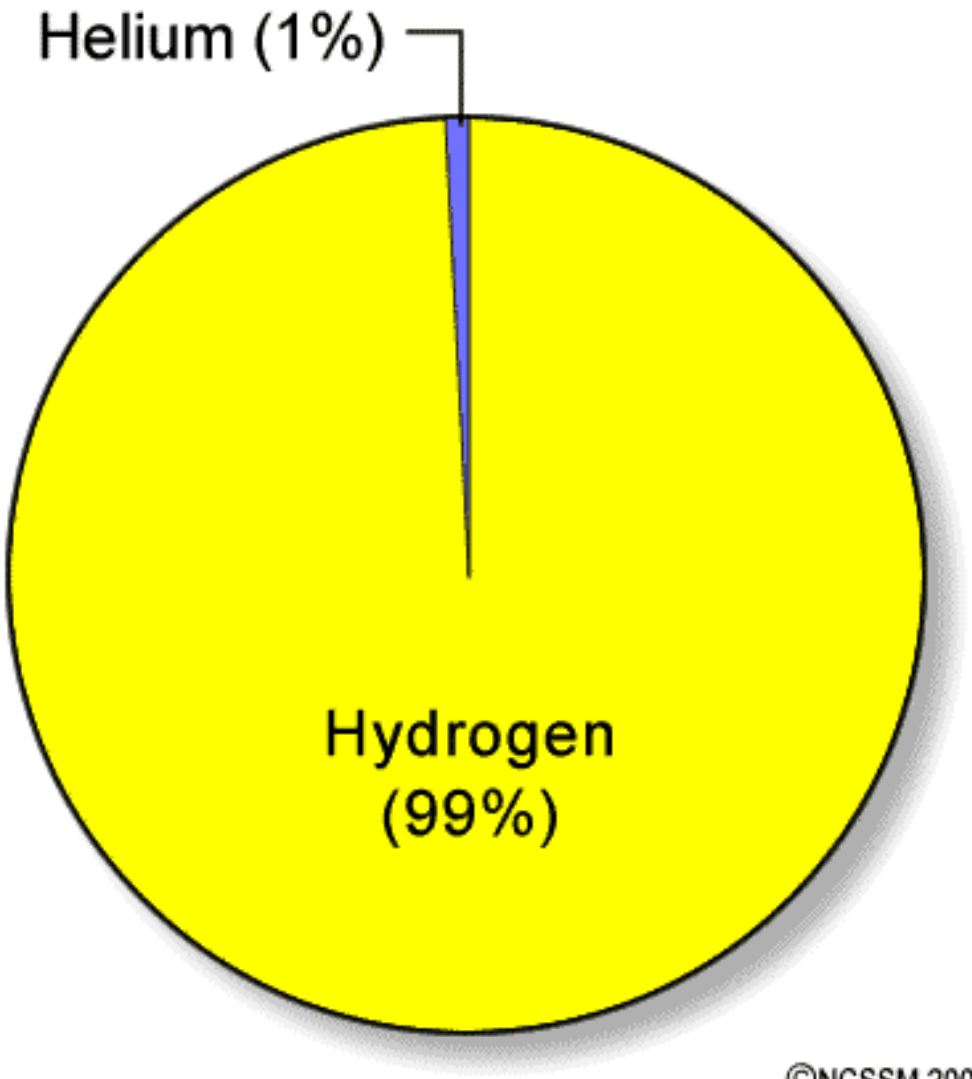
La taula periòdica

CC BY NC

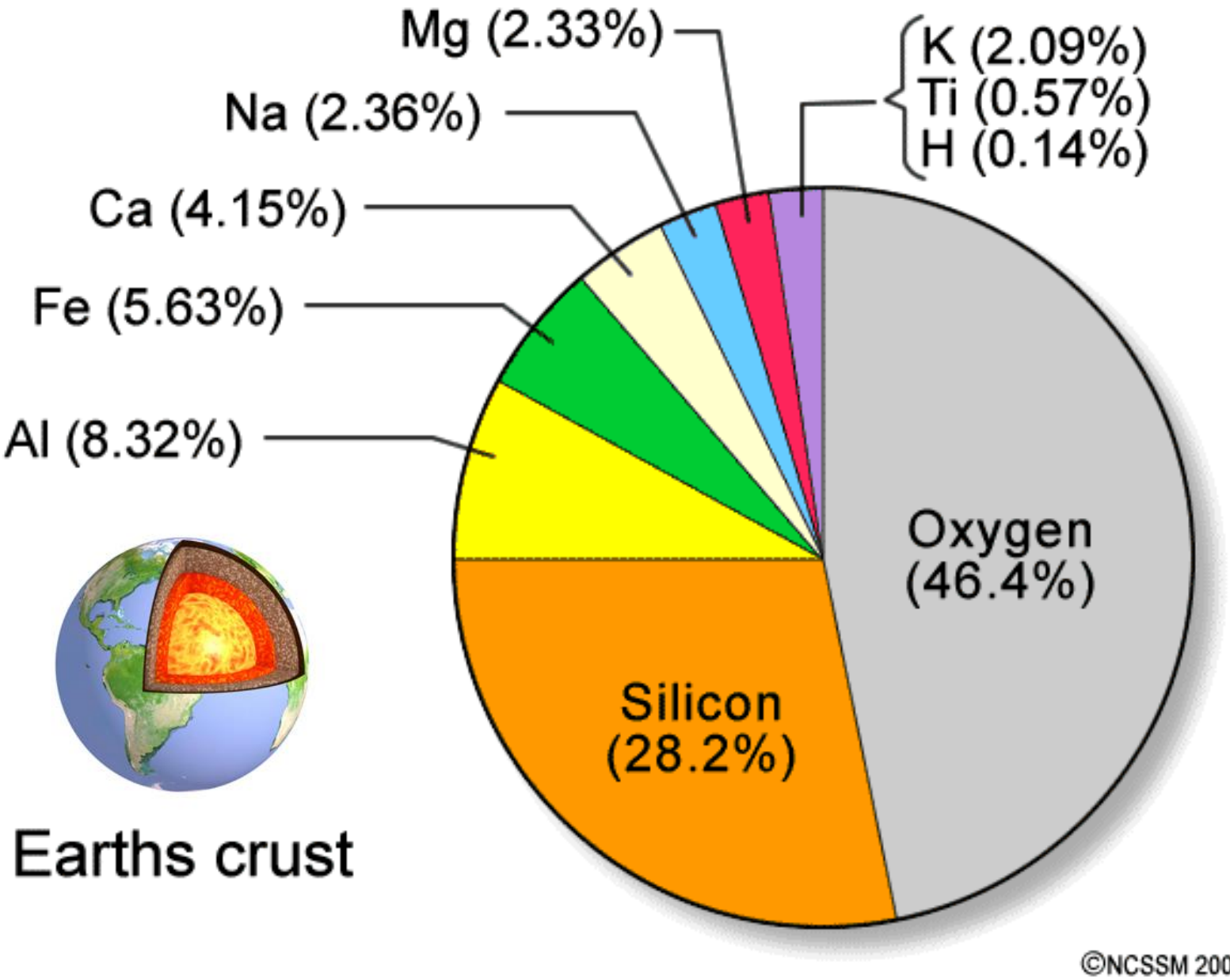
- **Origen dels elements químics**
- **Evolució històrica de la taula periòdica**
- **La taula periòdica actual**
- **Configuració electrònica i taula periòdica**
- **Propietats periòdiques**

