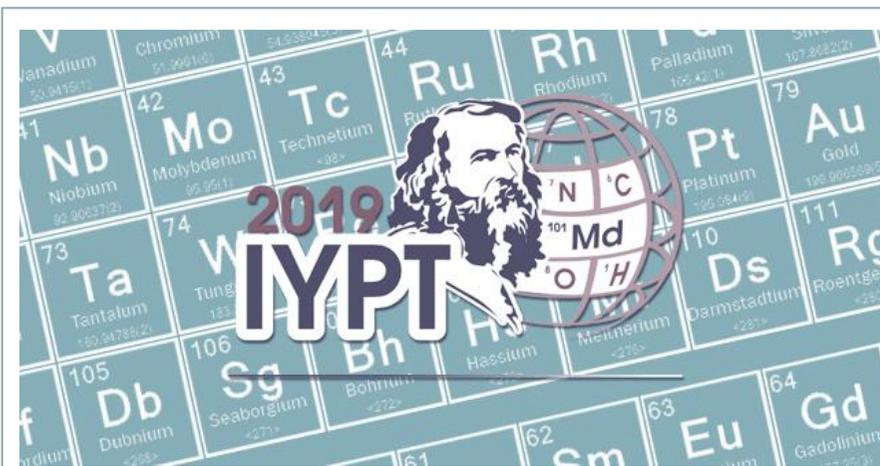


2019

ANNO INTERNAZIONALE DELLA
TAVOLA PERIODICA DEGLI
ELEMENTI CHIMICI



Il Sistema Periodico

PASSATO, PRESENTE E FUTURO

A cura di

Dott.ssa Chiara Salvitti

Post-doc presso

Dipartimento di Chimica e Tecnologie del farmaco

Università degli studi di Roma «La Sapienza»

La Tavola Periodica

«Oggi»



Periodic Table of the Elements

Normal melting points are in °C.
TP = Triple Point
Pressure is listed if not 1 atm.
Allotrope is listed if more than one allotrope.

1 IA 1A		2 IIA 2A												13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	18 VIIIA 8A																							
1 H Hydrogen 1.008		3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012															5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011 <small>graphite 4489 TP (10.3 MPa)</small>	7 N Nitrogen 14.007 <small>-210</small>	8 O Oxygen 15.999 <small>-218.79</small>	9 F Fluorine 18.998 <small>-219.67 TP</small>	10 Ne Neon 20.180 <small>-248.609 TP (41 MPa)</small>	11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305		3 III B 3B	4 IV B 4B	5 V B 5B	6 VI B 6B	7 VII B 7B	8 VIII 8	9 VIII 8	10 VIII 8	11 IB 1B	12 IIB 2B	13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974 <small>white 44.15</small>	16 S Sulfur 32.066 <small>gray 220.8</small>	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948 <small>-189.34 TP (95 MPa)</small>
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.88	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.933	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.723 <small>29.76 TP</small>	32 Ge Germanium 72.61	33 As Arsenic 74.922 <small>817 TP (8.70 MPa)</small>	34 Se Selenium 78.972 <small>gray 220.8</small>	35 Br Bromine 79.904 <small>-7.2</small>	36 Kr Krypton 84.90 <small>-157.38 TP (73.2 MPa)</small>																									
37 Rb Rubidium 84.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.29 <small>-111.74 TP (81.6 MPa)</small>																									
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.327	57-71 Lanthanide Series	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.85	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.59 <small>-38.83</small>	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [209]	85 At Astatine [209]	86 Rn Radon 222.018 <small>-71</small>																									
87 Fr Francium 223.020	88 Ra Radium 226.025	89-103 Actinide Series	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [269]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Uut Ununtrium unknown	114 Fl Flerovium [289]	115 Uup Ununpentium unknown	116 Lv Livermorium [293]	117 Uus Ununseptium unknown	118 Uuo Ununoctium unknown																									
57 La Lanthanum 138.906	58 Ce Cerium 140.115	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.966	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967																												
89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]																												

Alkali Metal

Alkaline Earth

Transition Metal

Basic Metal

Semimetal

Nonmetal

Halogen

Noble Gas

Lanthanide

Actinide

Link diretto alla pagina IUPAC: go.nature.com/2t2uzmo

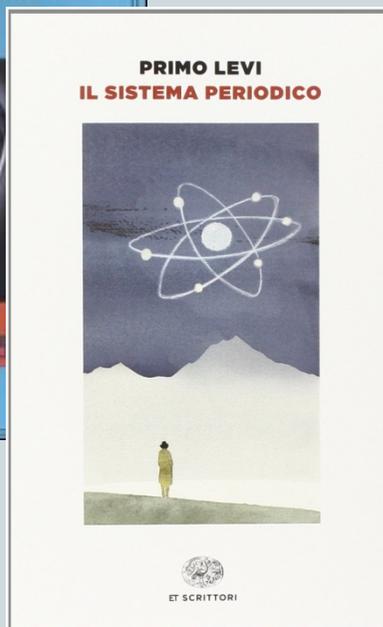
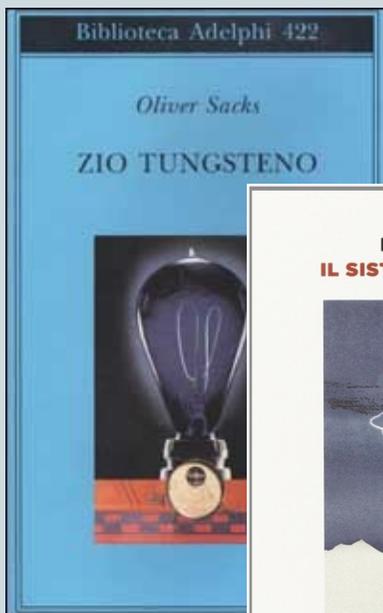
IUPAC: Unione Internazionale di Chimica Pura e Applicata

La Tavola Periodica

«tra Scienza, Vita e Cultura»



Oliver Sacks (1933-2015)



Primo Levi (1853-1987)

«...una poesia più alta e più solenne di tutte le poesie digerite in liceo»

«THE ELEMENTS» SONG

*“There's antimony, arsenic,
aluminum, selenium,
And hydrogen and oxygen and
nitrogen and rhenium,*

...

*And argon, krypton, neon, radon,
xenon, zinc, and rhodium,
And chlorine, carbon, cobalt,
copper, tungsten, tin, and sodium.
These are the only ones of which the
news has come to Harvard,
And there may be many others, but
they haven't been discovered.”*

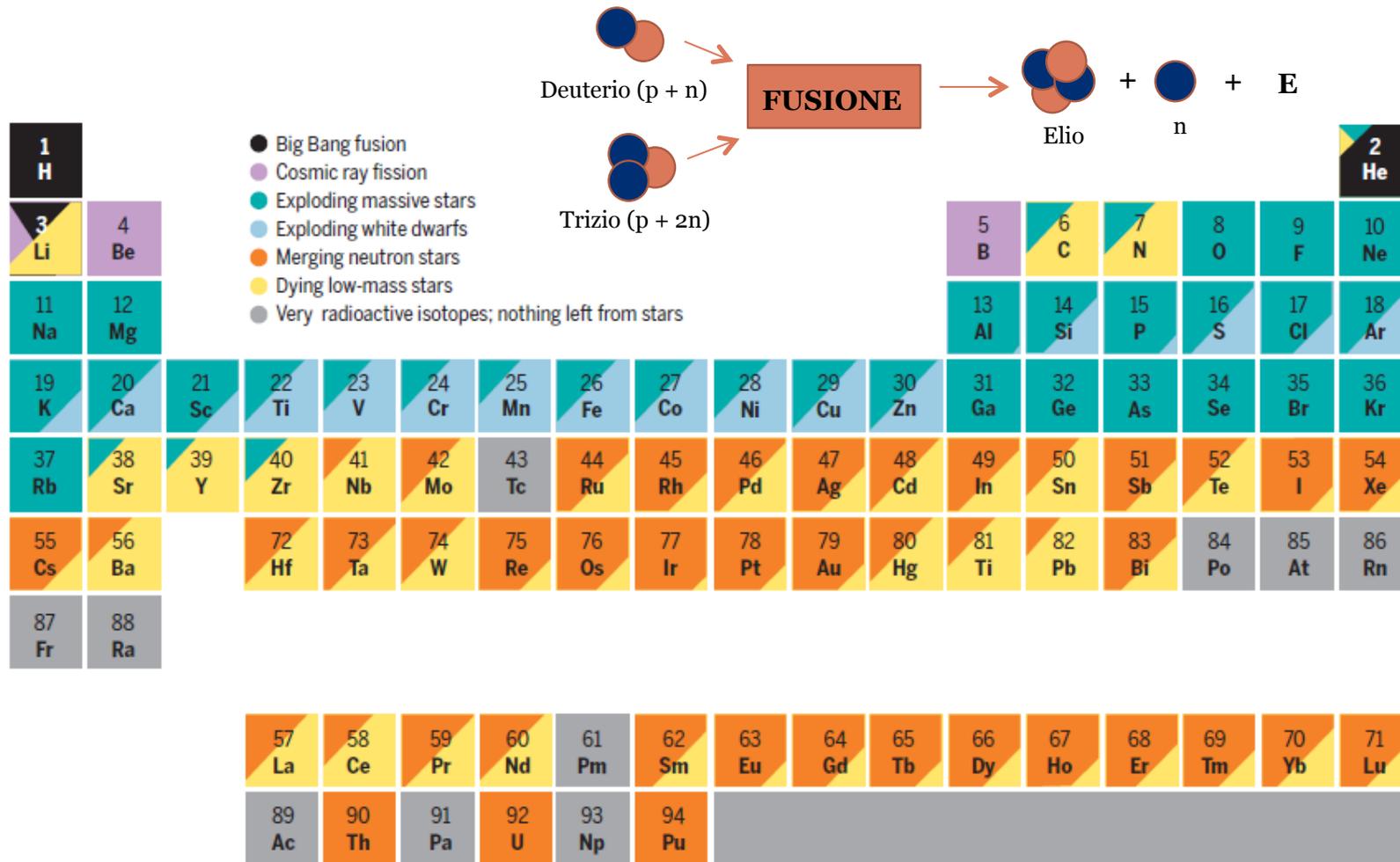
Tom Lehrer (1928-)



