

Centro PRISTEM

Mateinitaly

Matematica e dintorni: storie di contaminazioni negli ultimi due secoli

Siena, 5-7 aprile 2019

Marco Ciardi (Università di Bologna): *"Dalle qualità ai numeri": l'evoluzione della chimica moderna da Lavoisier ad Avogadro*

la Mendeleev

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

H	He																	
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne											
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar											
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Ts	Og	
ANTHANIDE SERIES		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
ACTINIDE SERIES		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		



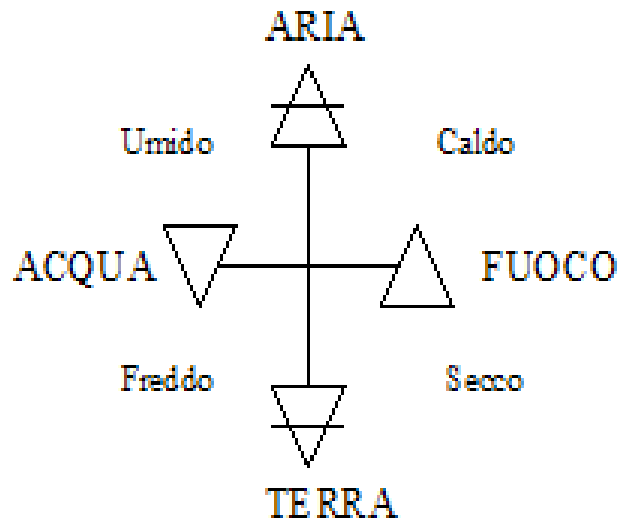
United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



2019
IYPT
International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements

	☉	Sole , cioè Oro .
	☾	Luna , cioè Argento.
	☿	Mercurio , cioè Argentovivo.
	♀	Venere , cioè Rame.
	♂	Marte , cioè Ferro.
	♃	Giove , cioè Stagno.
	♄	Saturno , cioè Piombo.
	♁	Aceto.
	♁	Aceto Distillato.
	♁	Acqua.
	♁	Acqua Forte.
	♁	Acqua Regia.
	♁	Acqua Vita.
	♁	Aere.
	♁	Alembicco.
	♁	Alume di Rocca.
	♁	Amalgamare.
	♁	Anno.
	♁	Antimonio.
	♁	Arena.
	♁	Arsenico.

Quattro elementi

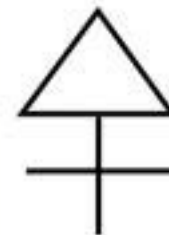


Aristotele



Paracelso

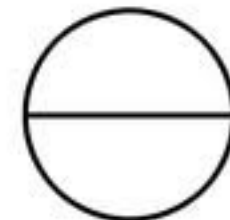
Tria prima



Solfo



Mercurio



Sale

TABLE DES DIFFERENTS RAPPORTS
observés entre différentes substances.

Mem. de L'Acad. 1788. Pl. 3. pag. 312.

~	⊖	⊖	⊖	▽	⊖	♂	SM	♂	♀	♄	♀	☾	♂	♁	▽
⊖	♄	♂	♂	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	☉	☾	♀	♄	♁	♂	▽
♂	♁	♀	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	♂	☾	♀	PC	♀	♄	♂	⊖
▽	♀	♄	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	♀	♄						
SM	☾	♀	▽		♂		♂	♄	♀						
	♀	☾	♂		♂		☾	♄	♀						
								♁	♁						
			☾					♀							
	☉							☉							

- | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---|
| ~ <i>Espirit acides.</i> | ▽ <i>Terre absorbante.</i> | ☉ <i>Or.</i> | ♂ <i>Soufre minéral.</i> |
| ⊖ <i>Acide du sel marin.</i> | SM <i>Substances métalliques.</i> | ♂ <i>Fer.</i> | ♂ <i>Principe huileux ou soufre Principe.</i> |
| ⊖ <i>Acide nitreux.</i> | ♂ <i>Mercur.</i> | ♄ <i>Plomb.</i> | ♂ <i>Espirit de vinaigre.</i> |
| ⊖ <i>Acide vitriolique.</i> | ♁ <i>Regule d'Antimoine.</i> | ♄ <i>Etain.</i> | ▽ <i>Eau.</i> |
| ♂ <i>Sel alcali fixe.</i> | ☉ <i>Or.</i> | ♄ <i>Zinc.</i> | ⊖ <i>Sel.</i> |
| ♂ <i>Sel alcali volatil.</i> | ☾ <i>Argent.</i> | PC <i>Pierre Calaminaire.</i> | ▽ <i>Espirit de vin et Esprit ardent.</i> |

TABULA AFFINITATUM INTER DIFFERENTES SUBSTANTIAS.