Most abundant elements in the Universe

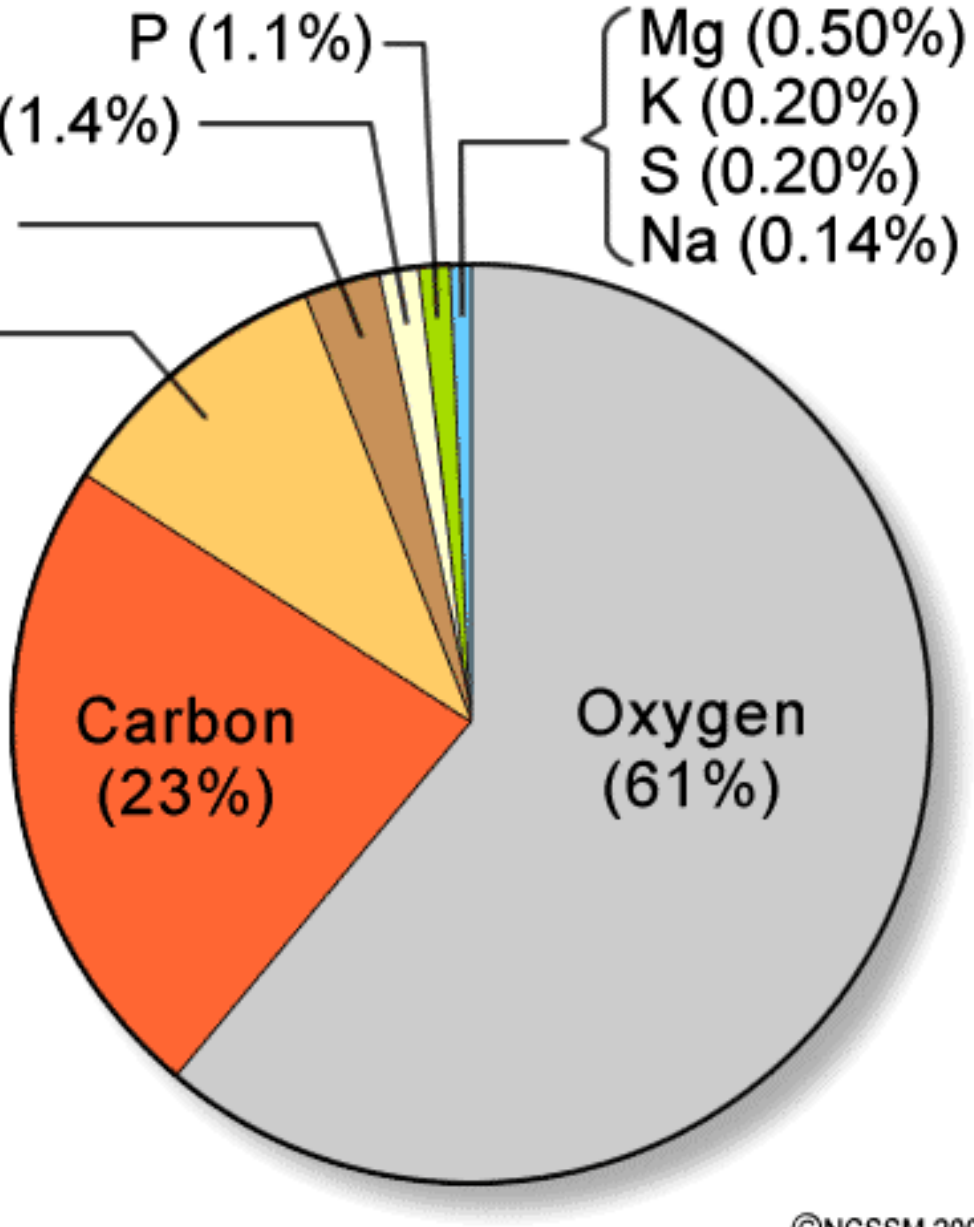


©NCSSM 2002

Origen dels elements químics

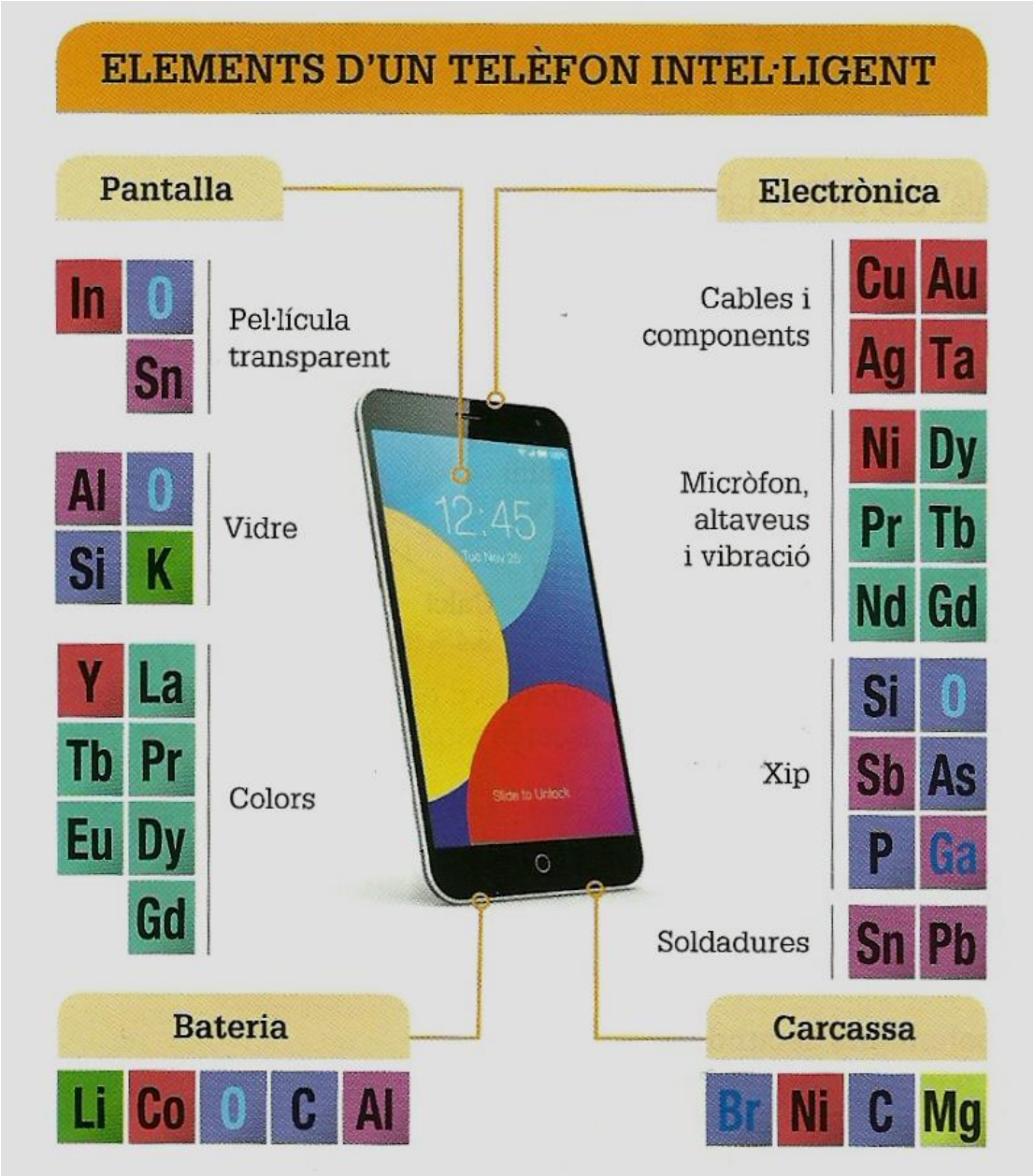


Most abundant elements in the human body



©NCSSM 2002

Origen dels elements químics

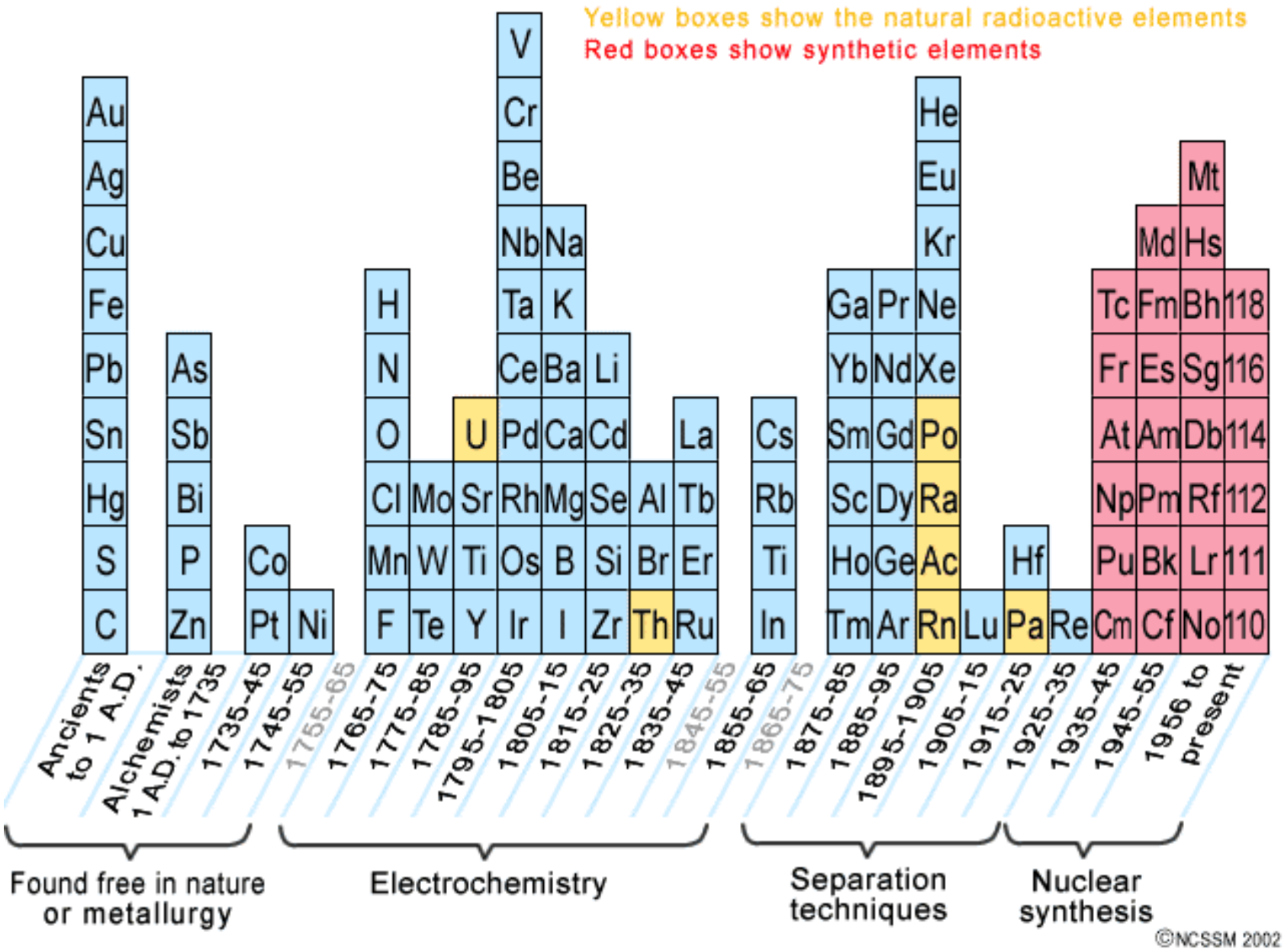


Quin és l'origen dels elements químics?

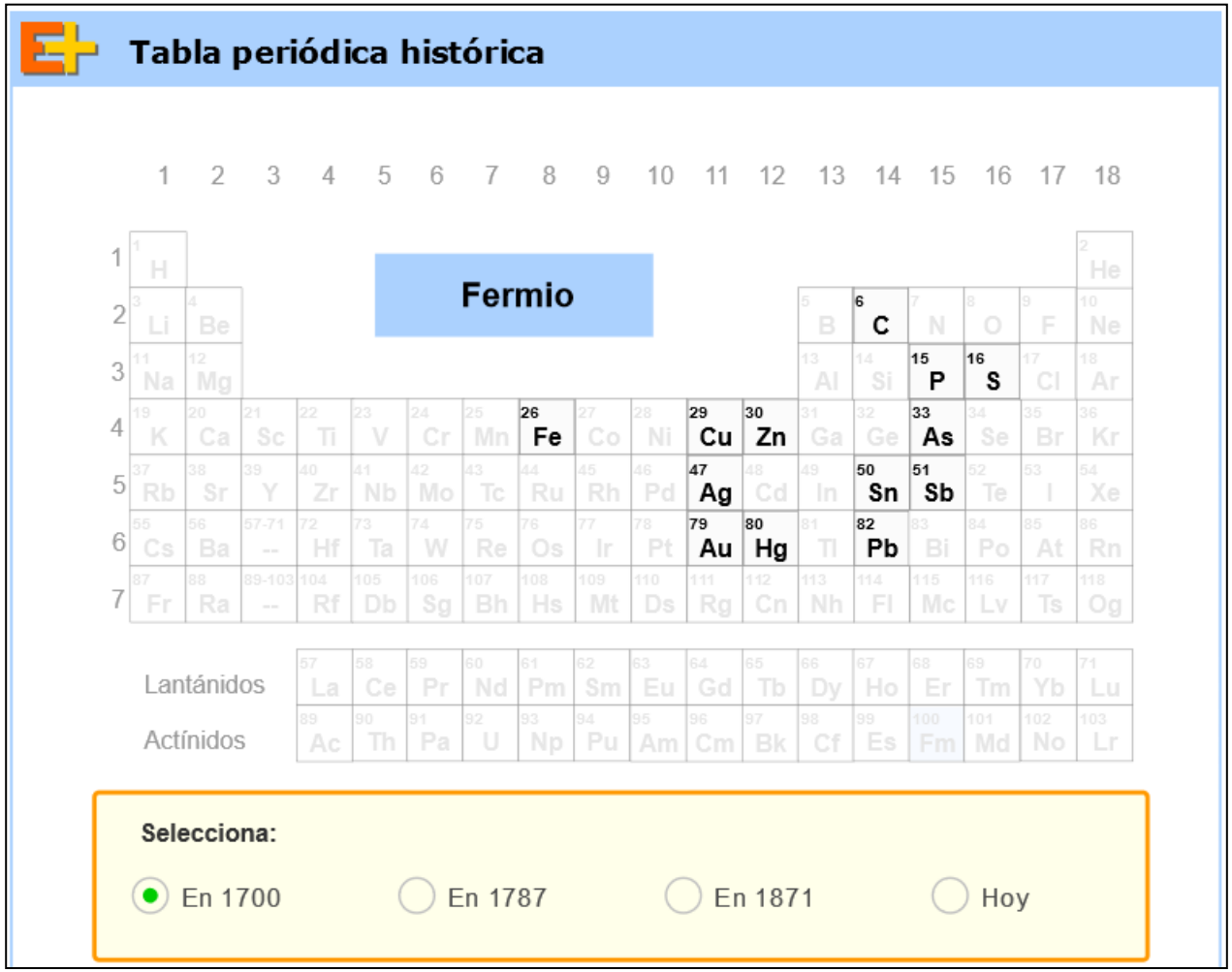
Com s'han format els àtoms dels diferents elements?