Tavola periodica nella cultura di massa

L'origine degli elementi

«Il processo di Nucleosintesi»



Sorgenti di Nucleosintesi degli elementi nel Sistema Solare: Johnson, Science (2019), 363, 474-478

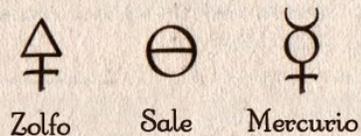
Dall'Alchimia alla Chimica moderna

- **IV sec. a. C.** Aristotele e Democrito
- **V sec. a. C.** Empedocle
- **VIII sec. d. C.** Jābir Ibn Hayyān
- **1493-1541** Paracelso
- **1627-1691** Robert Boyle- definizione di **Elementi**

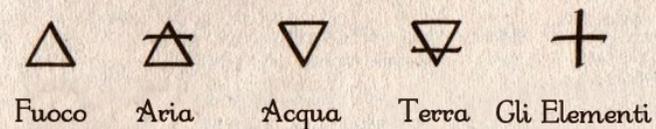
«corpi primitivi e semplici [...] che non essendo costituiti da altre sostanze sono gli ingredienti di cui sono direttamente costituiti tutti quelli chiamati corpi perfettamente composti [...]» **Il Chimico scettico**

SIMBOLI ALCHEMICI

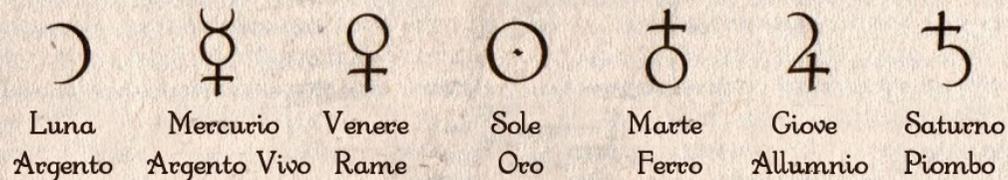
I TRE PRINCIPI



I QUATTRO ELEMENTI



PIANETI e METALLI



Teoria dello Zolfo-Mercurio

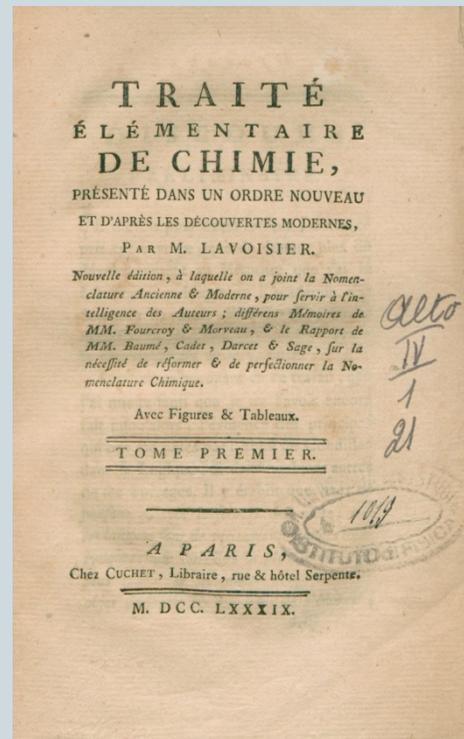


Nature 2019, 565, p. 563

Antoine Lavoisier (1743-1794)

«La prima lista degli elementi»

• 1789



192 DES SUBSTANCES SIMPLES.
TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
	Lumière.....	Lumière.
		Chaleur.
		Principe de la chaleur.
	Calorique.....	Fluide igné.
		Feu.
		Matière du feu & de la chaleur.
<i>Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.</i>	Oxygène.....	Air déphlogistique.
		Air empyréal.
		Air vital.
		Base de l'air vital.
		Gaz phlogistique.
	Azote.....	Mafete.
		Base de la mafete.
		Gaz inflammable.
		Base du gaz inflammable.
	Hydrogène.....	
		Soufre.....
		Soufre.
		Phosphore.....
		Phosphore.
<i>Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Carbone.....	Charbon pur.
		Isocoenu.
	Radical maritique.....	Incoenu.
	Radical thorsique.....	Incoenu.
	Radical boracique.....	Incoenu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arsenic.....	Arsenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
	Cobalt.....	Cobalt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Etain.....	Etain.
<i>Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Fer.....	Fer.
		Manganèse.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercur.....	Mercur.
	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du fel d'Epée.
<i>Substances simples siliceuses & vitifiables.</i>	Baryte.....	Baryte, terre pesante.
	Alumine.....	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.
	Silice.....	Terre siliceuse, terre vitifiable.

LEGGE DI CONSERVAZIONE DELLA MASSA

“Nulla si crea, nulla si distrugge, ma tutto si trasforma”

Lista degli elementi di Lavoisier

John Dalton (1766-1844)

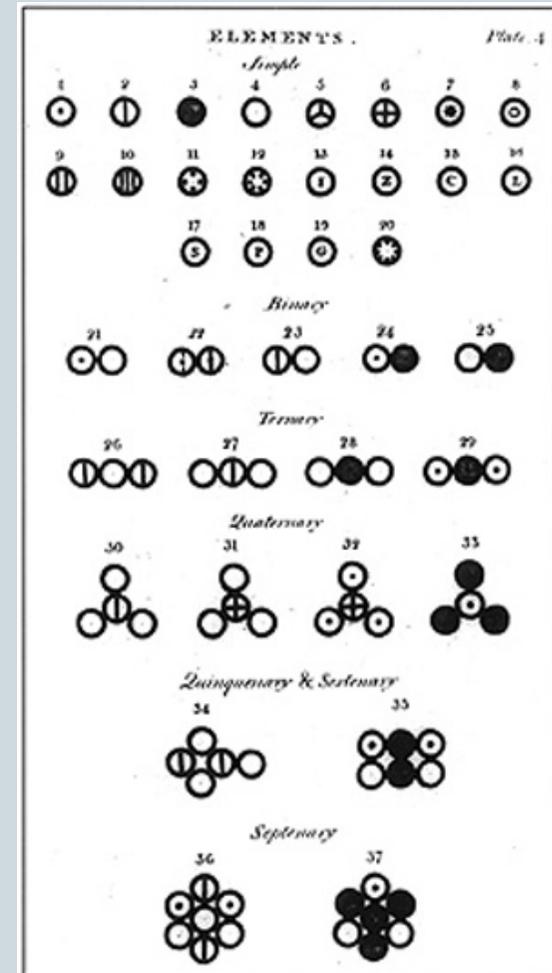
«La prima teoria atomica»

• 1808



LEGGE DELLE PROPORZIONI MULTIPLE

“Se due elementi si combinano tra loro, formando composti diversi, le quantità di uno di essi che si combinano con una quantità fissa dell'altro stanno fra loro in rapporti razionali, espressi da numeri interi e piccoli”



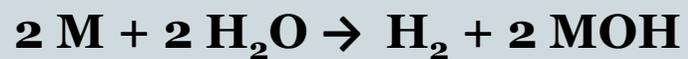
A New System of Chemical Philosophy

Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849)

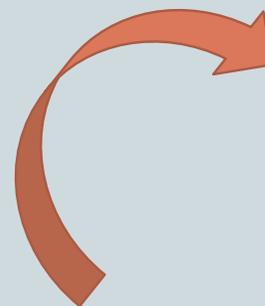
«La legge delle triadi»



• 1829



M= metallo alcalino



LITIO (Li)
PA= 7 u.m.a.