							SM												
																			
												LC							
																			
SM																			
																			
																			
																			
																			

NON FINGENDUM AUT EXCOGITANDUM, SED VIDENDUM
QUID NATURA FERAT; AUT FACIAT

Scoperta dei gas

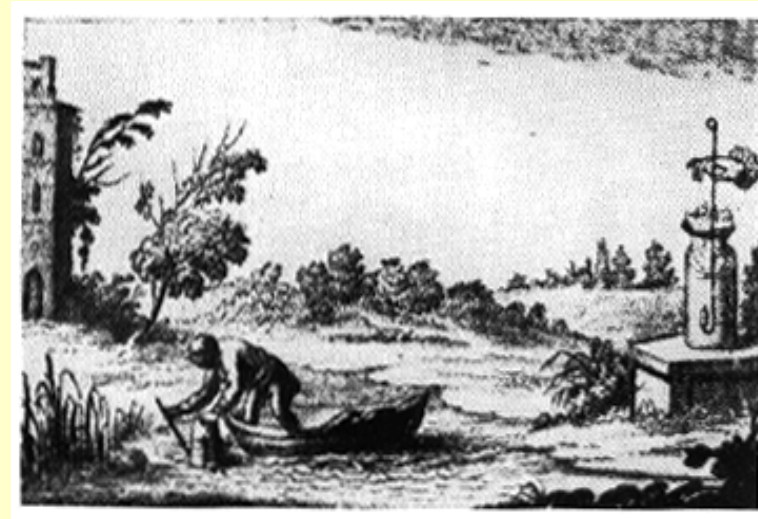
1700



Alessandro Volta

Metano

1777



“aria infiammabile nativa delle paludi”



**Lavoisier e sua moglie
Marie Paulze**

**Ritratto di
Jacques-Louis David
(1788)
The Metropolitan
Museum of Art,
New York**

**Antoine-Laurent Lavoisier
1743-1794**

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
<i>Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.</i>	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur.
	Calorique.....	Fluide igné. Feu.
	Oxygène.....	Matière du feu & de la chaleur. Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital. Base de l'air vital.
	Azote.....	Gaz phlogistiqué. Mofete. Base de la mofete.
	Hydrogène.....	Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.
	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique..	Inconnu.
Radical boracique..	Inconnu.	
<i>Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arfénic.....	Arfénic.
	Bismuth.....	Bismuth.
	Cobolt.....	Cobolt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Étain.....	Étain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercuré.....	Mercuré.
<i>Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du sel d'Épsum.
	Baryte.....	Barote, terre pesante.
<i>Substances simples salifiables terreuses.</i>	Alumine.....	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.
	Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.

Traité élémentaire de chimie 1789

“Chiamo elemento il termine
ultimo al quale giunge
l'analisi chimica”

Prima tavola
33 elementi

Immanuel Kant

1766: I sogni di un visionario spiegati coi sogni della metafisica

E quando finalmente, come Dio vuole, essi saranno completamente svegli, quando cioè apriranno gli occhi ad uno sguardo che non escluda **l'accordo con altri intelletti umani**, allora nessuno di loro vedrà cosa che non possa ugualmente apparire manifesta e certa a chiunque altro, grazie alla luce delle loro prove, e **i filosofi abiteranno al tempo stesso un mondo comune**, come quello che già da lungo tempo occupano **i matematici**; avvenimento importante, che non può farsi attendere a lungo, se si deve credere ai segni e ai presagi certi, che da qualche tempo si mostrano all'orizzonte della scienza.

Legge di Lavoisier

In una reazione chimica le sostanze che reagiscono si chiamano **reagenti**, le sostanze che si ottengono si chiamano **prodotti**.

Legge di Lavoisier: in ogni **reazione chimica la somma delle masse dei reagenti è uguale a quella dei prodotti di reazione.**



Legge di Lavoisier: naturalmente 1,57 g di solfuro di ferro contengono 1 g di ferro e 0,57 g di zolfo.

$$(a \circlearrowright) + (2ab \nabla + \frac{ab}{q} \nabla) + (\frac{ab}{s} \oplus + \frac{ab}{t} \Delta_H)$$

Legge delle proporzioni definite

Joseph Proust (1754 - 1826) ha trovato che *"Il rapporto fra le quantità in peso di due elementi che reagiscono per formare un composto è costante."*