http://www.youtube.com/watch?v=dHsoWiKf2wU

Evolució històrica

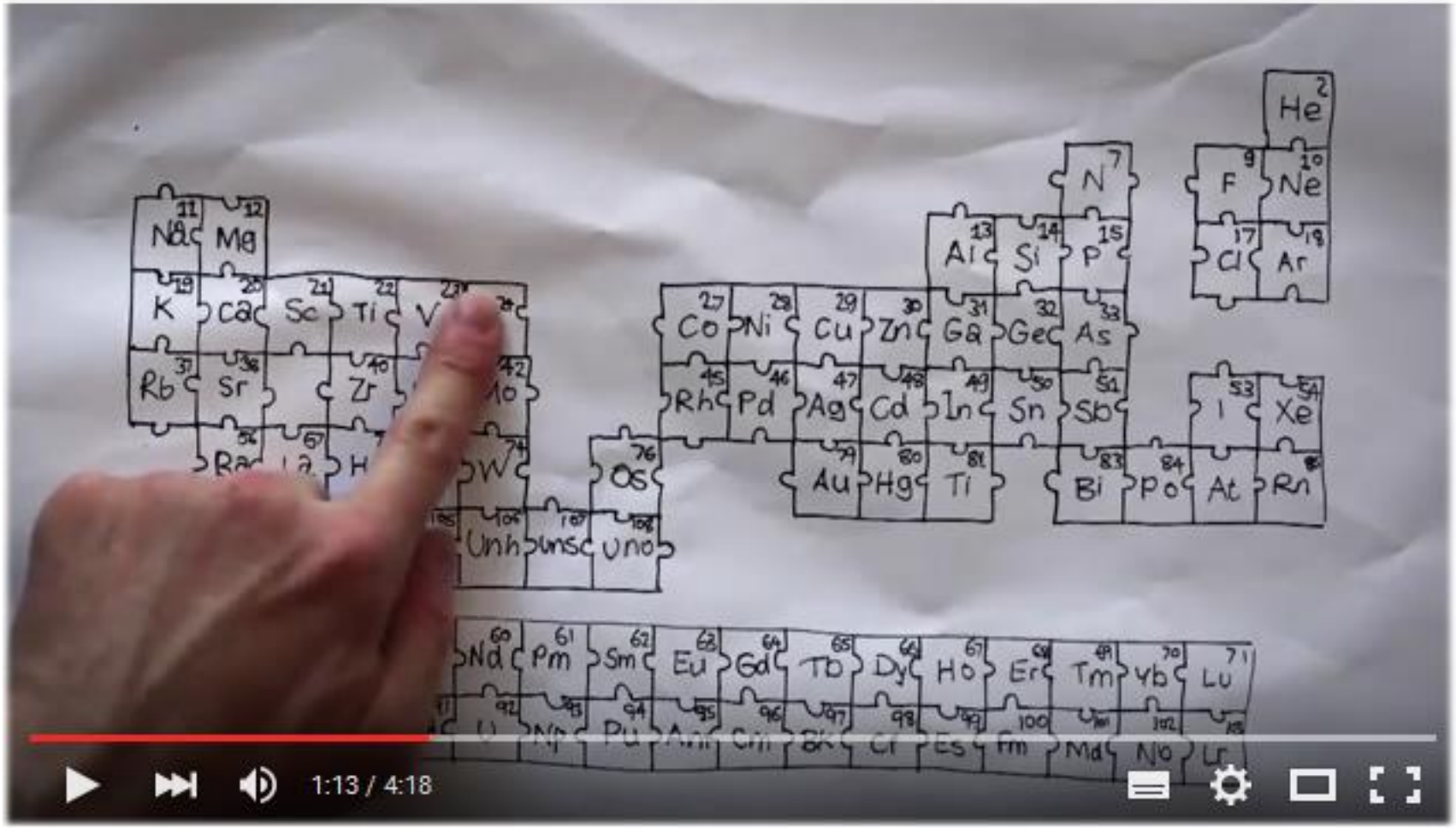


Evolució històrica



http://www.educaplus.org/game/tabla-periodica-historica

Evolució històrica

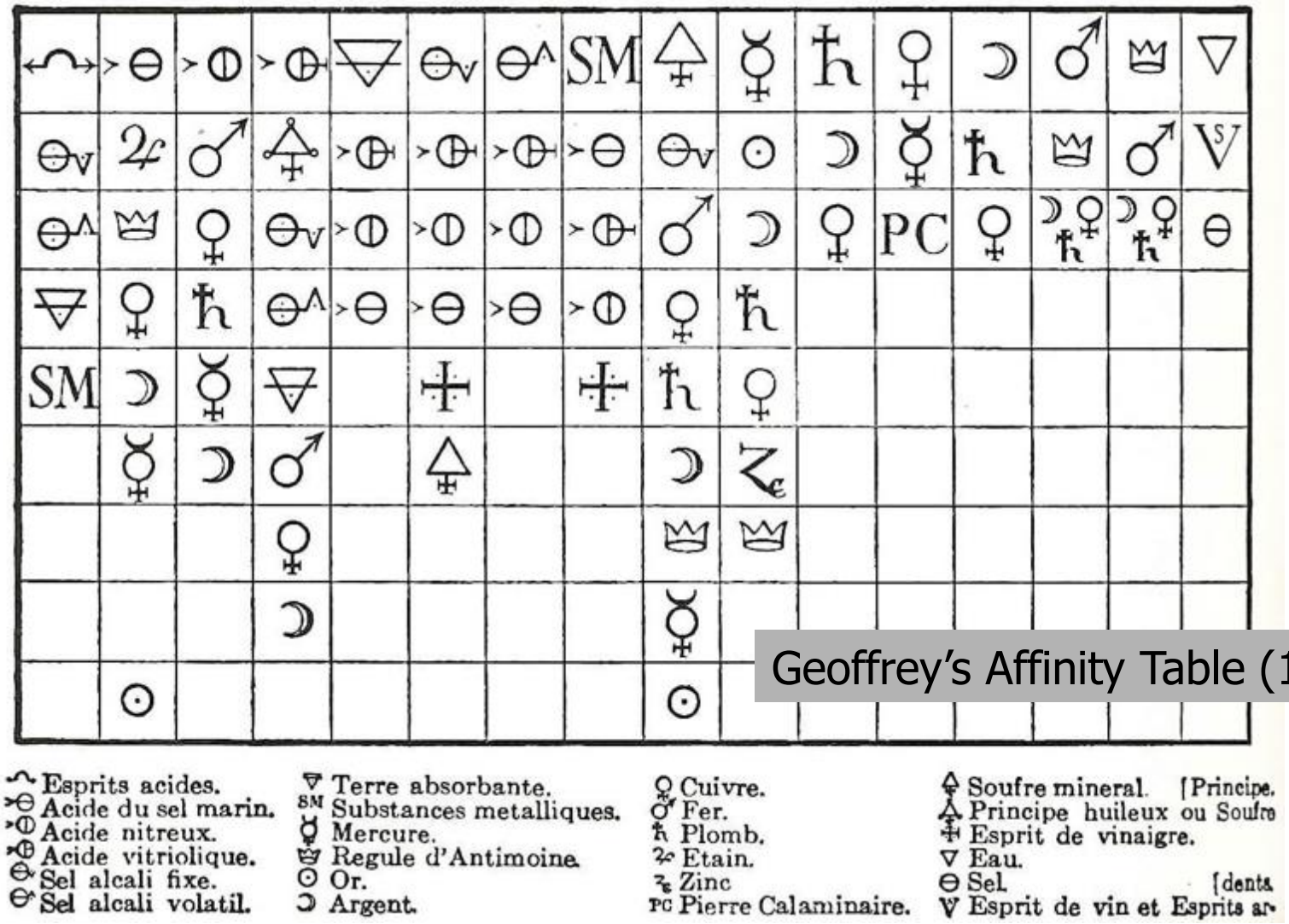


https://youtu.be/O-48znAg7VE

Des de l'**antiguitat** fins a l'**Edat Mitjana** es coneixien poc més d'una dotzena d'elements químics (ferro, coure, plata, or, zinc, carboni, plom ...)

The Alchemist , David Teniers (Galeria Palatina, Florència)

Al llarg del **segle XVIII** es van descobrir molts elements nous, sobretot **gasos** (N_2 , O_2 , H_2 , Cl_2) i **metalls** (cobalt, platí, níquel, crom...).



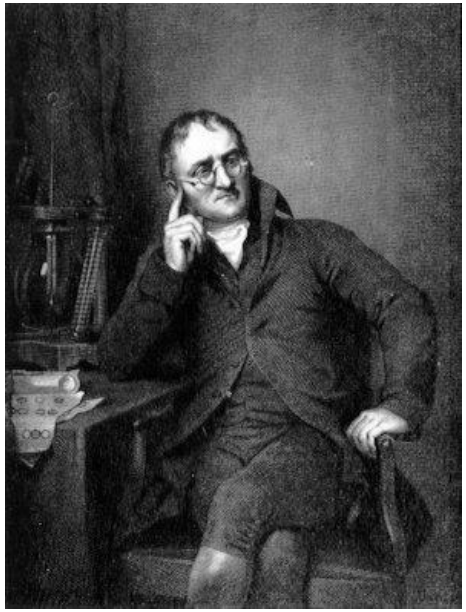
Geoffrey's Affinity Table (1718)

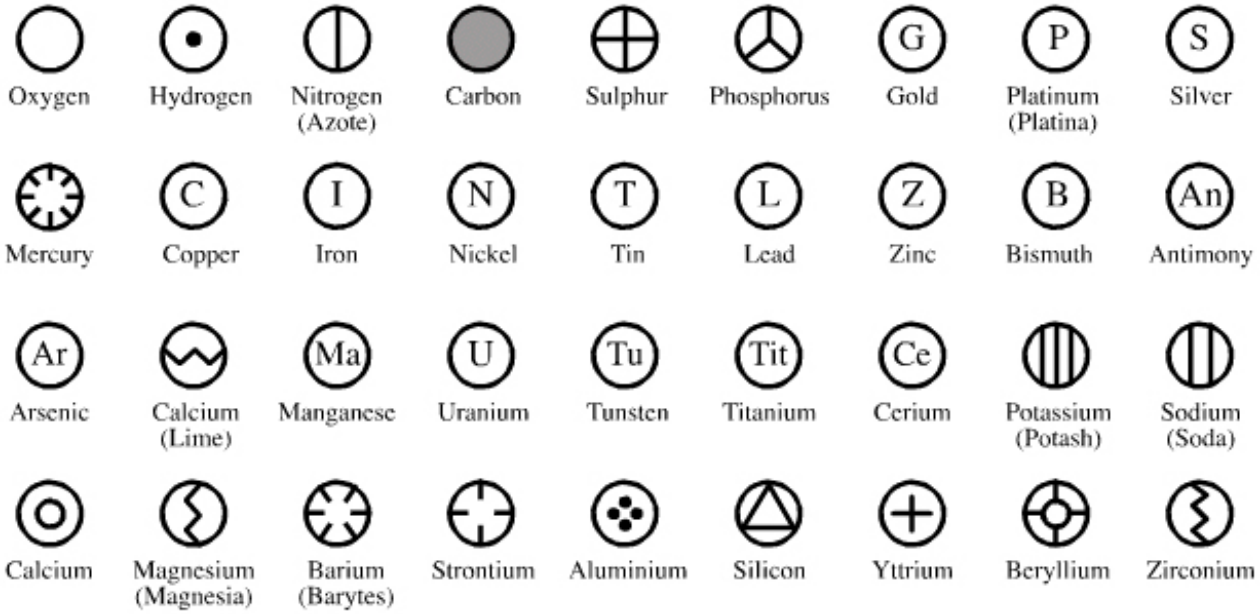
Antoine Lavoiser (1789)

Va elaborar la primera llista moderna d'elements químics amb les **33 substàncies simples** conegudes en aquella època.

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

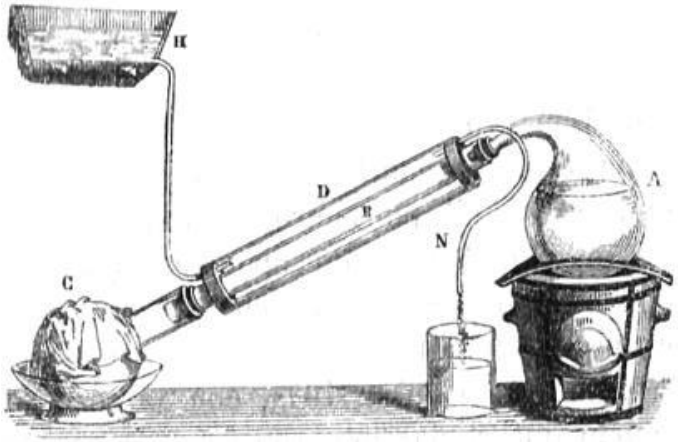
John Dalton (1800)

