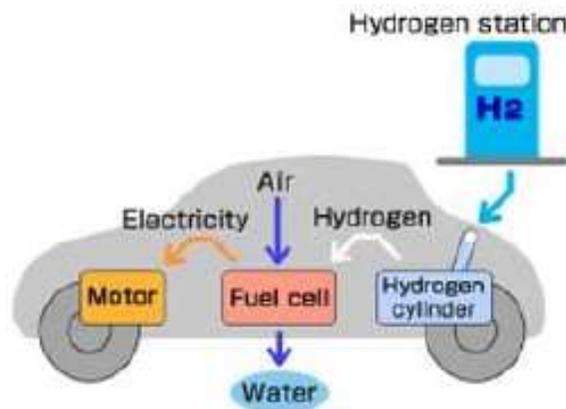
Laser

Semiconduttori per microelettronica

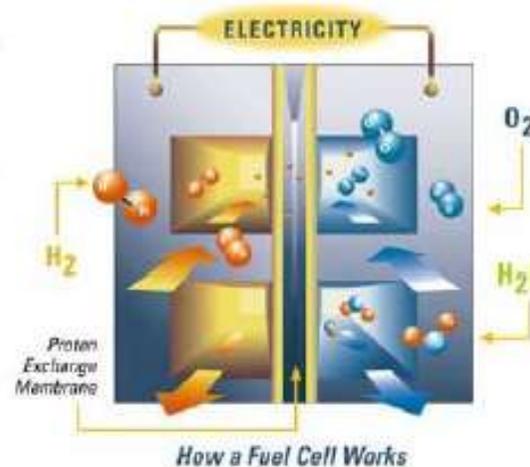


Fibre ottiche e materiali per le telecomunicazioni

L'energia

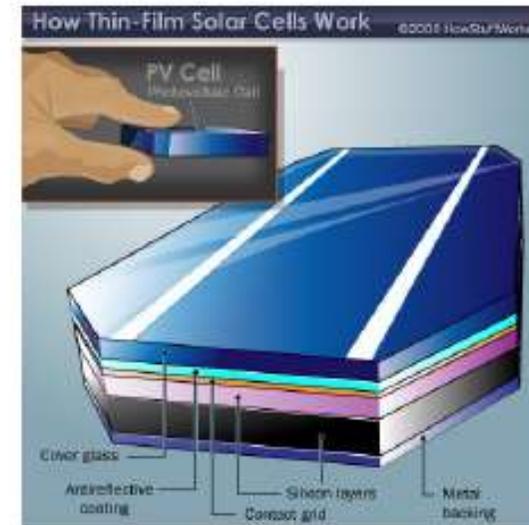


Immagazzinamento e produzione di idrogeno



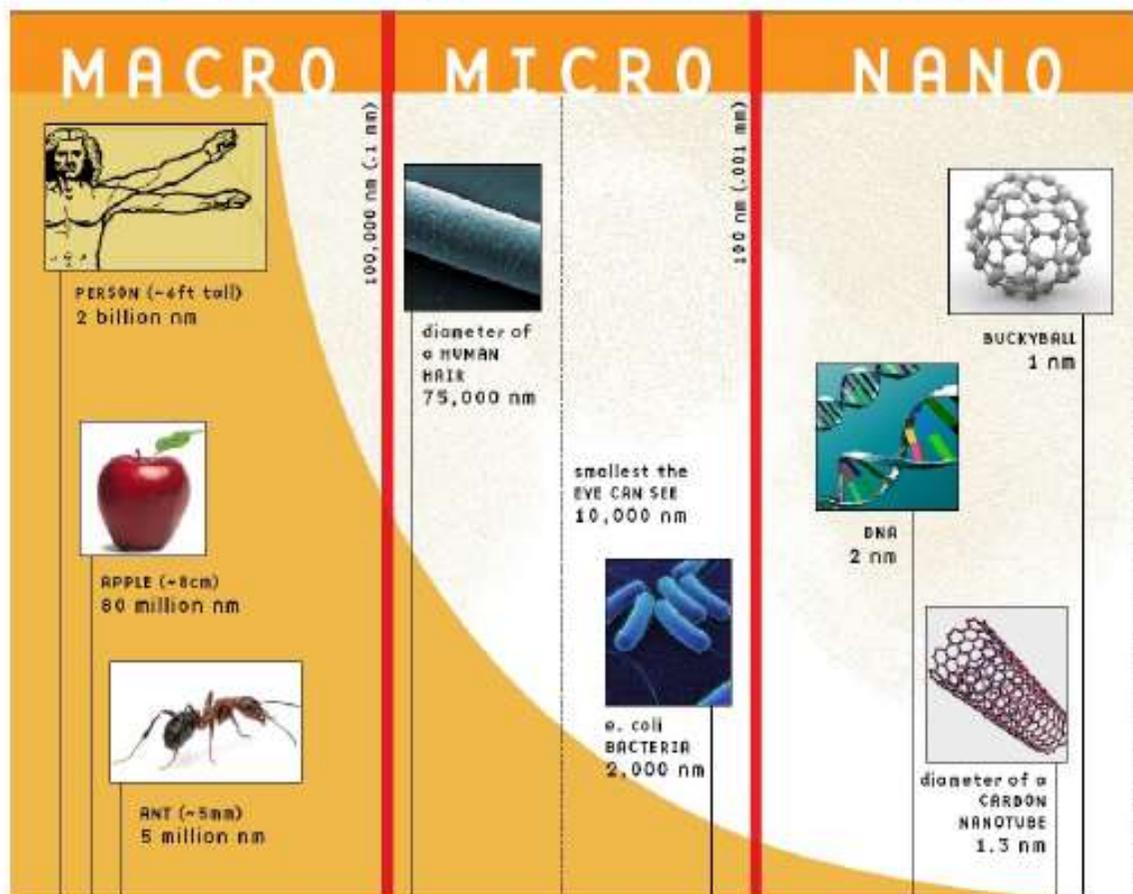
How a Fuel Cell Works
Graphic courtesy California Fuel Cell Partnership
www.cafcp.org