Esempio 1

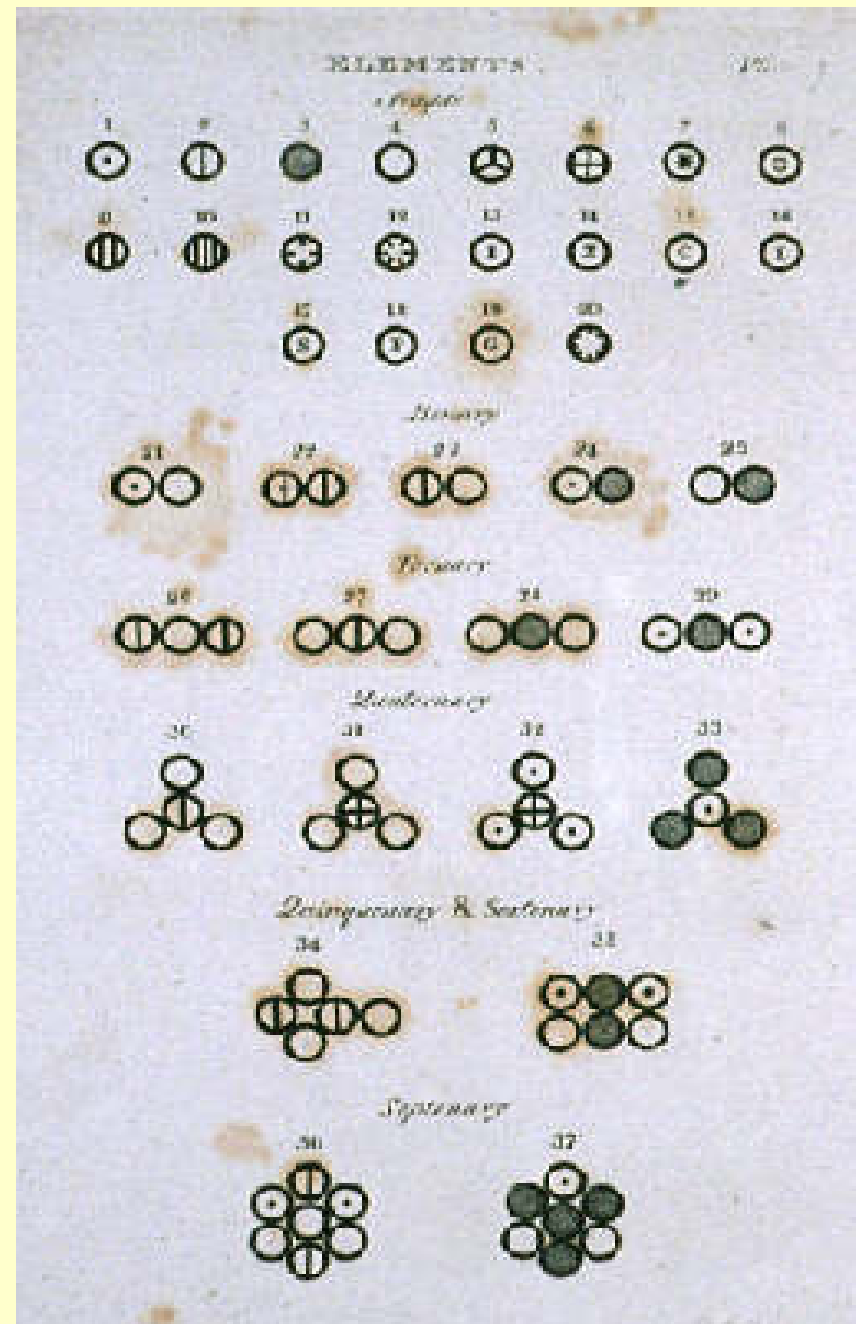
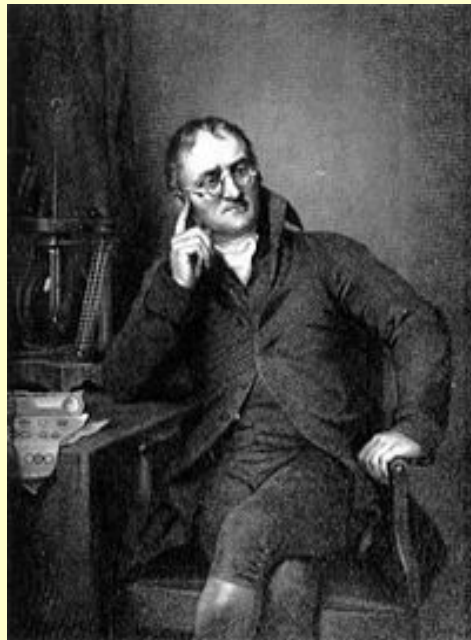
Ci sono 50 grammi di una sostanza chimica in questo tubo di prova. L'analisi mostra che contiene 26.36 g di cloro e 23.64 g di rame.

Qual'è il rapporto fra le masse del cloro e del rame ?















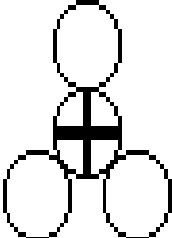


$$\frac{26.36 \text{ g Cl}}{23.64 \text{ g Cu}} = \frac{1.12 \text{ g Cl}}{1.00 \text{ g Cu}}$$

Per ogni grammo di rame nel composto vi sono 1.12 g di cloro.