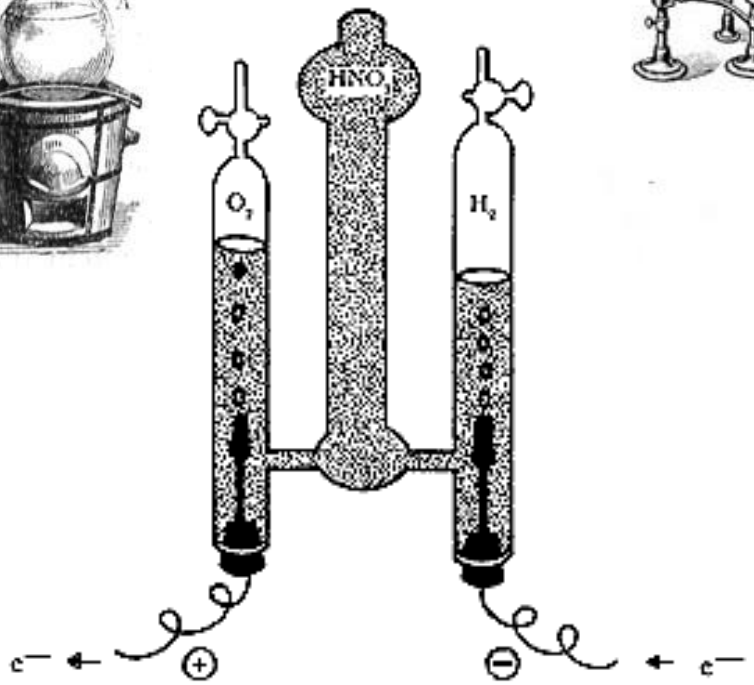


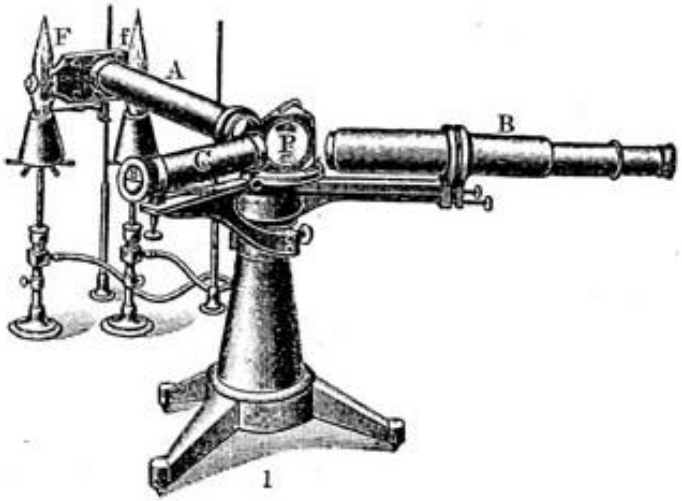


Notació utilitzada per Dalton per representar els **àtoms** dels elements coneguts en aquella època

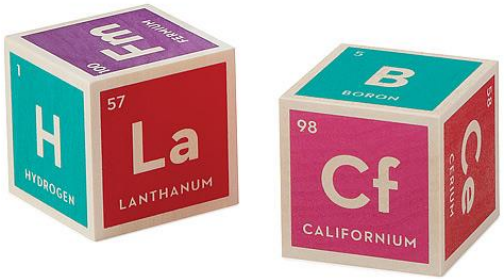
Durant el **segle XIX** es van poder descobrir i identificar molts elements nous gràcies al **mètode de determinació de masses atòmiques** (Cannizaro), l'**electròlisi** (Davy), la **destil·lació de l'aire líquid** (Ramsay) i l'estudi dels **espectres atòmics** (Bunsen i Kirchhoff).







A **mitjans del segle XIX** el nombre d'elements coneguts era ja bastant elevat i va sorgir la **necessitat de posar ordre i classificar-los** d'alguna manera.



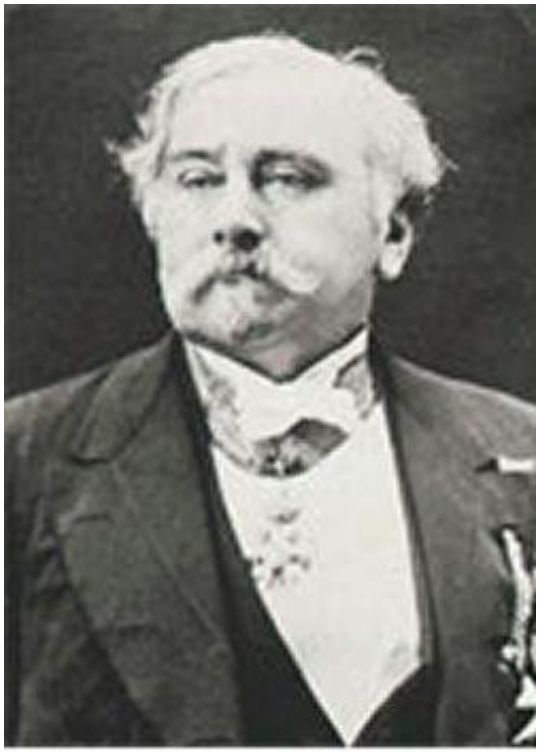
J.W. Döbereiner (1817)

Va trobar similituds de propietats en grups de tres elements o **triades.**

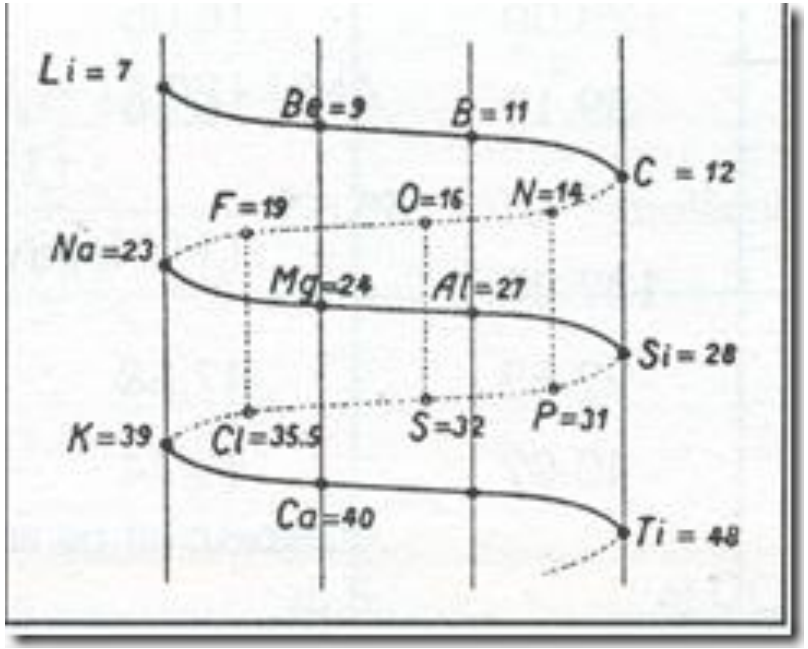
Atomic Mass (1850)			Atomic Number		
Li 7, Na 23, K 39	$\frac{7+39}{2}$	= 23	Li 3, Na 11, K 19	$\frac{3+19}{2}$	= 11
Ca 40, Sr 87, Ba 137	$\frac{40+137}{2}$	= 88.5	Ca 20, Sr 38, Ba 56	$\frac{20+56}{2}$	= 38
P 31, As 75, Sb 122	$\frac{31+122}{2}$	= 76.5	P 15, As 33, Sb 51	$\frac{15+51}{2}$	= 33
S 32, Se 78, Te 128	$\frac{32+128}{2}$	= 80	S 16, Se 34, Te 52	$\frac{16+52}{2}$	= 34
Cl 35.5, Br 80, I 127	$\frac{35.5+127}{2}$	= 81.25	Cl 17, Br 35, I 53	$\frac{17+53}{2}$	= 35

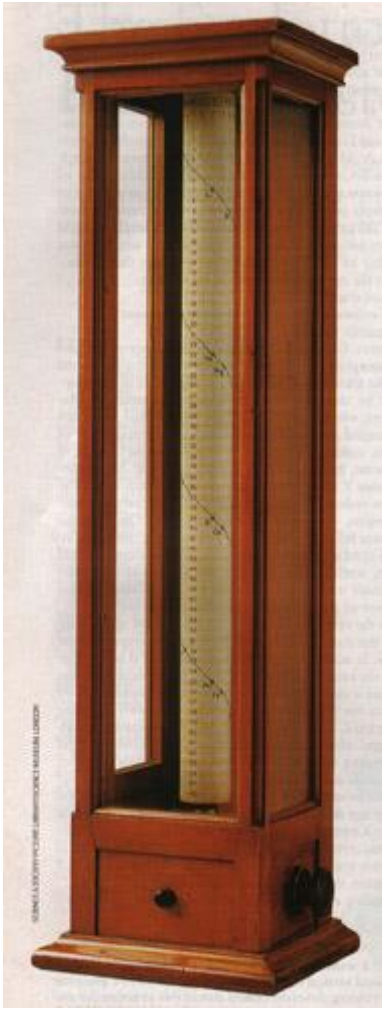
H						He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

Chancourtois (1862)

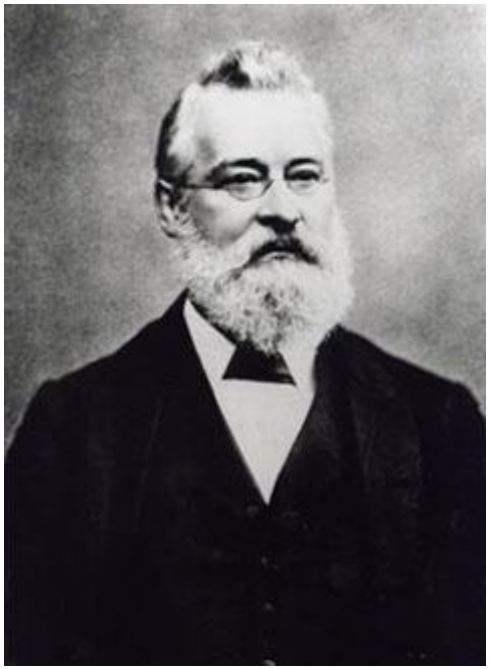


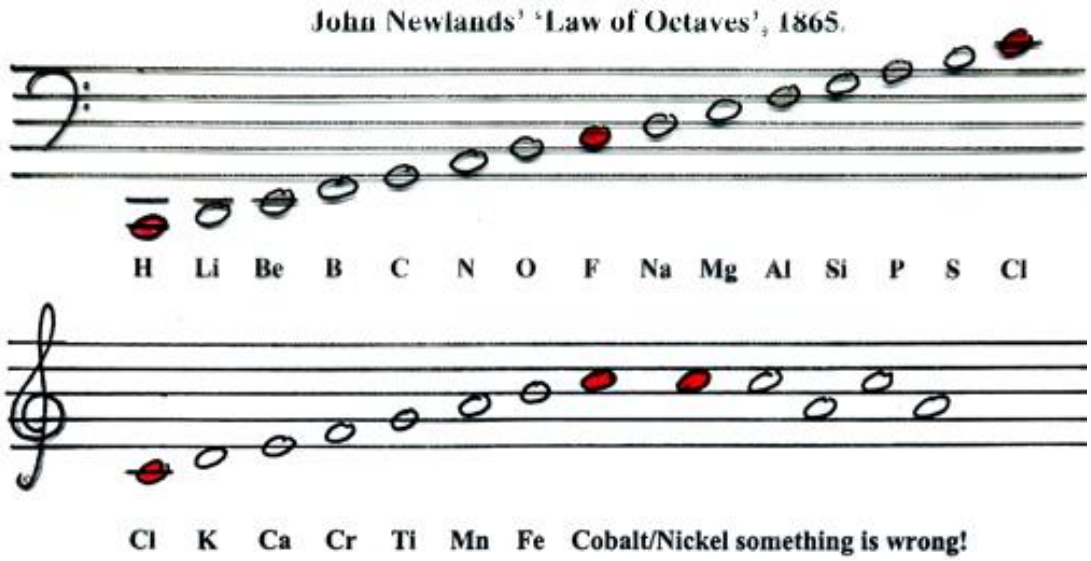
Va ser el primer en utilitzar la **massa atòmica** per classificar els elements. Va observar **similituds verticals** en disposar els elements coneguts sobre una **corba helicoïdal**





J.A.R. Newlands (1865)





Llei de les octaves

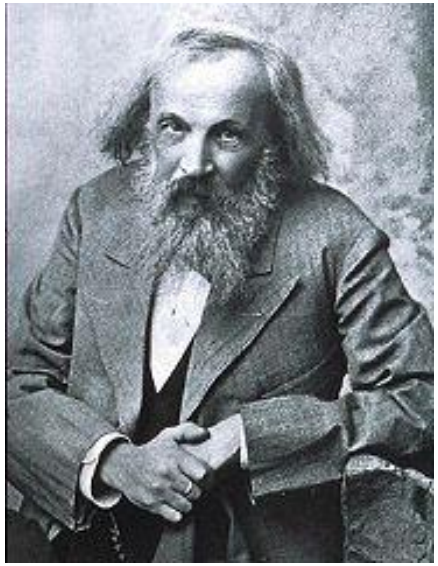
Va observar una variació gradual de les propietats al disposar els elements en **files de set elements**. El vuité element tenia propietats semblants al primer de la fila anterior.