SODIO(Na)
PA= 23 u.m.a.



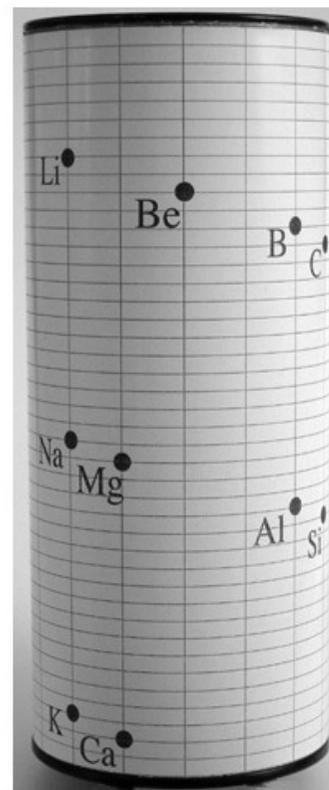
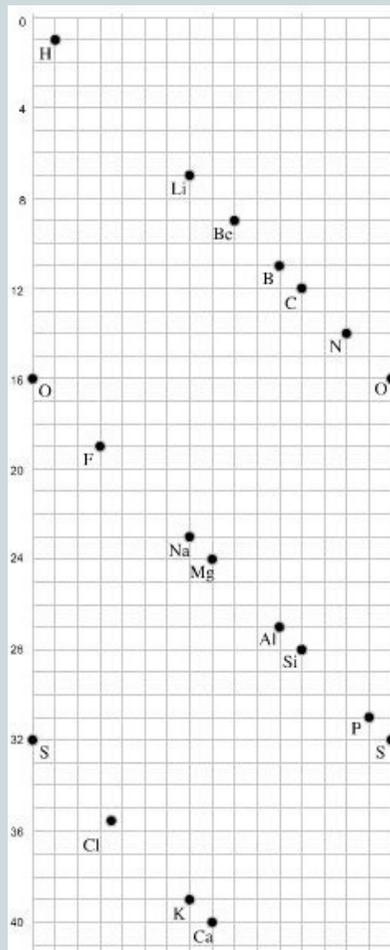
POTASSIO (K)
PA= 39 u.m.a.

Alexandre- Émile Béguyer de Chancourtois (1820-1886)

«La vis Tellurique»



• 1862

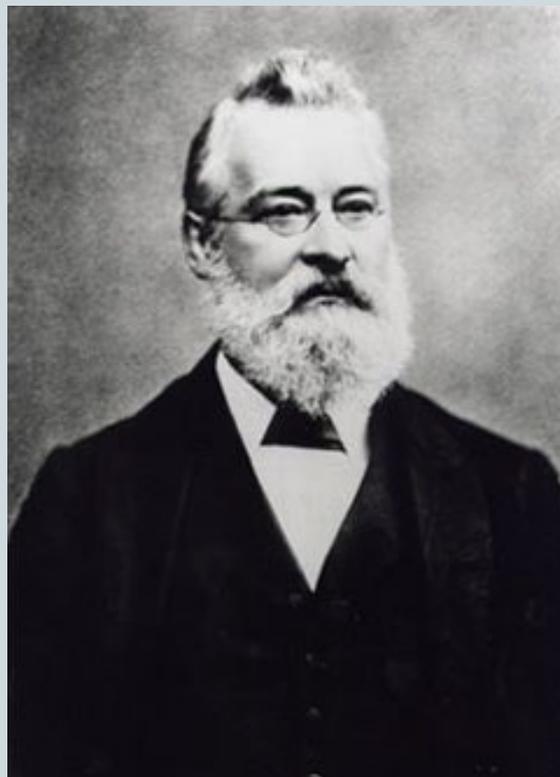


Sistema periodico a vite tellurica

John Newlands (1838-1898)

«La legge delle ottave»

• 1863-6



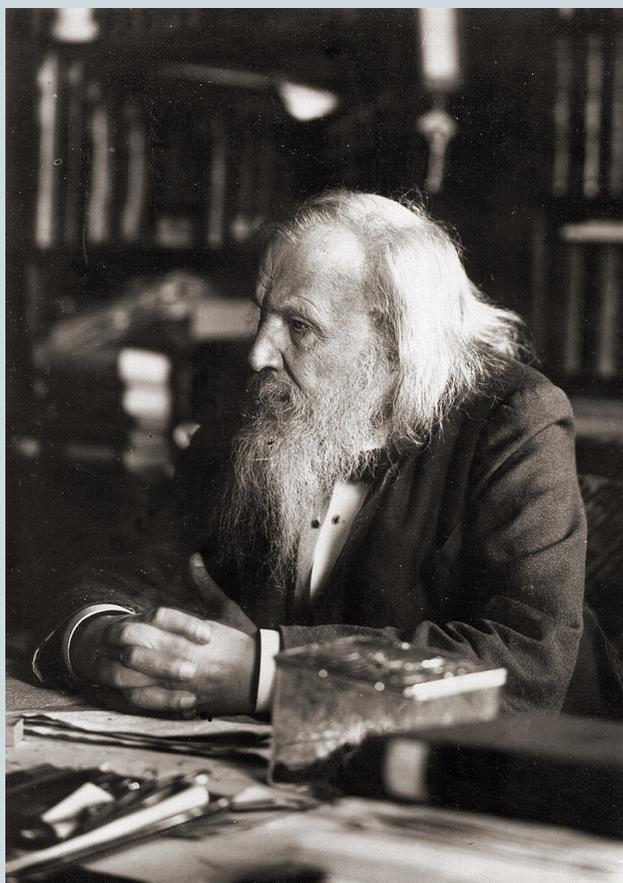
No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pt & Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Os 51
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 24	Sr 31	Cd 38	Ba & V 45	Hg 52
Bo 4	Al 11	Cr 19	Y 25	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Tl 53
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Pb 54
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	Te 43	Au 49	Th 56

Tavola periodica di Newlands presentata alla Chemical Society

Dmitrij Ivanovič Mendeleev (1834-1907)

«La tavola periodica»

- 1864- Julius Lothar Meyer
- 1869- Dmitrij Ivanovič Mendeleev



ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

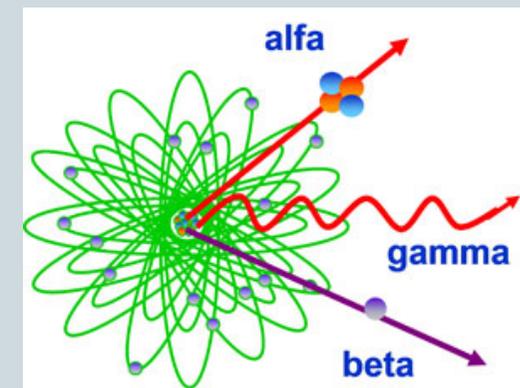
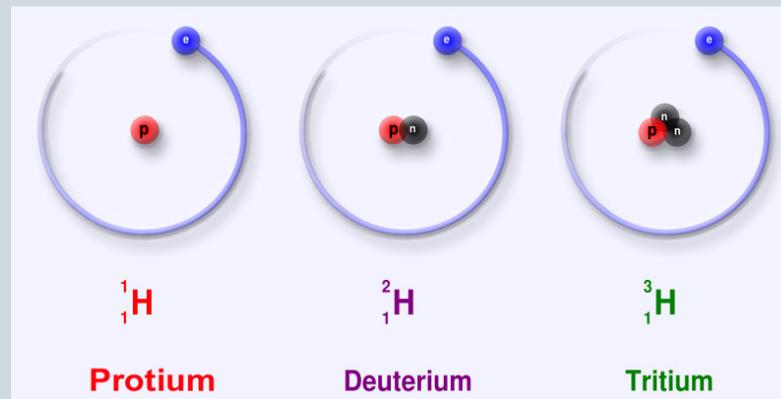
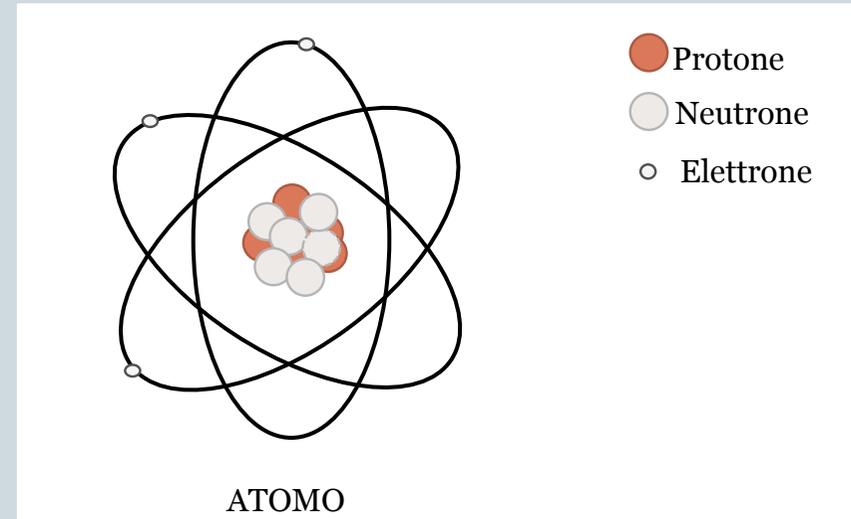
		Ti = 50	Zr = 90	? = 180.	
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182.	
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4.	
		Fe = 56	Rn = 104,4	Ir = 198.	
		Ni = Co = 59	Pi = 106,8	O = 199.	
H = 1		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.	
Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112		
B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Au = 197?	
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		
		?Yl = 60	Di = 95		
		?In = 75,8	Th = 118?		