John Dalton 1766-1844

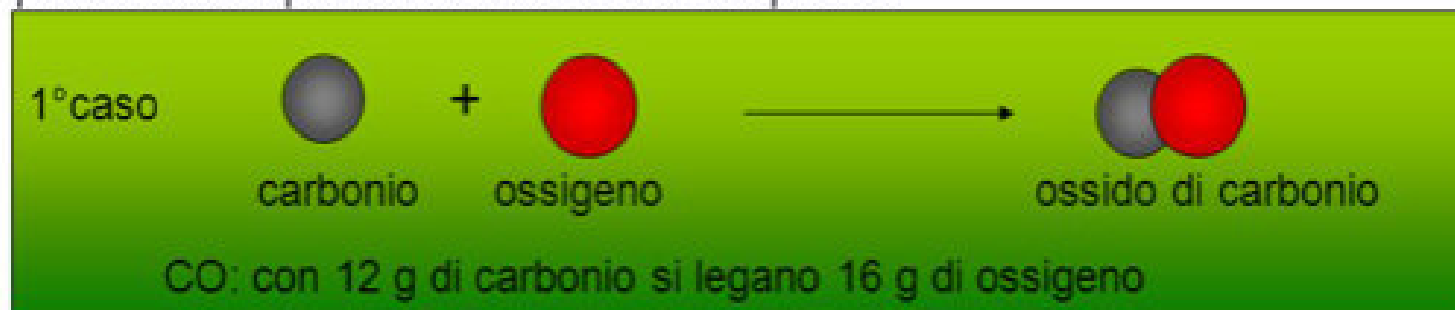


Dalton's 1808AD symbols and formulae.

 <i>Hydrogen</i>	 <i>Soda</i>	 <i>Ammonia</i>
 <i>Nitrogen</i>	 <i>Pot Ash</i>	 <i>Olefiant</i>
 <i>Carbon</i>	 <i>Oxygen</i>	 <i>Carbonic Oxide</i>
 <i>Sulphur</i>	 <i>Copper</i>	 <i>Carbonic Acid</i>
 <i>Phosphorus</i>	 <i>Lead</i>	 <i>Sulphuric Acid</i>
 <i>Alumina</i>	 <i>Water</i>	

Legge delle proporzioni multiple

Quando due elementi formano due composti differenti, con una massa fissa di un elemento si trovano combinate masse dell'altro elemento il cui rapporto può essere espresso da numeri interi e piccoli.

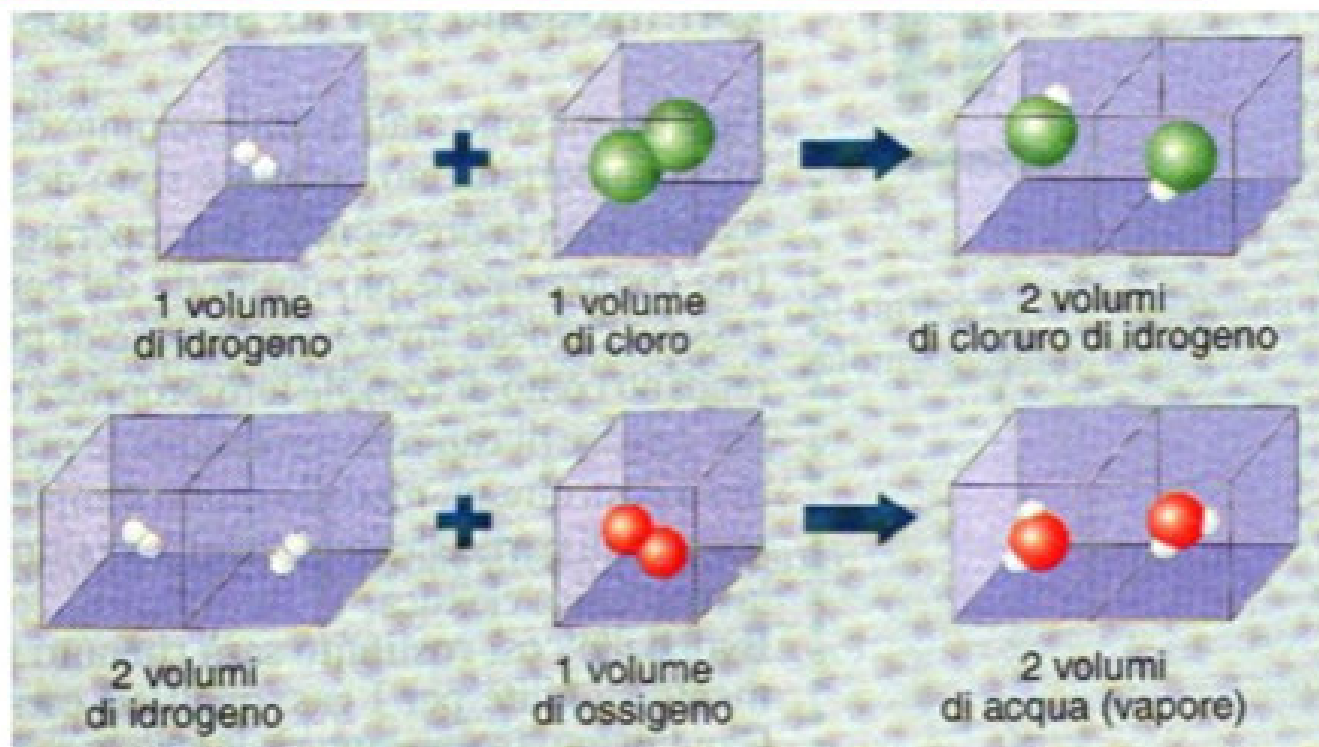


$$32 \text{ g} : 16 \text{ g} = 2$$

Legge di combinazione dei volumi

formulata da Gay-Lussac

Il rapporto tra i volumi di gas che reagiscono tra loro è espresso da numeri interi e piccoli.