1	2	3	4	5	6	7
Li 6,9	Be 9,0	B 10,8	C 12,0	N 14,0	O 16,0	F 19,0
Na 23,0	Mg 24,3	Al 27,0	Si 28,1	P 31,0	S 32,1	Cl 35,5
K 39,0	Ca 40,0					

Taula de Mendeleiev (1869)

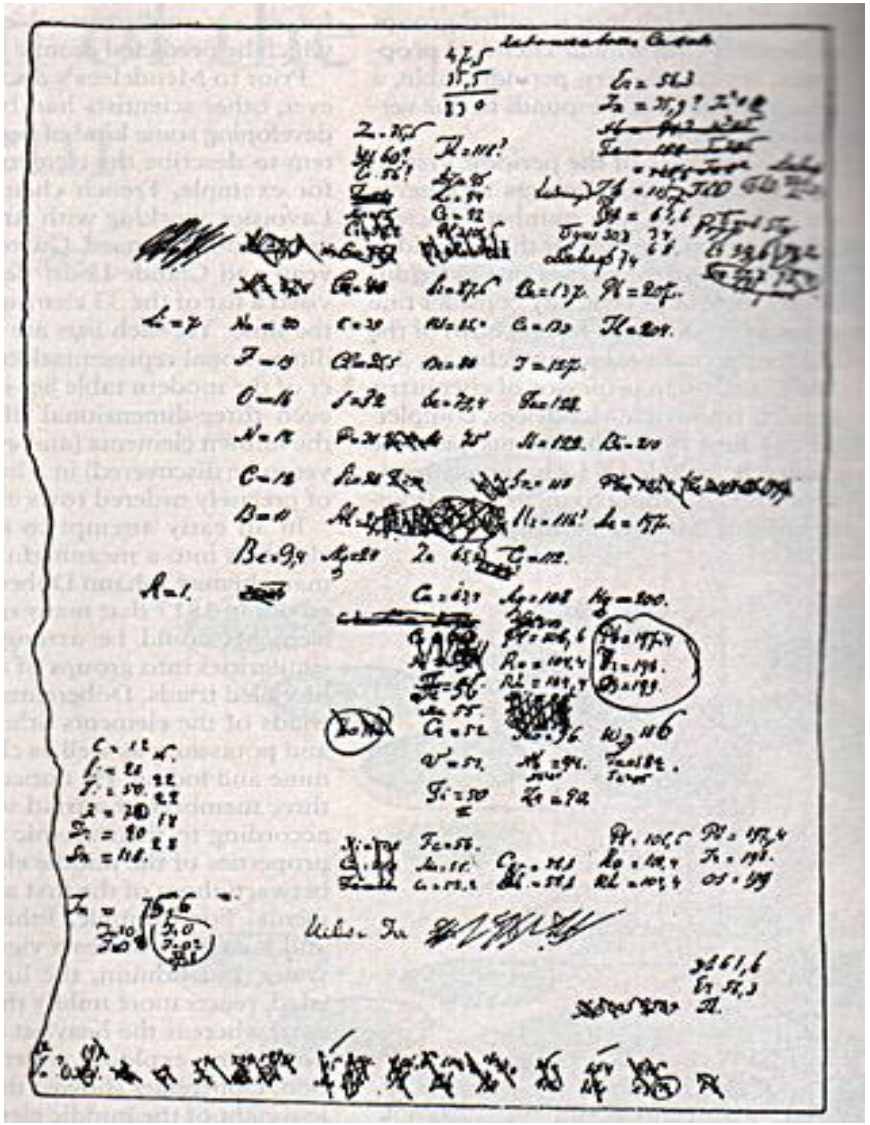
L. Meyer

D. Mendeleiev



L'any 1869, **Lothar Meyer** (Alemanya) i **Dimitri Mendeleiev** (Rússia), analitzant les propietats físiques (Meyer) i químiques (Mendeleiev) dels elements, van arribar de manera independent i simultània a conclusions semblants.

En aquell moment ja es coneixien **63 elements** dels 90 que existeixen a la naturalesa.



Esborrany manuscrit de la taula periòdica de Mendeleiev

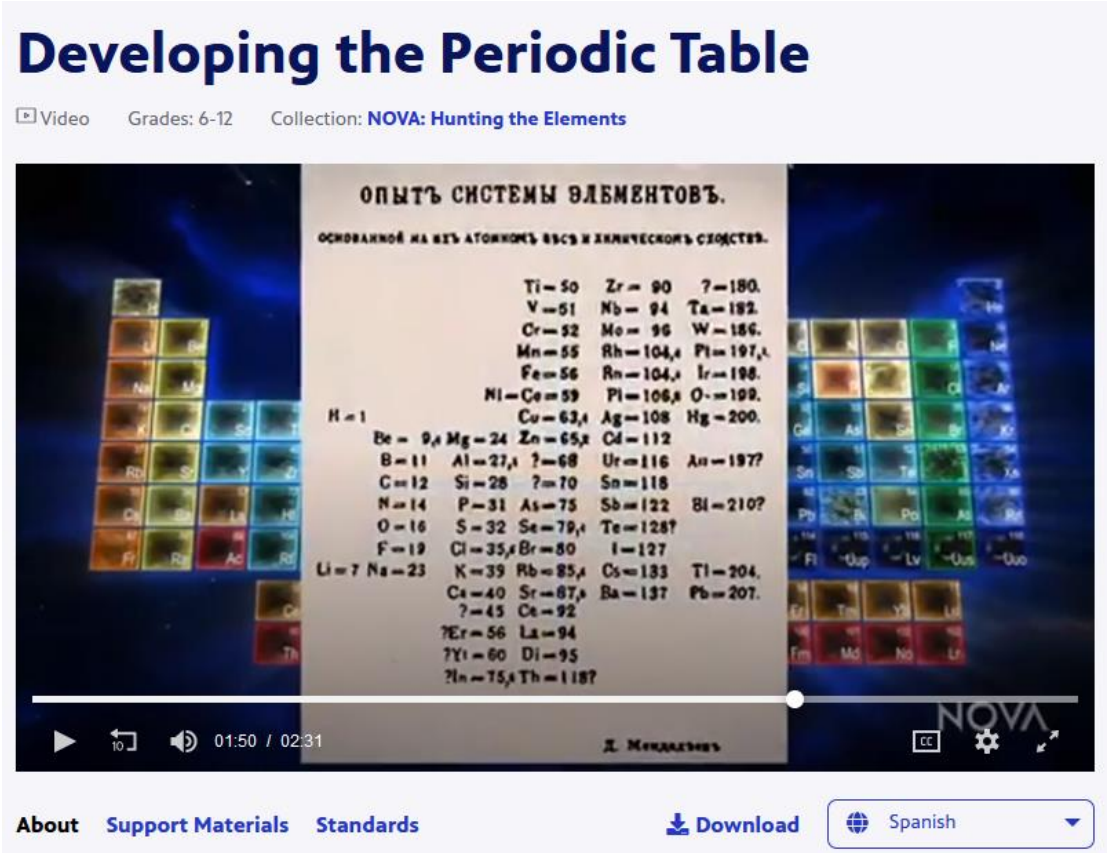
Taula de Mendeleiev (1869)

Els dos científics van ordenar els elements coneguts seguint els mateixos criteris:

Files (períodes)
Elements col.locats en ordre creixent de **masses atòmiques** (no del nombre atòmic, com en la taula actual).

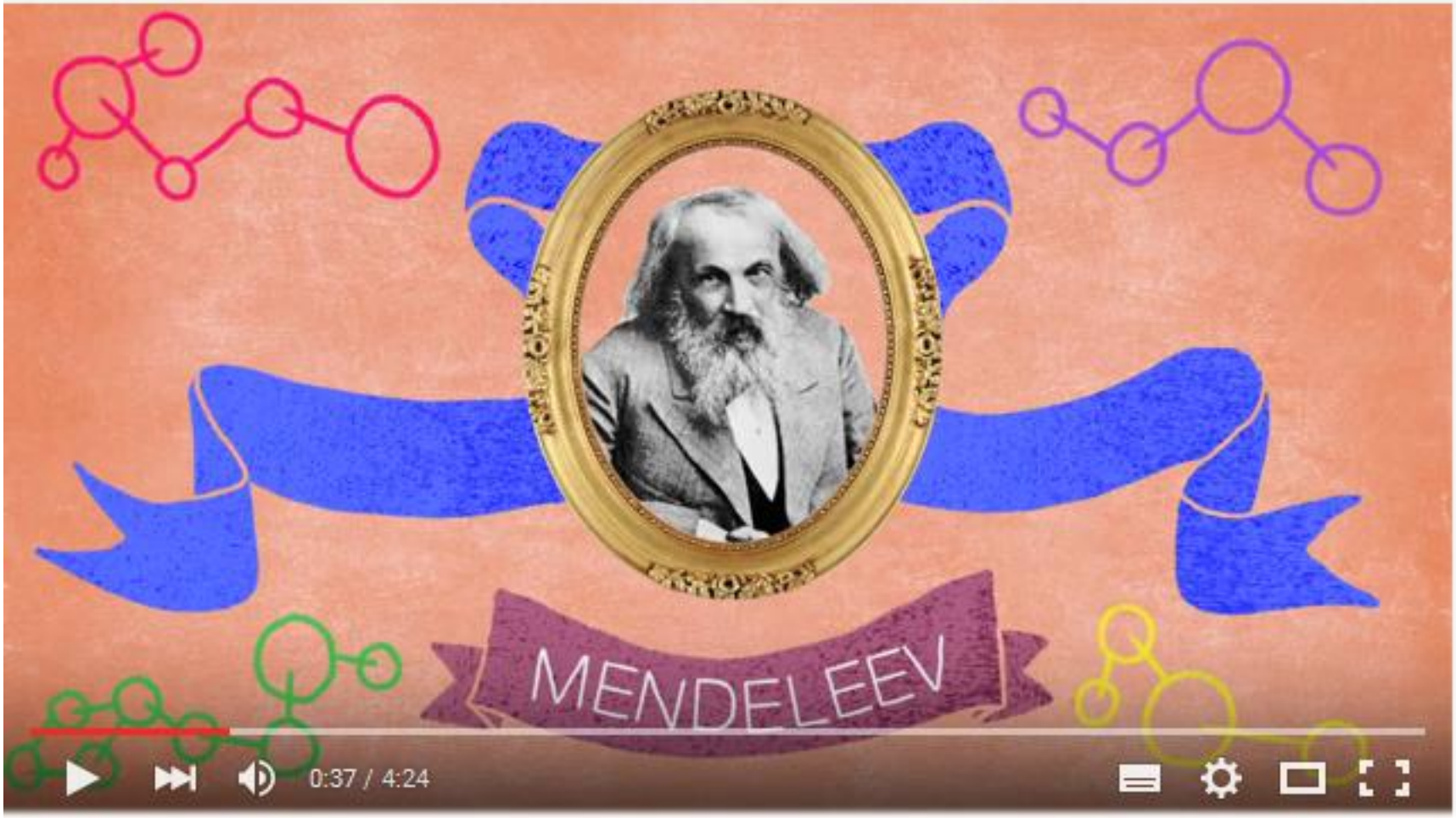
Columnes (grups)
Elements amb **propietats quimiques semblants**.