Д. Менделѣевъ

Prima versione della Tavola periodica di Mendeleev

Le grandi teorie del '900

- Particelle sub-atomiche
- Teorie atomiche moderne
- Isotopi
- Radioattività



La scoperta di nuovi elementi

Radio (Ra-88) e Polonio (Po-84)



Marie Skłodowska Curie
(1867-1934)

- **1903:** Premio Nobel per la Fisica

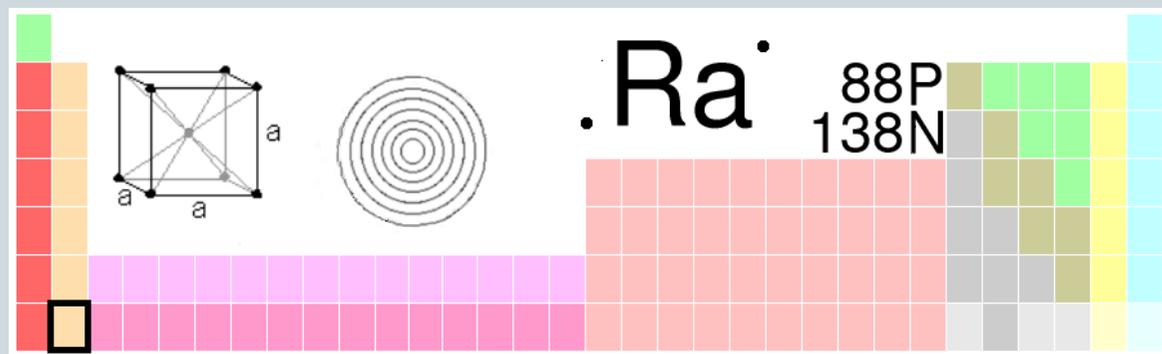
«per le sue ricerche nel campo della radioattività»

- **1911:** Premio Nobel per la Chimica

«per la scoperta del Radio e del Polonio»



Campione di Petchblenda



«Le donne dietro la Tavola»



- **1901:** Scoperta del Radon (Rn-86)- Harriet Brooks e Ernest Rutherford
- **1917-18:** Scoperta del Proattinio (Pa-91)- Lise Meitner e Otto Hahn
- **1925:** Scoperta del Renio (Re-75)- Ida Noddack
- **1939:** Scoperta del Francio (Fr-87)- Marguerite Perey



Ida Noddack



Marguerite Perey (a sinistra), and Sonia Cotelle at the Radium Institute in Paris in 1930.

Il primo elemento sintetico

Tecnezio (Tc-43)

- **1937-** Carlo Perrier ed Emilio Segrè



I ragazzi di via Panisperna. Da sinistra: Oscar D'Agostino, Emilio Segrè, Edoardo Amaldi, Franco Rasetti ed Enrico Fermi

La Chimica pesante gli Elementi Transuranici



Über das Element 93.

Von Dr.-Ing. IDA NODDACK, Berlin.

(Eingeg. 10. September 1934.)

Vor etwa vier Monaten wurde in dieser Zeitschrift über die Lücken des Periodischen Systems berichtet¹⁾. Am Schluß der Arbeit wurde auf die Möglichkeit der Entdeckung von Transuranen (d. h. Elementen, die im System auf das Uran folgen) eingegangen.

Wenige Wochen später erschienen zuerst in der Tagespresse, dann auch in der Fachliteratur Nachrichten, daß es zwei Forschern, Prof. *Fermi* in Rom und Ingenieur *Koblic* in Joachimsthal, unabhängig voneinander gelungen sei, das Element mit der Ordnungszahl 93 zu entdecken.

Wir wollen uns zunächst mit den Angaben von *Fermi*²⁾ beschäftigen. *Fermi* hat die Frage untersucht, ob man die von *Curie* und *Joliot* entdeckte sogenannte induzierte Radioaktivität, die beim Beschießen von Atomkernen mit α -Strahlen entsteht, auch durch die Einwirkung von Neutronen hervorrufen kann.

Er brachte in ein Glasgefäß Beryllimpulver und Radiumemanation. Die Emanation emittiert α -Strahlen, diese treffen auf die Atomkerne des Berylliums und lösen in ihnen Neutronen aus. Die Neutronen durchdringen

die Wände des Glasgefäßes und können auf in der Nähe befindliche Stoffe einwirken. *Fermi* brachte eine Reihe von Elementen in elementarer Form oder als Verbindungen in die Nähe seiner Strahlenquelle, ließ die Neutronen einwirken und setzte dann die bestrahlten Stoffe vor einen Geiger-Zähler. Zahlreiche Elemente sandten nach Bestrahlung mit Neutronen eine Zeitlang β -Strahlen aus, wiesen also in der Tat induzierte Radioaktivität auf³⁾. Auf die Hypothesen, die *Fermi* zur Erklärung der zum Teil recht verwickelten Erscheinungen aufstellte⁴⁾, soll hier nicht eingegangen werden, da uns nur ein Fall, die angebliche Entstehung des Elements 93, interessiert. Zum Studium der induzierten Radioaktivität des Urans brachte *Fermi* Uranylнитratlösung, die er von allen radioaktiven Zerfallsprodukten befreit hatte, in die Nähe seiner Neutronenquelle. Mit Hilfe des Geiger-Zählers konnte er zeigen, daß die Lösung durch die Bestrahlung radioaktiv geworden war und β -Strahlen aus-

³⁾ Natürlich wird nicht die Gesamtzahl der Atome des bestrahlten Stoffes radioaktiv, sondern nur eine unwägbare Menge, in diesem Fall einige hundert Atome.

⁴⁾ *E. Fermi*, Nature 133, 757 [1934].

¹⁾ *I. Noddack*, diese Ztschr. 47, 301 [1934].

²⁾ *E. Fermi*, Nature 133, 896 [1934].

Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle¹.

Von O. HAHN und F. STRASSMANN, Berlin-Dahlem.

In einer vor kurzem an dieser Stelle erschienenen vorläufigen Mitteilung² wurde angegeben, daß bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen außer den von *Meitner*, *Hahn* und *Strassmann* im einzelnen beschriebenen Trans-Uranen — den Elementen 93 bis 96 — noch eine ganze Anzahl anderer Umwandlungsprodukte entstehen, die ihre Bildung offensichtlich einem sukzessiven zweimaligen α -Strahlenzerfall des vorübergehend entstandenen Urans 239 verdanken. Durch einen solchen Zerfall muß aus dem Element mit der Kernladung 92 ein solches mit der Kernladung 88 entstehen, also ein Radium. In der genannten Mitteilung wurden in einem noch als vorläufig bezeichneten Zerfallsschema 3 derartiger isomerer Radiumisotope mit ungefähr geschätzten Halbwertszeiten und ihren Umwandlungsprodukten, nämlich drei isomeren Actiniumisotopen, angegeben, die ihrerseits offensichtlich in Thorisotope übergehen.

Glieder beschrieben worden. Aus dem Aktivitätsverlauf der einzelnen Isotope ergibt sich ihre Halbwertszeit und lassen sich die daraus entstehenden Folgeprodukte ermitteln. Die letzteren werden in dieser Mitteilung aber im einzelnen noch nicht beschrieben, weil wegen der sehr komplexen Vorgänge — es handelt sich um mindestens 3, wahrscheinlich 4 Reihen mit je 3 Substanzen — die Halbwertszeiten aller Folgeprodukte bisher noch nicht erschöpfend festgestellt werden konnten.