ESSAI

D'UNE MANIÈRE DE DÉTERMINER LES MASSES
RELATIVES DES MOLÉCULES ÉLÉMENTAIRES
DES CORPS, ET LES PROPORTIONS
SELON LESQUELLES ELLES ENTRENT DANS
CES COMBINAISONS;

PAR A. AVOGADRO.

I.

M. GAY-LUSSAC a fait voir dans un Mémoire intéressant (*Mémoires de la Société d'Arcueil*, tome II) que les combinaisons des gaz entre eux se font toujours selon des rapports très-simples en volume, et que lorsque le résultat de la combinaison est gazeux, son volume est aussi en rapport très-simple avec celui de ses composés; mais les rapports des quantités de substances dans les combinaisons ne paroissent pouvoir dépendre que du nombre relatif des molécules qui se combinent, et de celui des molécules composées qui en résultent. Il faut donc admettre qu'il y a aussi des rapports très-simples entre les volumes des substances gazeuses, et le nombre des molécules simples ou composées qui les forment. L'hypothèse qui se présente la première à cet égard, et qui paroît même la seule admissible, est de supposer que le nombre des molécules intégrales dans les gaz quelconques, est toujours le même à volume égal, ou est toujours proportionnel aux volumes. En effet, si on supposoit que le nombre des molécules contenues dans un volume donné fût différent pour les différens gaz, il ne seroit guère possible de concevoir que la loi qui présideroit à la distancé des molécules, pût donner, en tout cas, des rapports aussi simples que les faits que nous venons de citer, nous obligent à admettre entre le volume et le nombre des molécules. Au contraire, on

Amedeo Avogadro

1811

Ipotesi di Avogadro



1856
1956

*“Volumi eguali di gas
nelle stesse condizioni
di temperatura e di
pressione contengono
lo stesso numero di
molecole.”*

Amedeo Avogadro

AMEDEO AVOGADRO

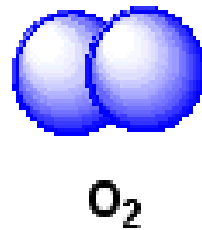
POSTE ITALIANE L. 25

ARL. OFF. CARVAL. ROMA

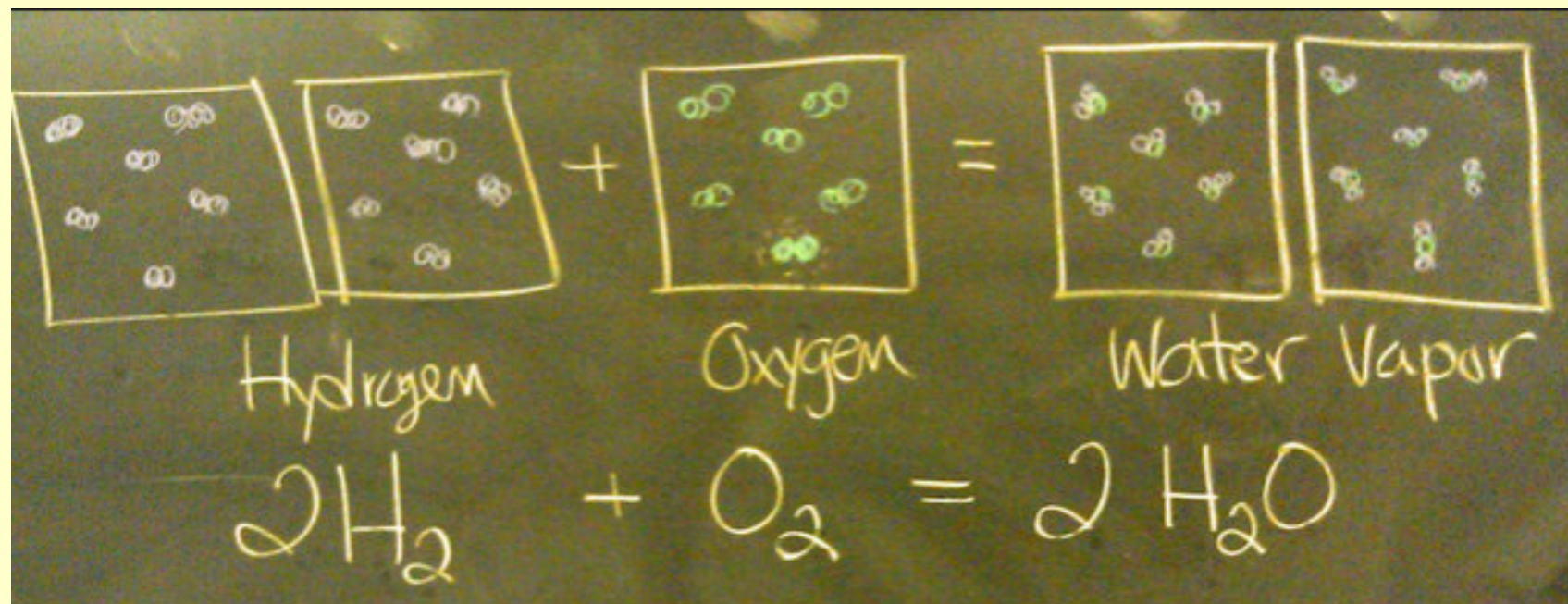
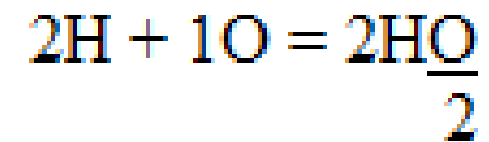
1956