Taula de Mendeleiev (1869)



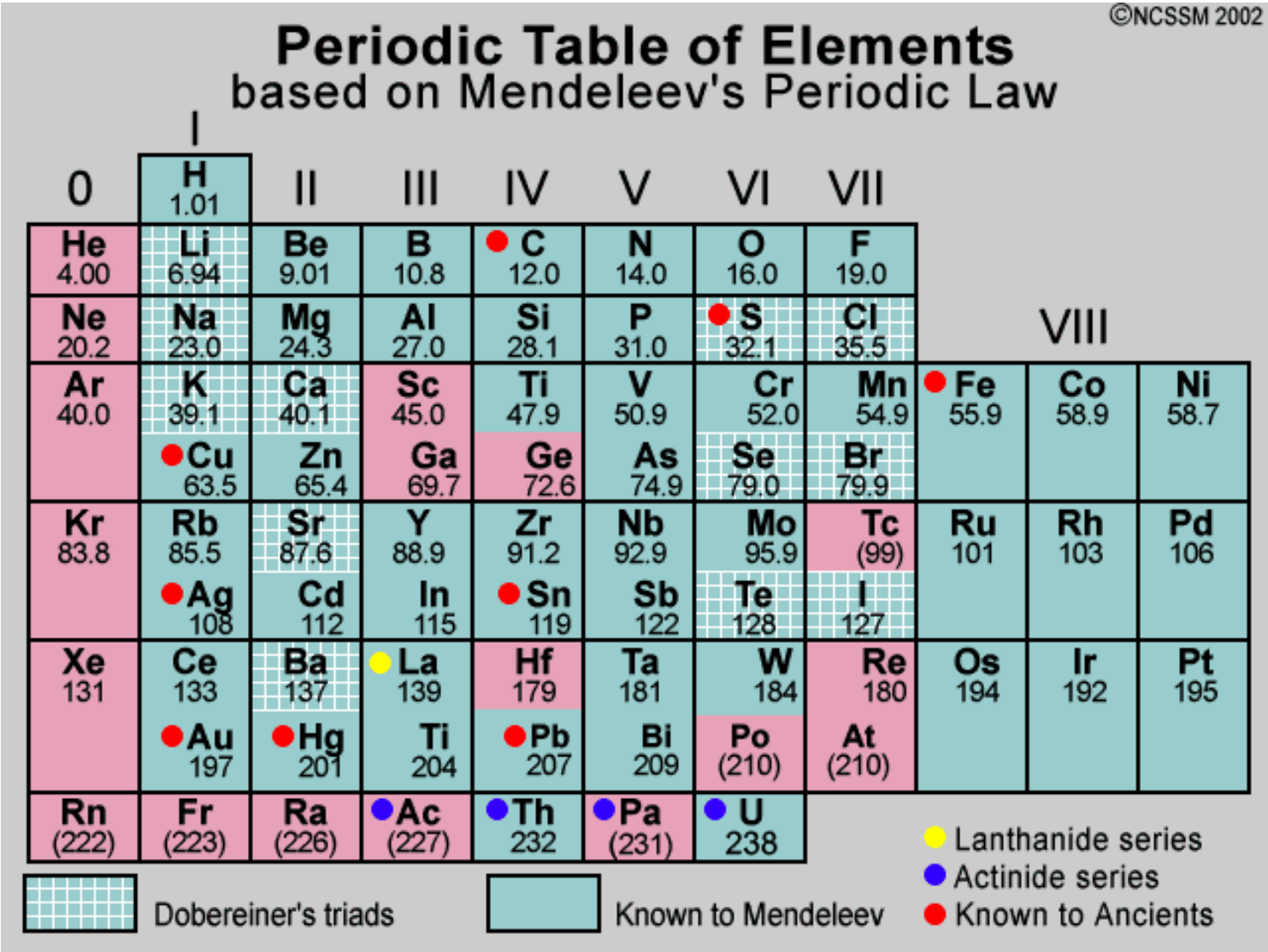
https://www.pbslearningmedia.org/resource/nvhe.sci.chemistry.periodic/developing-the-periodic-table/

Taula de Mendeleiev (1869)



https://youtu.be/fPnwBITSmgU

Taula de Mendeleiev (1869)



Taula de Mendeleiev (1869)

Poder predictiu

Mendeleiev va deixar **caselles buides** per a elements que encara no s'havien descobert, donant-lis un nom provisional.

Mendeleev predictions include:

- Eka-boron (scandium)
- Eka-aluminium (gallium)
- Eka-manganese (technetium)
- Eka-silicon (germanium)

H																											
Li	Be													B									C	N	O	F	
Na	Mg																					Al	Si	P	S	Cl	
K	Ca														Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn			As	Se	Br	
Rb	Sr													?Yt	Zr	Nb	Mo		Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J	
Cs	Ba	?Di	Ce										Er			Ta	W		Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi			
			Th		U																								

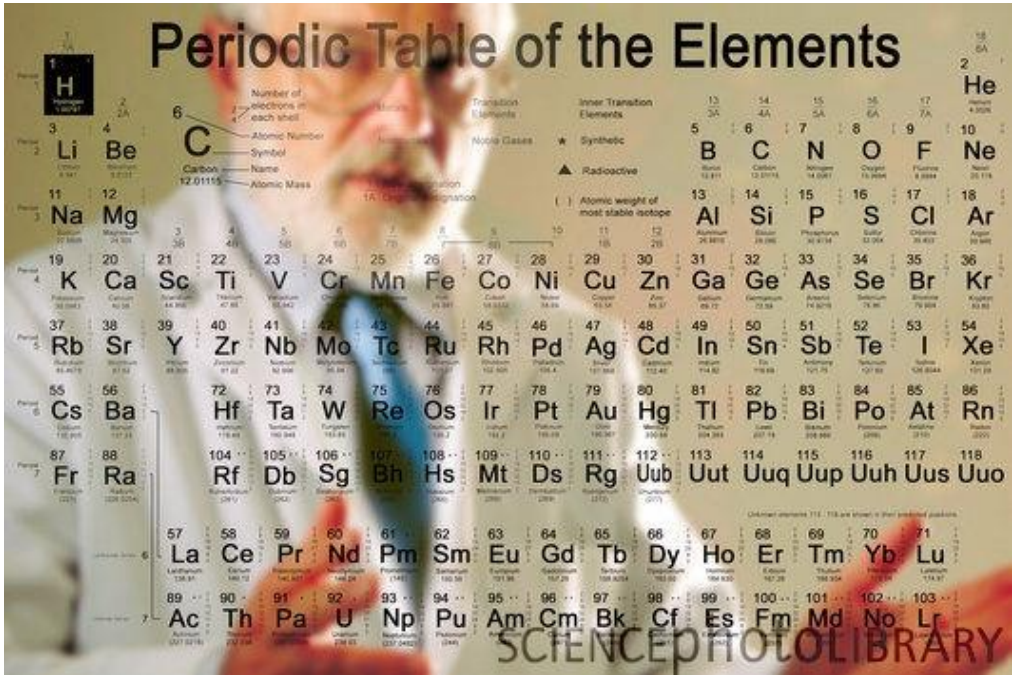
Taula periòdica actual

Henry Moseley
(1887-1915)

Moseley (1913), a partir de l'estudi dels espectres de raigs X dels elements va establir la **llei periòdica:**

"*Si els elements s'ordenen en ordre creixent de* ***nombre atòmic*** *s'observa una* ***variació periòdica*** *de les* ***propietats físiques i químiques***"

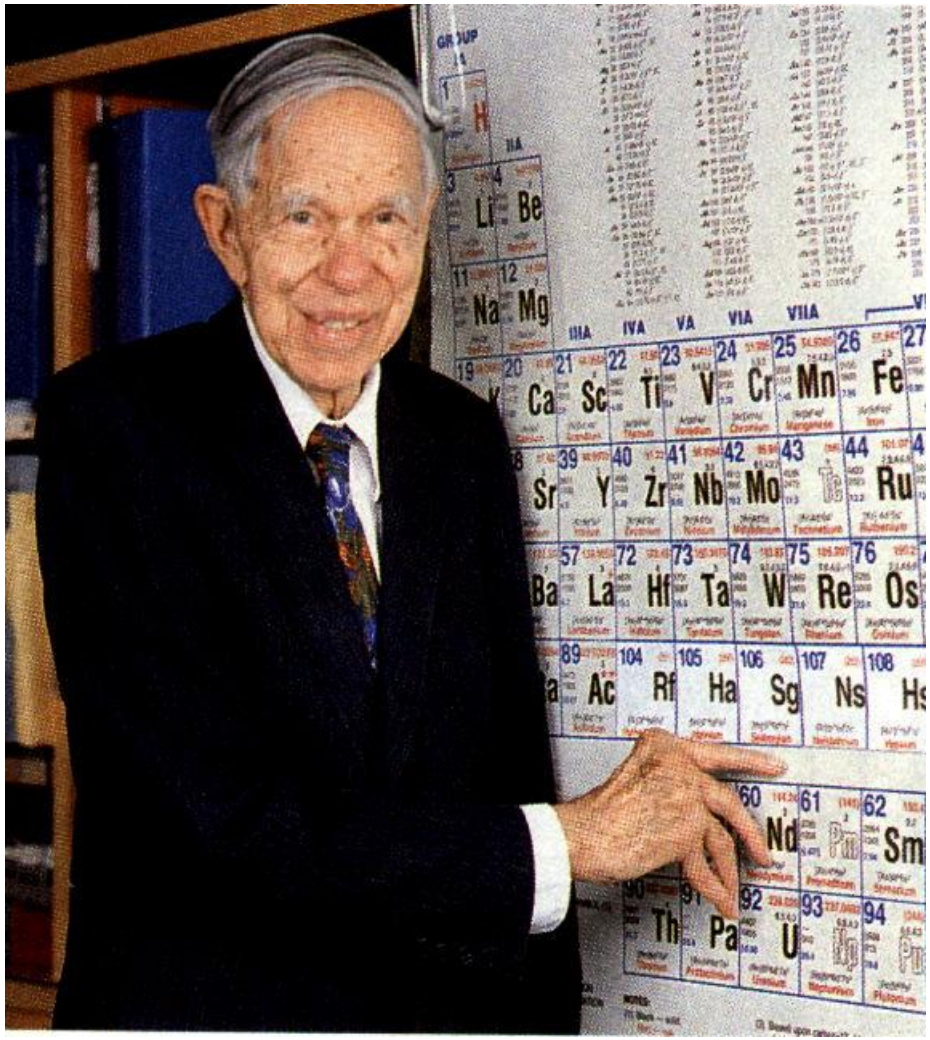
Taula periòdica actual



Està construïda a partir de la taula periòdica de Mendeleiev però ordenant els elements segons l'**ordre creixent dels nombres atòmics** (no de masses atòmiques).

El **sistema periòdic actual**, constituït per **18 columnes** o grups i **7 files** o períodes va ser concebut per **Werner i Paneth** i s'ha anat ampliant amb el descobriment de nous elements.

Taula periòdica actual



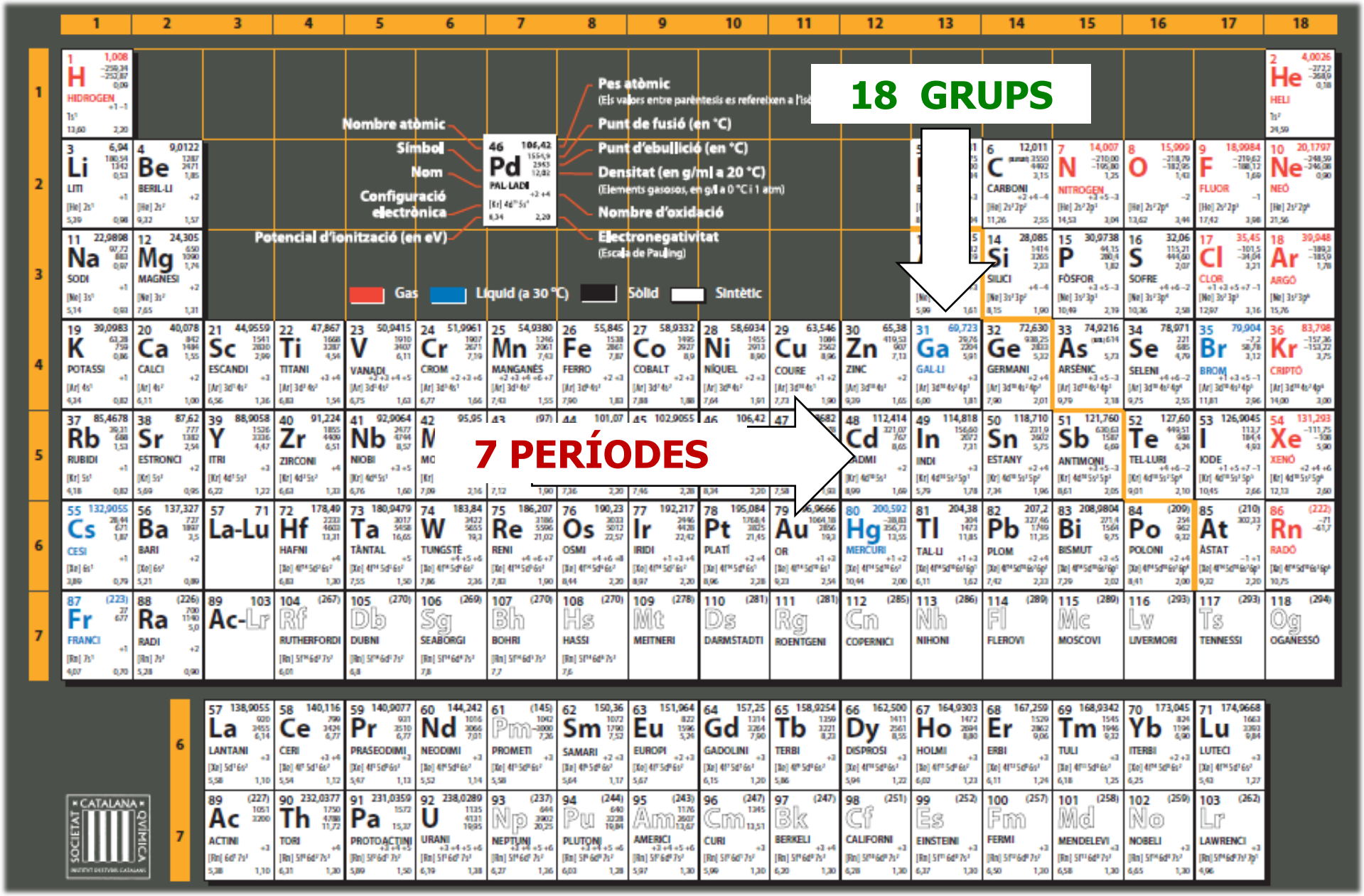
Glenn T. Seaborg (1912-1997)