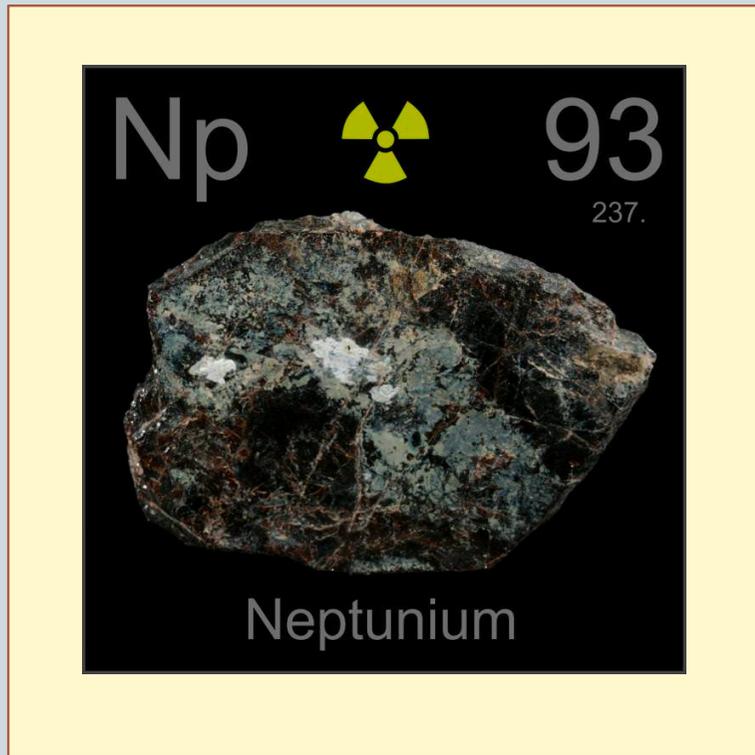
Als Trägersubstanz für die „Radiumisotope“ diente naturgemäß immer das Barium. Am nächstliegenden war die Fällung des Bariums als Bariumsulfat, das neben dem Chromat schwerlösliche Bariumsalz. Nach früheren Erfahrungen und einigen Vorversuchen wurde aber von der Abscheidung der „Radiumisotope“ mit Bariumsulfat abgesehen; denn diese Niederschläge reißen neben geringen Mengen Uran nicht unbeträcht-

Noddack, I. Angew. Chem. 47, 653–656 (1934).

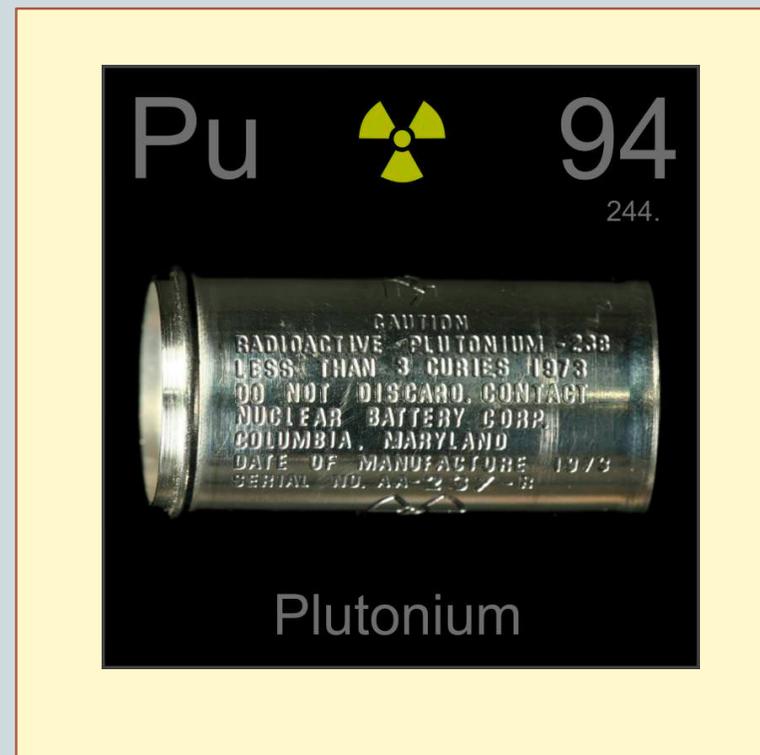
“It is conceivable that the nucleus breaks up into several large fragments.”

Hahn, O. & Strassmann, F. Naturwissenschaften 27, 11–15 (1939).

Nettunio-93 e Plutonio-94



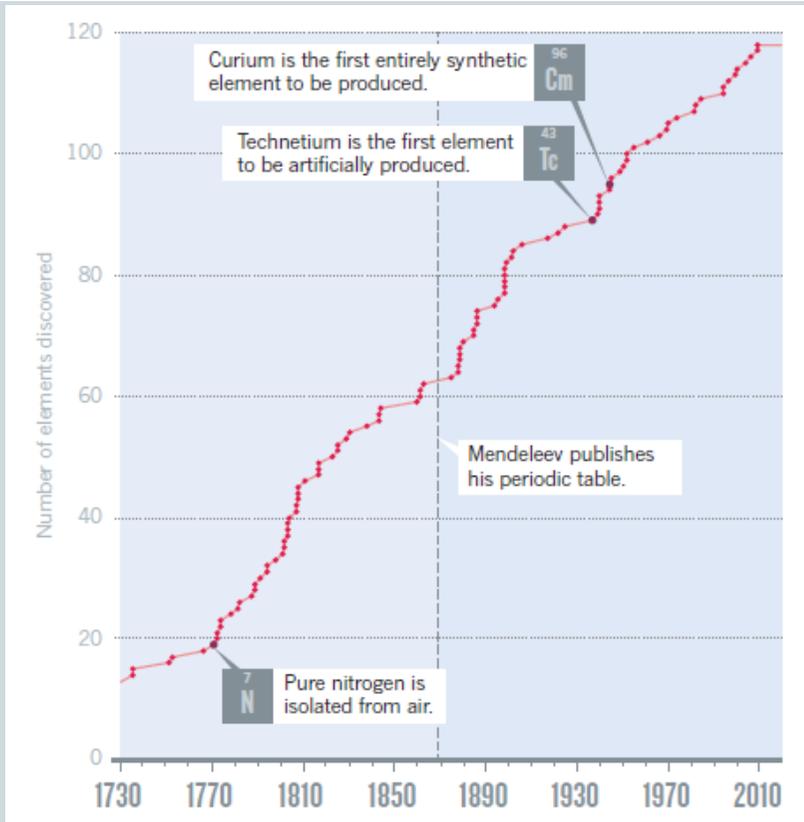
1939: Edwin Mc Millian
(Berkeley University- California)



1940: Glenn Seaborg (Berkeley
University- California)

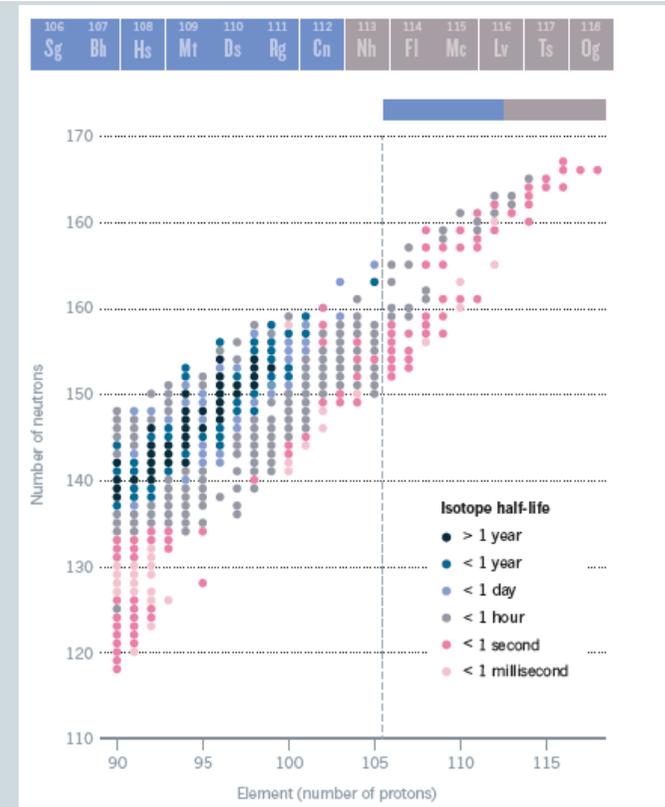
Gli Elementi Super Pesanti

«Super Heavy Elements»