G. SAVINI

ossigeno atomico



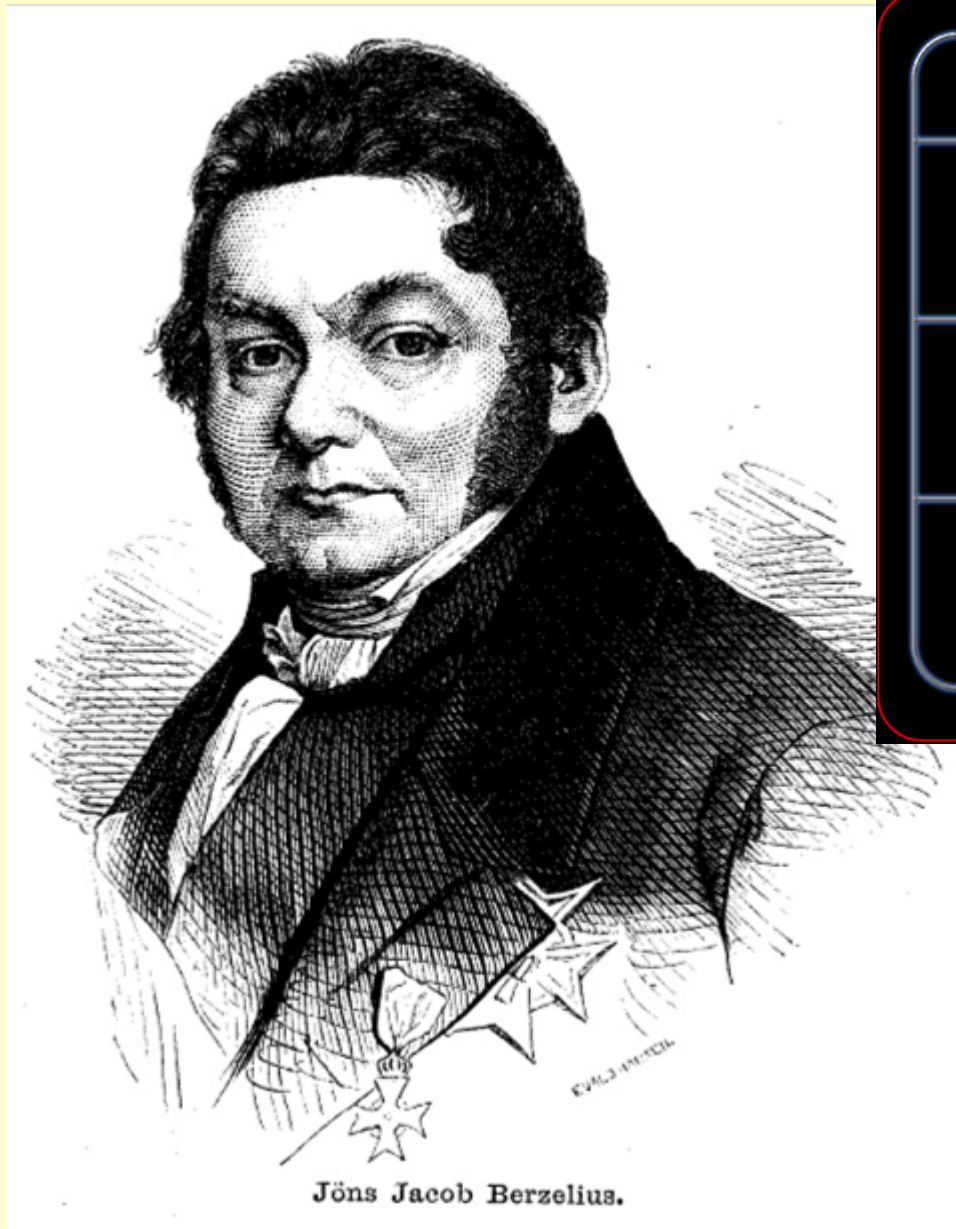
ossigeno diatomico



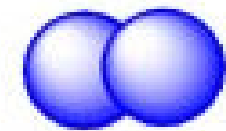
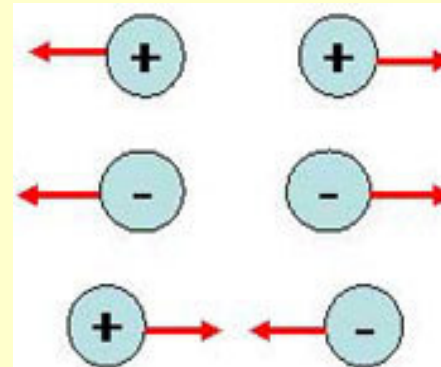
«L'ipotesi di Avogadro, se applicata pienamente, avrebbe spiegato molto riguardo ai pesi atomici e alla costituzione atomica dei composti.

Purtroppo, l'ipotesi venne ampiamente ignorata per mezzo secolo, e i chimici rimasero inutilmente confusi in molti modi durante quel periodo».

Berzelius conosce l'ipotesi di Avogadro, ma la rifiuta