Científic americà que va compartir el **Premi Nobel de Química** en 1951 amb Edwin Mattison.

Seaborg, doctor en química, amb els seus col·laboradors, **va afegir 9 nous elements a la taula periòdica** entre els anys 1940 i 1955.

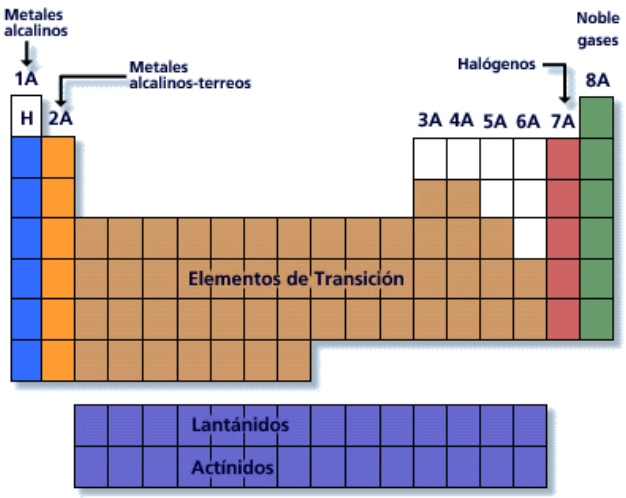
El plutoni (Z=94) és el més conegut perquè s'utilitza com agent explosiu de cert armament nuclear. La resta d'elements descoberts van ser l' americi (95), el curi (96), el berkeli (97), el californi (98), l'einsteni (99), el fermi (100), el mendelevi (101) i el nobeli (102).

La taula periòdica actual



Grups

Elements amb **propietats químiques semblants**



Grup 1: **alcalins**

Grup 2: **alcalinoterris**

Del grup 3 al 12: **elements de transició**

Grup 13: grup del bor (terris)

Grup 14: grup del carboni (carbonoides)

Grup 15: grup del nitrogen (nitrogenoides)

Grup 16: grup de l'oxigen (calcògens o amfígens)

Grup 17: **halògens**

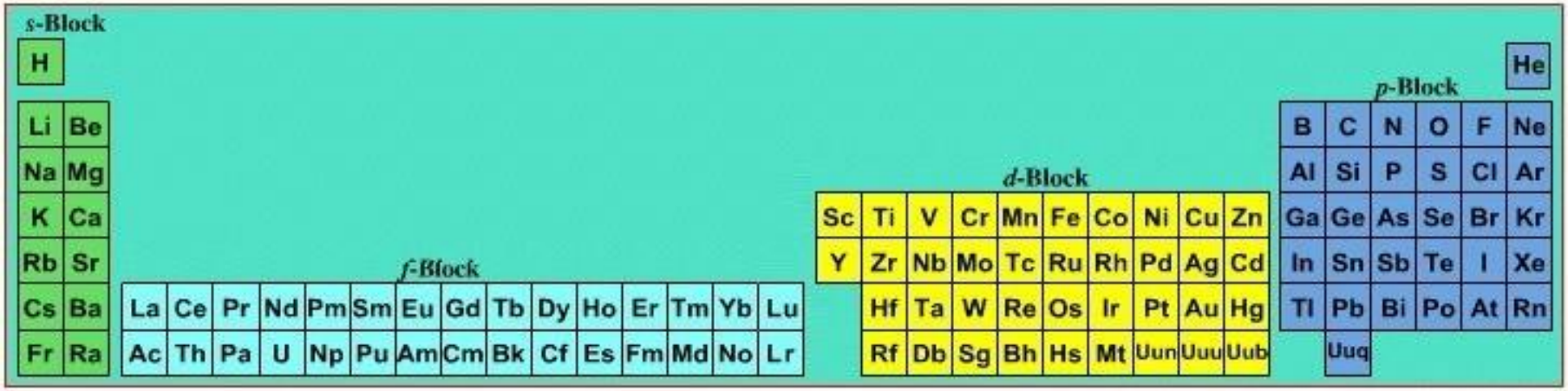
Grup 18: **gasos nobles** o inerts

Períodes

Es construeixen col·locant els elements en **ordre creixent** de **nombre atòmic (Z)**

4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	39.10	40.08	44.96	47.88	50.94	52.00	54.94	55.85	58.93	58.69	63.55	65.39	69.72	72.61	74.92	78.96	79.90	83.80
	Potassium	Calcium	Scandium	Titanium	Vanadium	Chromium	Manganese	Iron	Cobalt	Nickel	Copper	Zinc	Gallium	Germanium	Arsenic	Selenium	Bromine	Krypton

Forma llarga de la taula periòdica



Metalls i no-metalls

1A 1	2A 2	3B 3	4B 4	5B 5	6B 6	7B 7	8B 8	8B 9	8B 10	1B 11	2B 12	3A 13	4A 14	5A 15	6A 16	7A 17	8A 18
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															

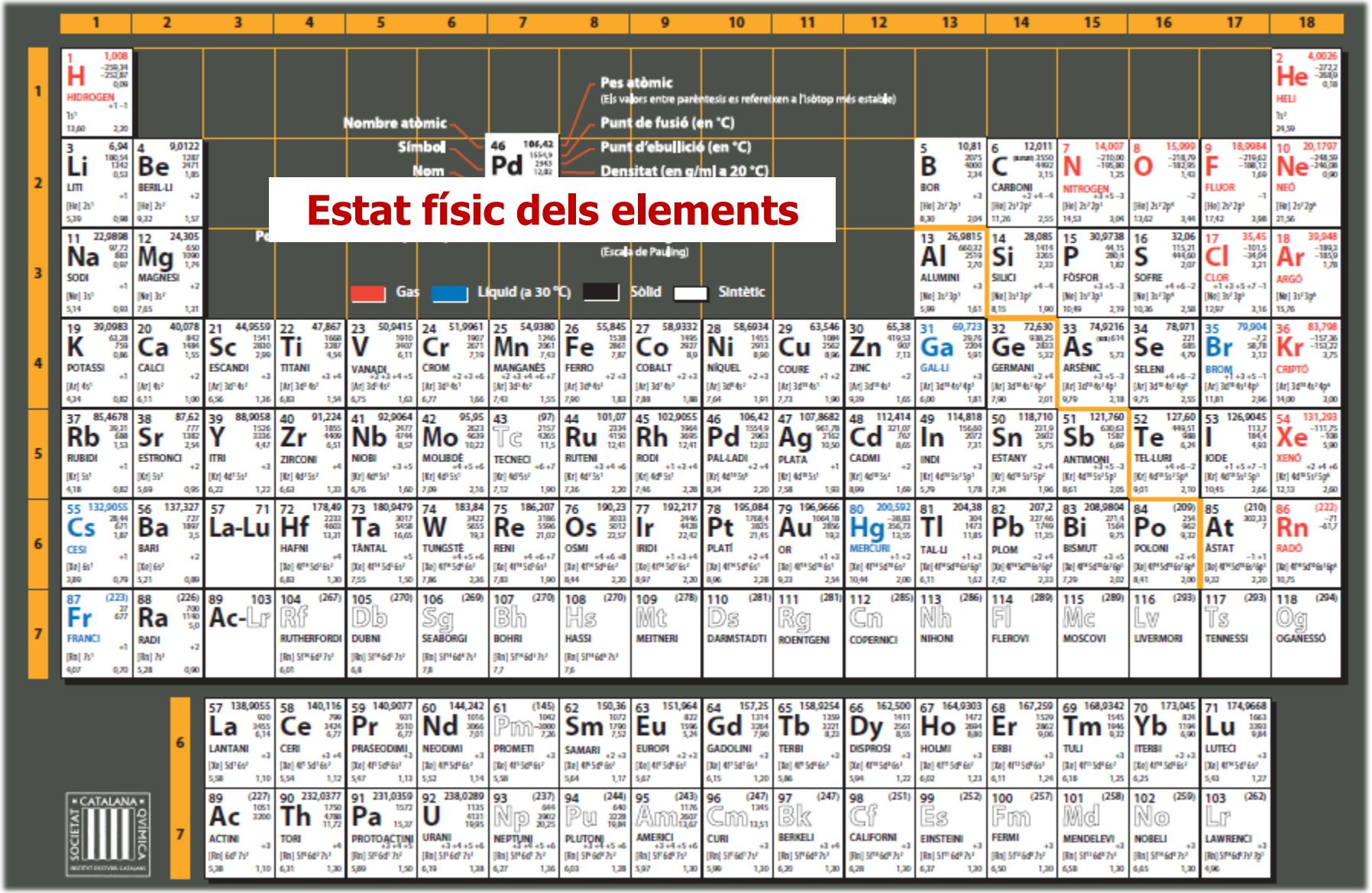
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

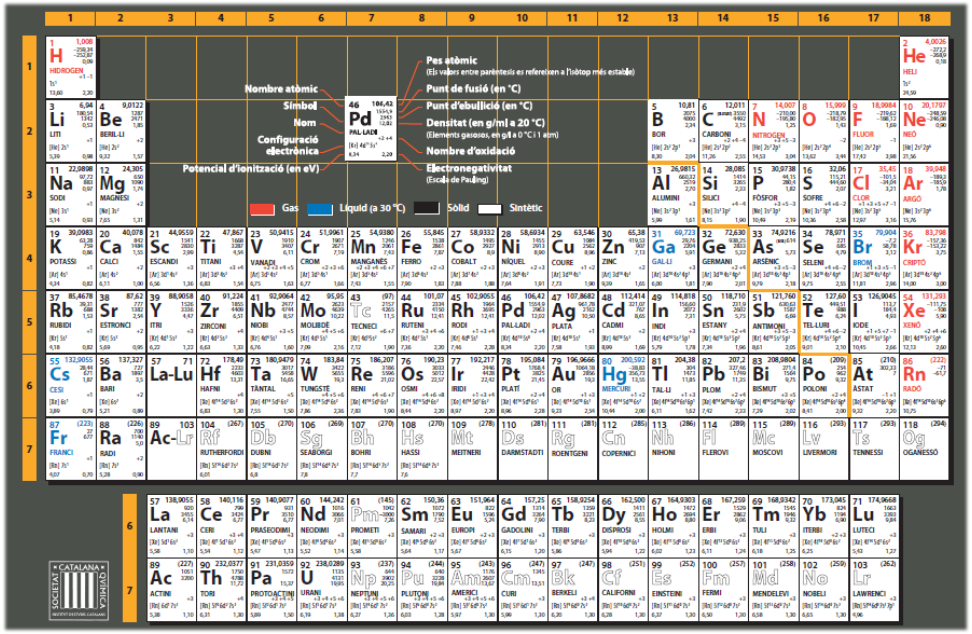
Metals

Metalloids

Nonmetals

La taula periòdica actual





Elements sintètics

A la naturalesa podem trobar **90 elements químics**.