Line-up relativa alla scoperta e alla sintesi di nuovi elementi chimici

- **America:** Berkeley University- California
- **Russia:** Joint Institute for Nuclear Research (JINR)- Dubna



Gli elementi super-pesanti (da 106 a 118)

- **Germania:** Helmholtz Center for Heavy Ion Research (GSI)- Darmstadt
- **Giappone:** RIKEN Nishina Center for Accelerator-based Science-Wako

La Tavola Periodica

Controversie Moderne



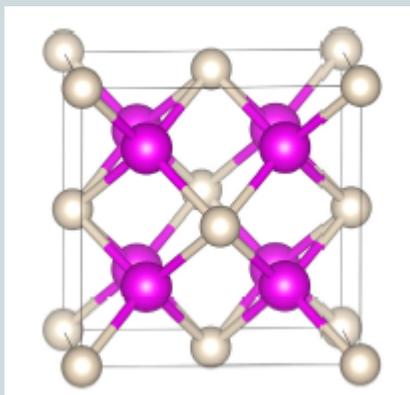
Periodic Table of the Elements

1 IA 1A		2 IIA 2A												13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	18 VIIIA 8A
1 H Hydrogen 1.008																		2 He Helium 4.003	
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012											5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180		
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 VIII 8	9 VIII 8	10 VIII 8	11 IB 1B	12 IIB 2B	13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948		
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.88	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.933	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.61	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.972	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 84.80		
37 Rb Rubidium 84.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.29		
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.327	57-71 Lanthanide Series	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.85	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [208.982]	85 At Astatine 209.987	86 Rn Radon 222.018		
87 Fr Francium 223.020	88 Ra Radium 226.025	89-103 Actinide Series	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [269]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Uut Ununtrium unknown	114 Fl Flerovium [289]	115 Uup Ununpentium unknown	116 Lv Livermorium [293]	117 Uus Ununseptium unknown	118 Uuo Ununoctium unknown		
		57 La Lanthanum 138.906	58 Ce Cerium 140.115	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.966	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967			
		89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]			

Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetal	Nonmetal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide
--------------	----------------	------------------	-------------	-----------	----------	---------	-----------	------------	----------

Un composto stabile dell'Elio

Esiste veramente?



Struttura cristallina del composto Na_2He a 300 GPa

nature
chemistry

ARTICLES

PUBLISHED ONLINE: 6 FEBRUARY 2017 | DOI: 10.1038/NCHEM.2716

A stable compound of helium and sodium at high pressure

Xiao Dong^{1,2,3}, Artem R. Oganov^{3,4,5,6*}, Alexander F. Goncharov^{7,8}, Elissaios Stavrou^{7,9}, Sergey Lobanov^{7,10}, Gabriele Saleh⁵, Guang-Rui Qian³, Qiang Zhu³, Carlo Gatti¹¹, Volker L. Deringer¹², Richard Dronskowski¹², Xiang-Feng Zhou^{1,3*}, Vitali B. Prakapenka¹³, Zuzana Konôpková¹⁴, Ivan A. Popov^{15,6}, Alexander I. Boldyrev¹⁵ and Hui-Tian Wang^{1,17*}

Helium is generally understood to be chemically inert and this is due to its extremely stable closed-shell electronic configuration, zero electron affinity and an unsurpassed ionization potential. It is not known to form thermodynamically stable compounds, except a few inclusion compounds. Here, using the *ab initio* evolutionary algorithm USPEX and subsequent high-pressure synthesis in a diamond anvil cell, we report the discovery of a thermodynamically stable compound of helium and sodium, Na_2He , which has a fluorite-type structure and is stable at pressures >113 GPa. We show that the presence of He atoms causes strong electron localization and makes this material insulating. This phase is an electride, with electron pairs localized in interstices, forming eight-centre two-electron bonds within empty Na_8 cubes. We also predict the existence of Na_2HeO with a similar structure at pressures above 15 GPa.

La Tavola Periodica

Controversie moderne



METALLO DI TRANSIZIONE: un elemento il cui atomo presenta un sotto-guscio d incompleto o può dare origine a cationi con sotto-guscio d incompleto (IUPAC)

Periodic Table of the Elements

Atomic Number Melting Point
Symbol
Name
Atomic Mass

Normal melting points are in °C.
TP = Triple Point
Pressure is listed if not 1 atm.
Allotrope is listed if more than one allotrope.

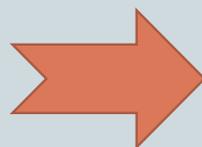
1 1A 1A 1 H Hydrogen 1.008 -259.1	2 2A 2A 4 Be Beryllium 9.012 1287											13 3A 3A 5 B Boron 10.811 2075	14 4A 4A 6 C Carbon 12.011 graphite 4489 TP (10.3 MPa) -210	15 5A 5A 7 N Nitrogen 14.007 -210	16 6A 6A 8 O Oxygen 15.999 -218.79	17 7A 7A 9 F Fluorine 18.998 -219.67 TP	18 VIII 8A 2 He Helium 4.003 -272.20 (2.5 MPa)
3 11 11 Li Lithium 6.941 180.5	4 12 12 Mg Magnesium 24.305 650	3 3B 3B 21 Sc Scandium 44.956 1541	4 4B 4B 22 Ti Titanium 47.88 1668	5 5B 5B 23 V Vanadium 50.942 1910	6 6B 6B 24 Cr Chromium 51.996 1907	7 7B 7B 25 Mn Manganese 54.938 1246	8 8 8 26 Fe Iron 55.933 1538	9 VIII VIII 27 Co Cobalt 58.933 1495	10 VIII VIII 28 Ni Nickel 58.693 1455	11 1B 1B 29 Cu Copper 63.546 1084.62	12 2B 2B 30 Zn Zinc 65.39 419.53	13 13 13 Al Aluminum 26.982 2976 TP	14 14 14 Si Silicon 28.086 1414	15 15 15 P Phosphorus 30.974 white 44.15	16 16 16 S Sulfur 32.066 115.21	17 17 17 Cl Chlorine 35.453 -101.5	18 18 18 Ar Argon 39.948 -189.36 TP (95 MPa)
19 37 37 K Potassium 39.098 63.5	20 38 38 Ca Calcium 40.078 842	21 39 39 Y Yttrium 88.906 1541	22 40 40 Zr Zirconium 91.224 1668	23 41 41 Nb Niobium 92.906 2017	24 42 42 Mo Molybdenum 95.95 2623	25 43 43 Tc Technetium 98.907 2912	26 44 44 Ru Ruthenium 101.07 2251	27 45 45 Rh Rhodium 102.906 1963	28 46 46 Pd Palladium 106.42 1555	29 47 47 Ag Silver 107.868 961	30 48 48 Cd Cadmium 112.411 321	31 49 49 In Indium 114.818 156.6	32 50 50 Sn Tin 118.71 231.93	33 51 51 Sb Antimony 121.760 630.63	34 52 52 Te Tellurium 127.6 449.51	35 53 53 Br Bromine 79.904 -7.2	36 54 54 Kr Krypton 84.80 -157.38 TP (73.4 MPa)
37 39 39 Rb Rubidium 84.468 39.3	38 40 40 Sr Strontium 87.62 87.6	39 41 41 Y Yttrium 88.906 57-71	40 42 42 Zr Zirconium 91.224 2238	41 43 43 Nb Niobium 92.906 3017	42 44 44 Mo Molybdenum 95.95 3422	43 45 45 Tc Technetium 98.907 3185	44 46 46 Ru Ruthenium 101.07 3033	45 47 47 Rh Rhodium 102.906 2446	46 48 48 Pd Palladium 106.42 1768.2	47 49 49 Ag Silver 107.868 1064.18	48 50 50 Cd Cadmium 112.411 -38.83	49 51 51 In Indium 114.818 304	50 52 52 Sn Tin 118.71 327.46	51 53 53 Sb Antimony 121.760 271.4	52 54 54 Te Tellurium 127.6 254	53 55 55 I Iodine 126.904 302	54 56 56 Xe Xenon 131.29 -111.74 TP (81.6 MPa)
55 57 57 Cs Cesium 132.905 28.44	56 58 58 Ba Barium 137.327 137.3	57 59 59 La Lanthanum 138.906 89-103	58 60 60 Ce Cerium 140.115 2238	59 61 61 Pr Praseodymium 140.908 3017	60 62 62 Nd Neodymium 144.24 1848	61 63 63 Pm Promethium 144.913 3185	62 64 64 Sm Samarium 150.36 3033	63 65 65 Eu Europium 151.966 2446	64 66 66 Gd Gadolinium 157.25 1768.2	65 67 67 Tb Terbium 158.925 1064.18	66 68 68 Dy Dysprosium 162.50 -38.83	67 69 69 Ho Holmium 164.930 304	68 70 70 Er Erbium 167.26 327.46	69 71 71 Tm Thulium 168.934 271.4	70 72 72 Yb Ytterbium 173.04 254	71 73 73 Lu Lutetium 174.967 302	72 74 74 Rn Radon 222.018 -71
87 89 89 Fr Francium 223.020 27	88 90 90 Ra Radium 226.025 226.0	89 91 91 La Lanthanum 138.906 89-103	90 92 92 Ce Cerium 140.115 2238	91 93 93 Pr Praseodymium 140.908 3017	92 94 94 Nd Neodymium 144.24 1848	93 95 95 Pm Promethium 144.913 3185	94 96 96 Sm Samarium 150.36 3033	95 97 97 Eu Europium 151.966 2446	96 98 98 Gd Gadolinium 157.25 1768.2	97 99 99 Tb Terbium 158.925 1064.18	98 100 100 Dy Dysprosium 162.50 -38.83	99 101 101 Ho Holmium 164.930 304	100 102 102 Er Erbium 167.26 327.46	101 103 103 Tm Thulium 168.934 271.4	102 104 104 Yb Ytterbium 173.04 254	103 105 105 Lu Lutetium 174.967 302	104 106 106 Rn Radon 222.018 -71
89 91 91 Ac Actinium 227.028 27	90 92 92 Th Thorium 232.038 232.0	91 93 93 Pa Protactinium 231.036 3017	92 94 94 U Uranium 238.029 1848	93 95 95 Np Neptunium 237.048 3185	94 96 96 Pu Plutonium 244.064 3033	95 97 97 Am Americium 243.061 2446	96 98 98 Cm Curium 247.070 1768.2	97 99 99 Bk Berkelium 247.070 1064.18	98 100 100 Cf Californium 251.080 -38.83	99 101 101 Es Einsteinium [254] 304	100 102 102 Fm Fermium 257.095 327.46	101 103 103 Md Mendelevium 258.1 271.4	102 104 104 No Nobelium 259.101 254	103 105 105 Lr Lawrencium [262] 302	104 106 106 Uuo Ununhexium [262] -71	105 107 107 Uus Ununseptium [262] 302	106 108 108 Uuo Ununoctium [262] -71