	1783	1808	1818
Gold			Au
Mercury			Hg
Lead			Pb



O₂

ossigeno
diatomico

SUNTO DI UN CORSO
DI
FILOSOFIA CHIMICA

FATTO

Nella R. Università di Genova

DAL PROF. S. CANNIZZARO

NOTA

SULLE CONDENSAZIONI DI VAPORE

DELL'AUTORE STESSO



PISA

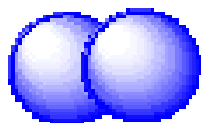
TIPOGRAFIA PIERACCINI

1858

Cannizzaro

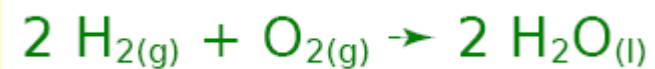
1858

*Sunto di un corso
di filosofia chimica*

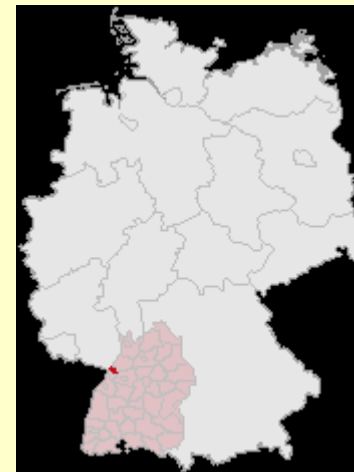
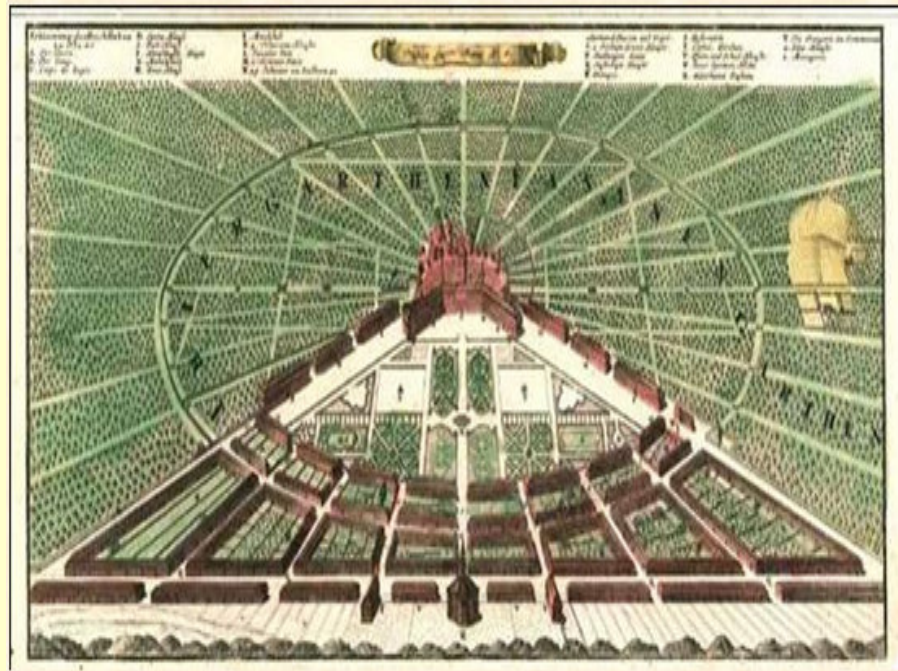