Celle a combustibile

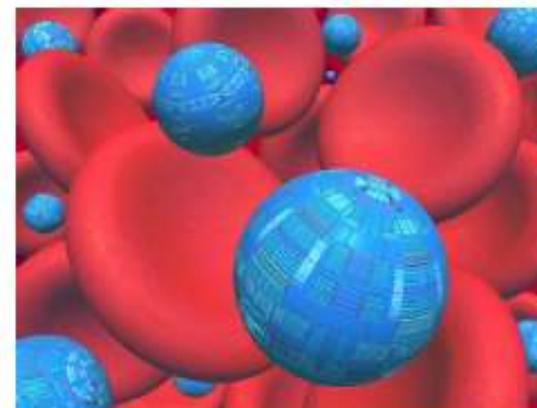


Fotovoltaico tradizionale e a basso costo

Nanotecnologie e Nanobiotecnologie



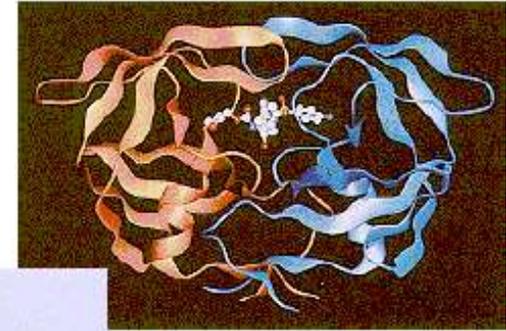
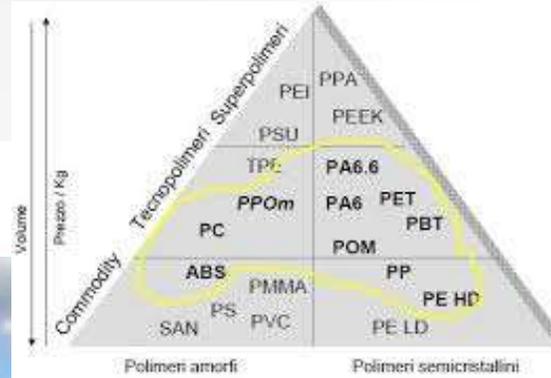
**Nanomateriali con proprietà
del tutto nuove**



**Nanomedicine
intelligenti
per sconfiggere il
cancro**

La chimica di tutti i giorni

aria, acqua...
 organici di base
 inorganici
 plastiche e resine
 gas tecnici
 intermedi di chimica fine
 coloranti e pigmenti organici
 ausiliari per l'industria
 fragranze e aromi
 amidi e acidi organici
 prodotti per la salute animale
 materie prime farmaceutiche
 fibre chimiche
 agrofarmaci
 fertilizzanti



adesivi e sigillanti
 pitture e vernici
 inchiostri
 detersivi
 prodotti per la pulizia
 cosmetici e profumi
 biotecnologie
 prodotti per l'automedicazione
 specialità farmaceutiche



C. Ghigliano, L. Novelli
La storia della chimica a fumetti
Milano Libri Edizioni

I. Asimov
Breve storia della chimica
Zanichelli

F. Ghisotti
Dall' alchimia alla chimica
Fenice 2000

A. Di Meo
Storia della chimica
Newton & Compton



LETTURE

F. Cardone
Acqua, aria, terra e fuoco.
Storia della chimica dagli
albori a Lavoisier
Laruffa

L. Galzigna
Le idee chimiche del XX
secolo
Borla

A. Di Meo
Storia della chimica in Italia
Vignola

R.J. Gillespie, D.A.
Humphreys,
N.C. Baird, E.A. Robinson
Chimica
Società Editrice Scientifica



<http://www.nobel.se>

sito ufficiale
della fondazione Nobel