Alkali Metal
Alkaline Earth
Transition Metal
Basic Metal
Semimetal
Nonmetal
Halogen
Noble Gas
Lanthanide
Actinide

La Tavola Periodica

Prospettive future

**SINTESI DI NUOVI ELEMENTI
CHIMICI**

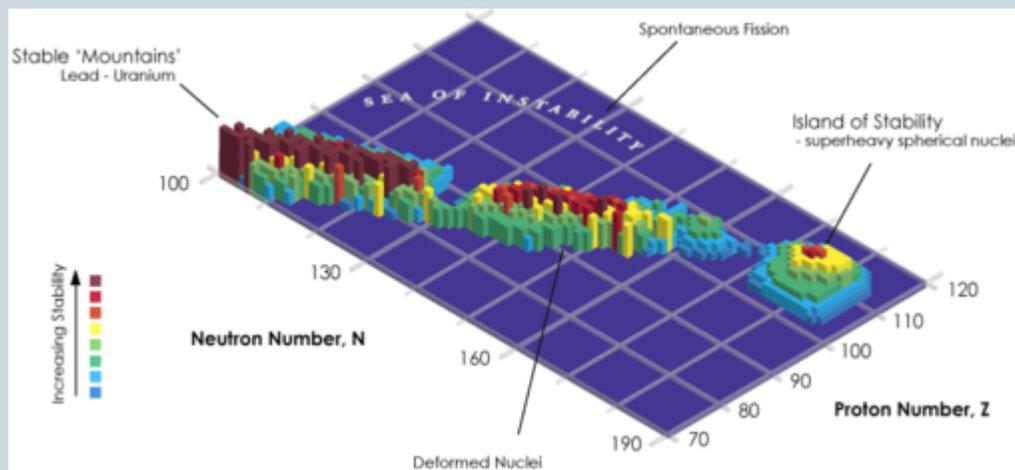


**STUDIO DELLE PROPRIETÀ
CHIMICHE**
(elementi super pesanti)

Un **ELEMENTO** per essere definito tale deve sopravvivere almeno 10^{-14} secondi (IUPAC)



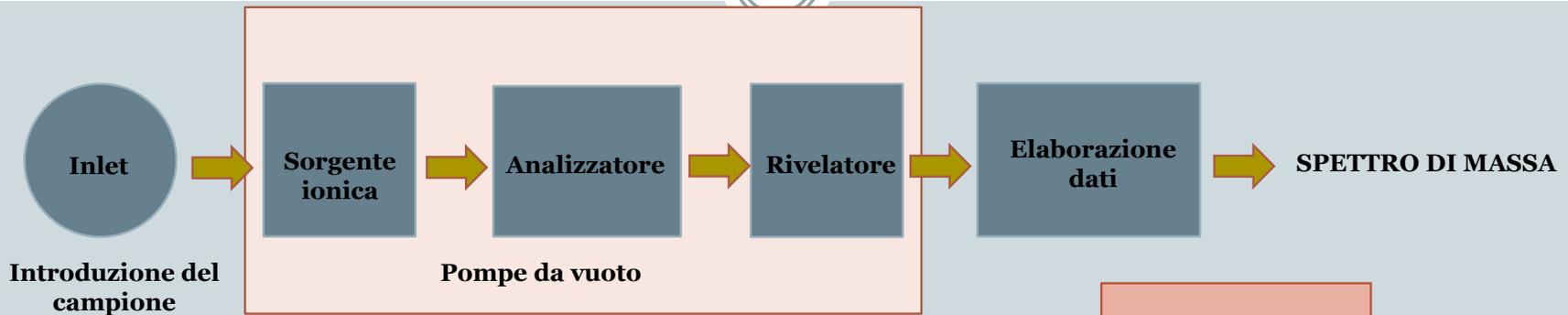
- Caratterizzazione di composti chimici
- Misura del potenziale di ionizzazione
- Interazioni metallo-metallo su superficie d'oro



Isola di stabilità, rappresentazione tridimensionale

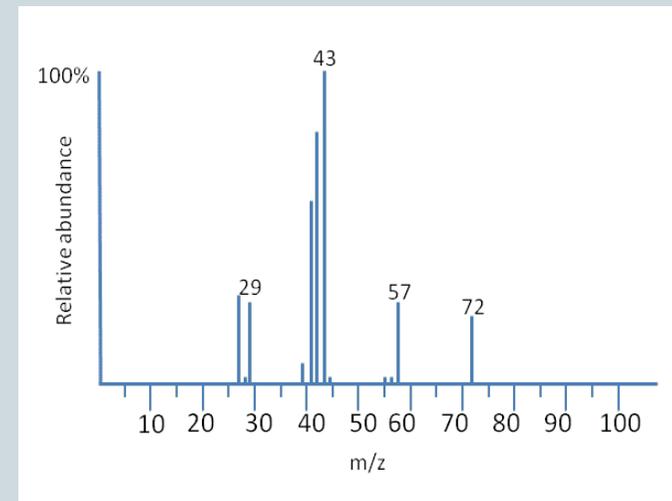
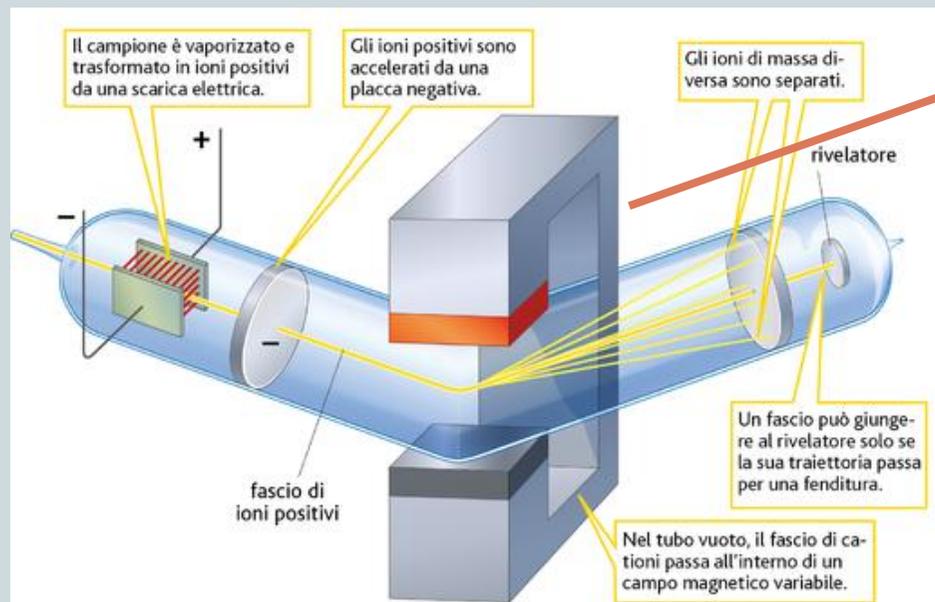
Lo spettrometro di massa