O₂

ossigeno diatomico

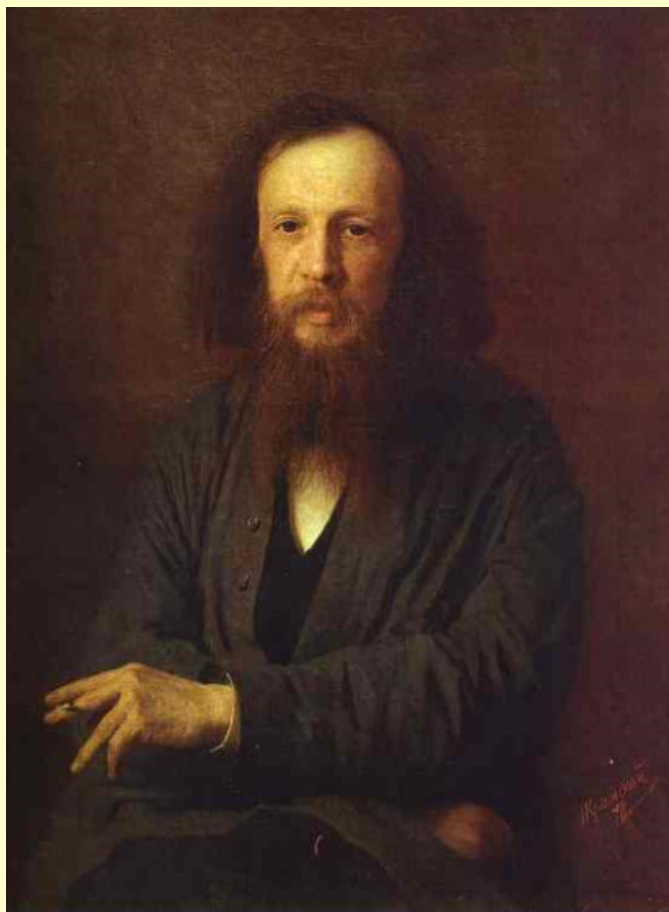


Karlsruhe settembre 1860



Riconoscimento internazionale Ipotesi di Avogadro

Mendeleev



Borodin





Il primo tentativo di ordinare gli elementi conosciuti si deve a **Wolfgang Dobereiner** nella prima metà dell'Ottocento: egli rilevò che a gruppi di tre (triadi) presentavano notevoli somiglianze.

In particolare ipotizzò che la massa atomica dell'elemento centrale della triade potesse essere la media aritmetica delle masse atomiche degli altri due elementi.

Triade 1	Triade 2	Triade 3	Triade 4	Triade 5
Li	Ca	S	Cl	Mn
Na	Sr	Se	Br	Cr
K	Ba	Te	I	Fe

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.
			Fe = 56	Rn = 104,4	Ir = 198.
			Ni = Co = 59	Pt = 106,8	Os = 199.
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.
	Be = 9,1	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
			? = 45	Ce = 92	
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

Д. Менделѣевъ

Serie	Gruppo I R ² O	Gruppo II RO	Gruppo III R ² O ³	Gruppo IV RH ⁴ RO ²	Gruppo V RH ³ R ² O ⁵	Gruppo VI RH ² RO ³	Gruppo VII RH R ² O ⁷	Gruppo VIII RO ⁴
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127.	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

La tavola di Mendeleev e la scoperta della periodicità

- : tavola periodica di Mendeleev con elementi posti in 8 colonne e **ordinati secondo la massa atomica crescente**
- Vengono lasciati alcuni spazi vuoti per elementi (ekaboro, ekalluminio, ekasilicio) di cui sono previste le proprietà.

TAB. 1 Elementi previsti da Mendeleev		Elementi scoperti in seguito	
ekaboro	massa atomica = 44 densità* ossido = 3,50	scandio	massa atomica = 44,96 densità ossido = 3,86
ekalluminio	massa atomica = 68 densità = 6	gallio	massa atomica = 69,72 densità = 5,96
ekasilicio	massa atomica = 72 densità = 5,50	germanio	massa atomica = 72,60 densità = 5,47

* la densità è espressa in g/cm³

→ La successiva scoperta di scandio, gallio e germanio conferma la **periodicità delle proprietà chimiche degli elementi.**

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period 1	1 H 1.008																	2 He 4.0026
2	3 Li 6.94	4 Be 9.0122											5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180
3	11 Na 22.990	12 Mg 24.305											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.948
4	19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.723	32 Ge 72.63	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.796
5	37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.96	43 Tc [97.91]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
6	55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	* 71 Lu 174.97	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po [209]	85 At [209]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	** 103 Lr [262]	104 Rf [261]	105 Db [262]	106 Sg [263]	107 Bh [264]	108 Hs [265]	109 Mt [266]	110 Ds [267]	111 Rg [268]	112 Cn [269]	113 Nh [270]	114 Fl [270]	115 Mc [271]	116 Lv [272]	117 Ts [273]	118 Og [274]

*Lanthanoids

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm [144.91]	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05
---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

**Actinoids

89 Ac [227]	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np [237.04]	94 Pu [244.06]	95 Am [243.06]	96 Cm [247.07]	97 Bk [247.07]	98 Cf [251.08]	99 Es [252.08]	100 Fm [257.10]	101 Md [258.10]	102 No [259.10]
--------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------



GRAZIE PER L'ATTENZIONE