Caratteristiche strumentali



Rappresentazione schematica delle principali componenti di uno spettrometro di massa

$$m/z = \frac{r B}{v}$$



Rappresentazione di uno spettrometro di massa a settore magnetico (Ref. Zanichelli)

Spettro di massa del pentano

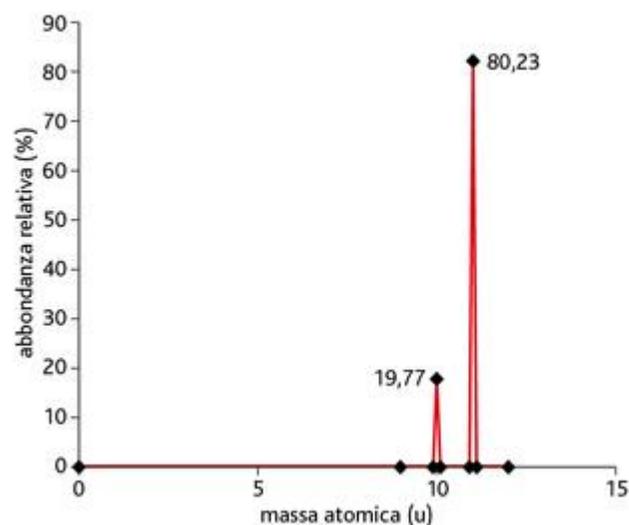
Lo spettrometro di massa

Applicazioni

Determinazione dell'abbondanza isotopica

(calcolo del Peso Atomico degli elementi chimici)

Abbondanze relative degli isotopi del boro



$$PA_B = \frac{(PA_{B-10} \cdot \%_{B-10}) + (PA_{B-11} \cdot \%_{B-11})}{100}$$

Chimica dei Rapporti Isotopici

$$\delta_{(‰)} = \left[\frac{R_{\text{campione}} - R_{\text{standard}}}{R_{\text{standard}}} \right] \times 1000$$

$$R = PA_{\text{pesante}} / PA_{\text{leggero}}$$

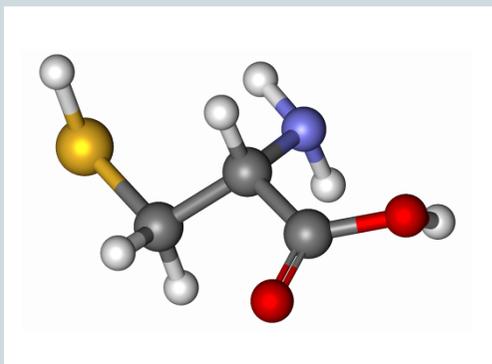
- Datazione radiometrica (es. ^{14}C)
- Tracciabilità dei prodotti lungo la filiera ed accertamento delle frodi alimentari
- Determinazione dell'origine geografica dei vini

Lo spettrometro di massa

Applicazioni

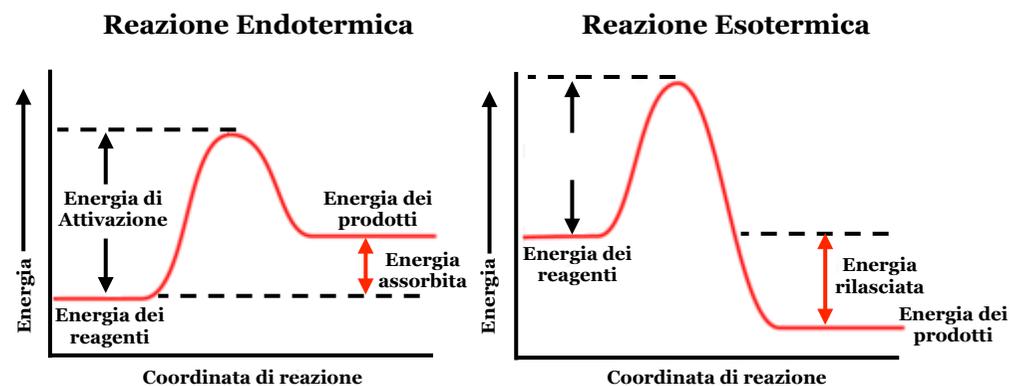
STUDIO DI SPECIE CARICHE ALLO STATO ISOLATO

STRUTTURA



Modello ball and stick dell'amminoacido Cisteina

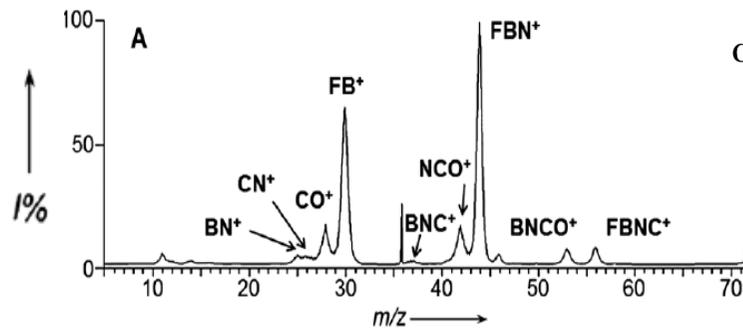
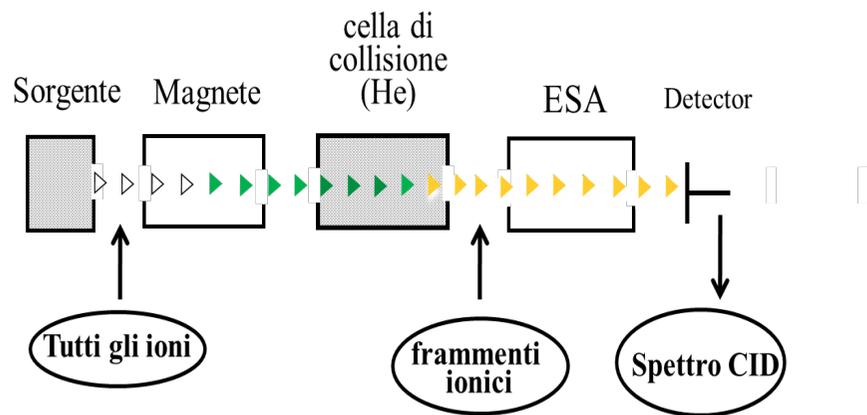
REATTIVITÀ



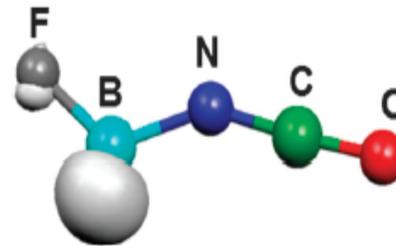
«Il blocco 2p in una sola molecola»

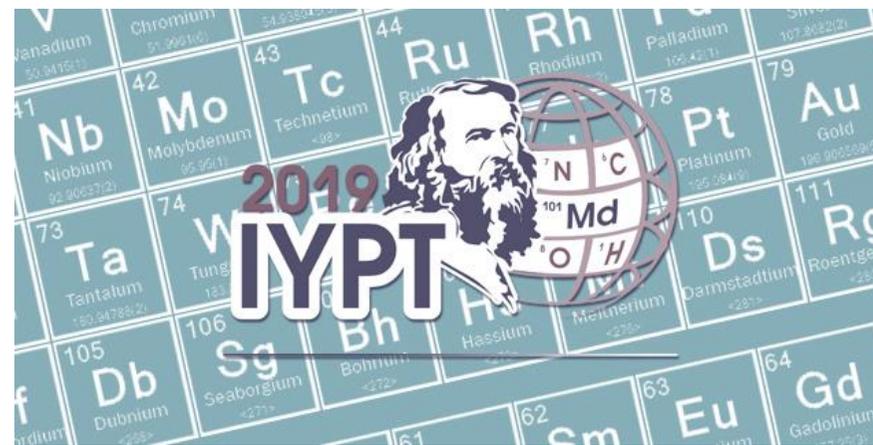


	14	15	16	17	
3A	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
5	6	7	8	9	10
B	C	N	O	F	Ne
Boron	Carbon	Nitrogen	Oxygen	Fluorine	Neon



CID: Dissociazione indotta da collisione





2019

**ANNO INTERNAZIONALE DELLA
TAVOLA PERIODICA DEGLI
ELEMENTI CHIMICI**



GRAZIE PER L'ATTENZIONE