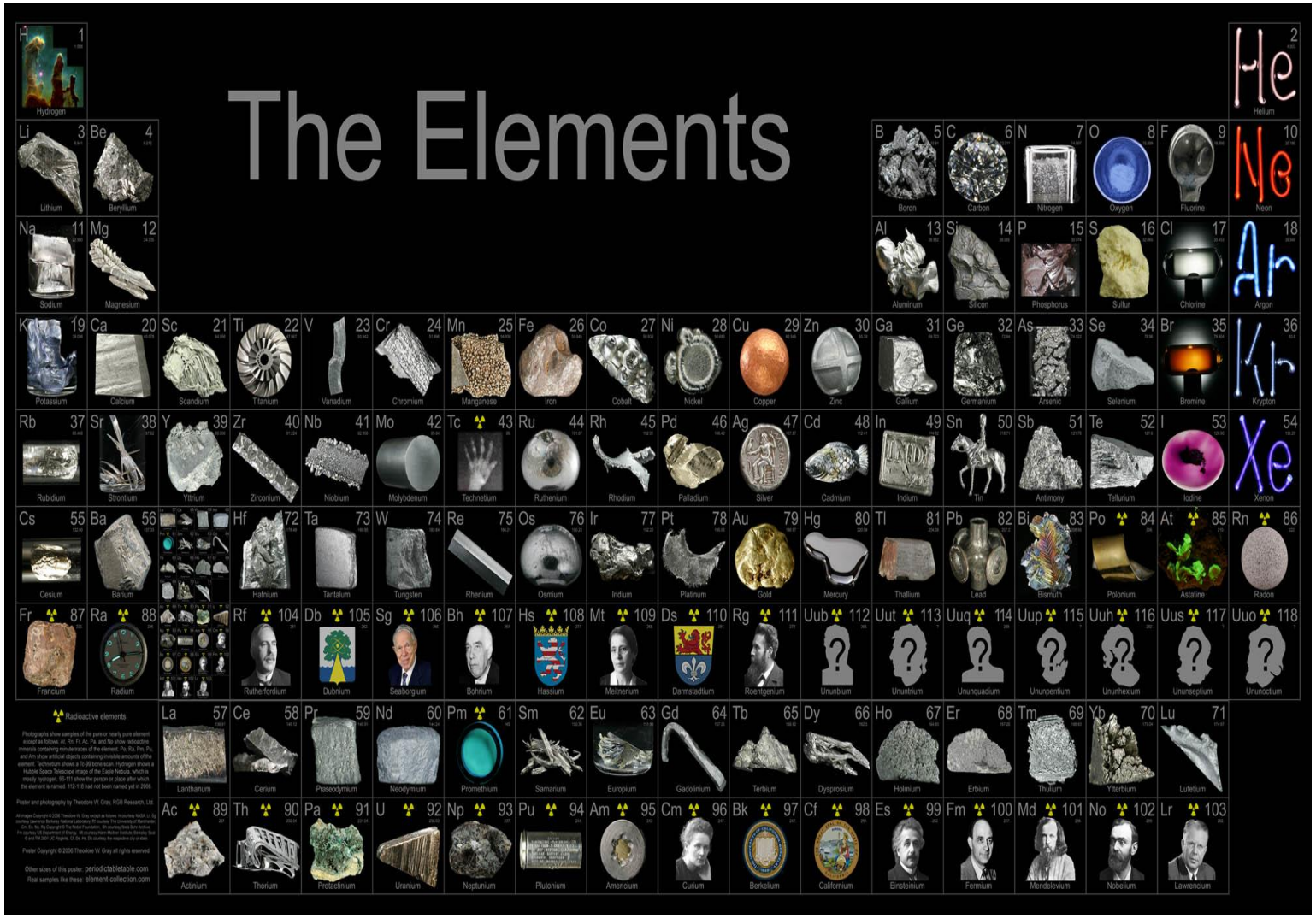
La resta d'elements que apareixen a la taula periòdica són **sintètics**, això vol dir que han estat obtinguts artificialment en **reactors nuclears** i **acceleradors de partícules**.

Els elements sintètics són molt **inestables** i tenen una vida mitjana molt curta.

Taula periòdica interactiva (edu365.cat)

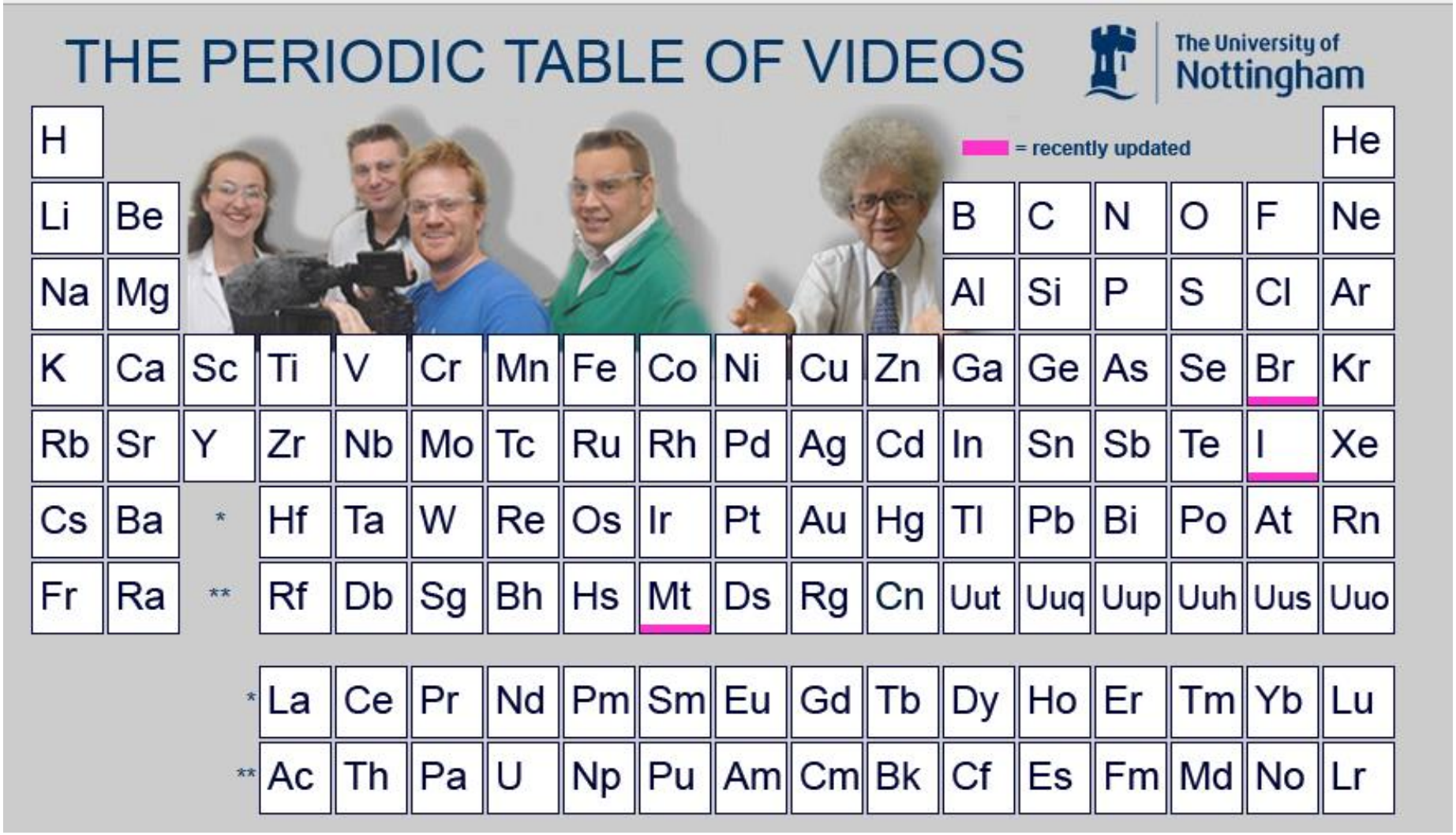
http://www.edu365.cat/batxillerat/modalitat/ciencies/quimica/taula/index.html

La taula periòdica actual



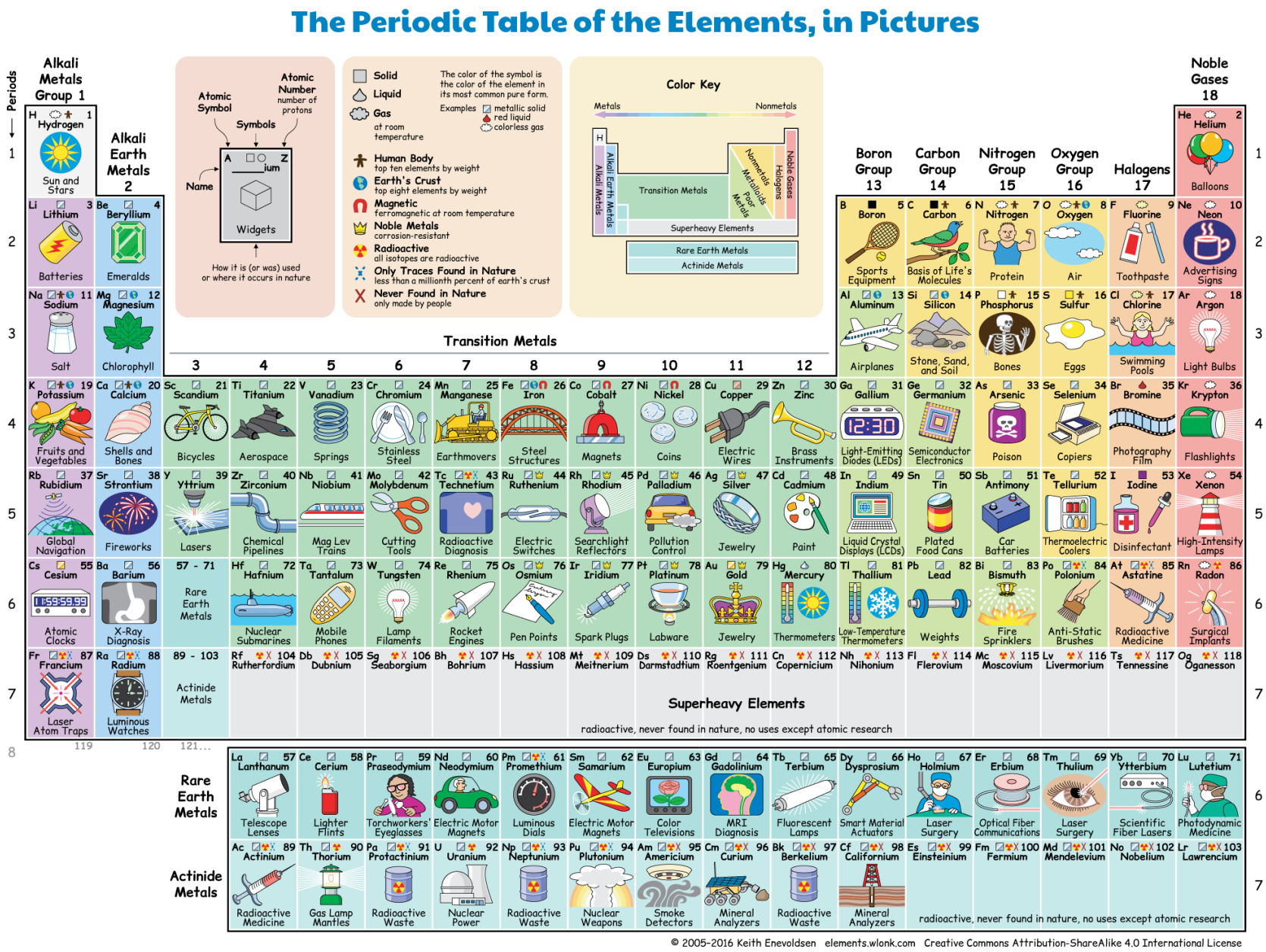
http://periodictable.com/

La taula periòdica actual

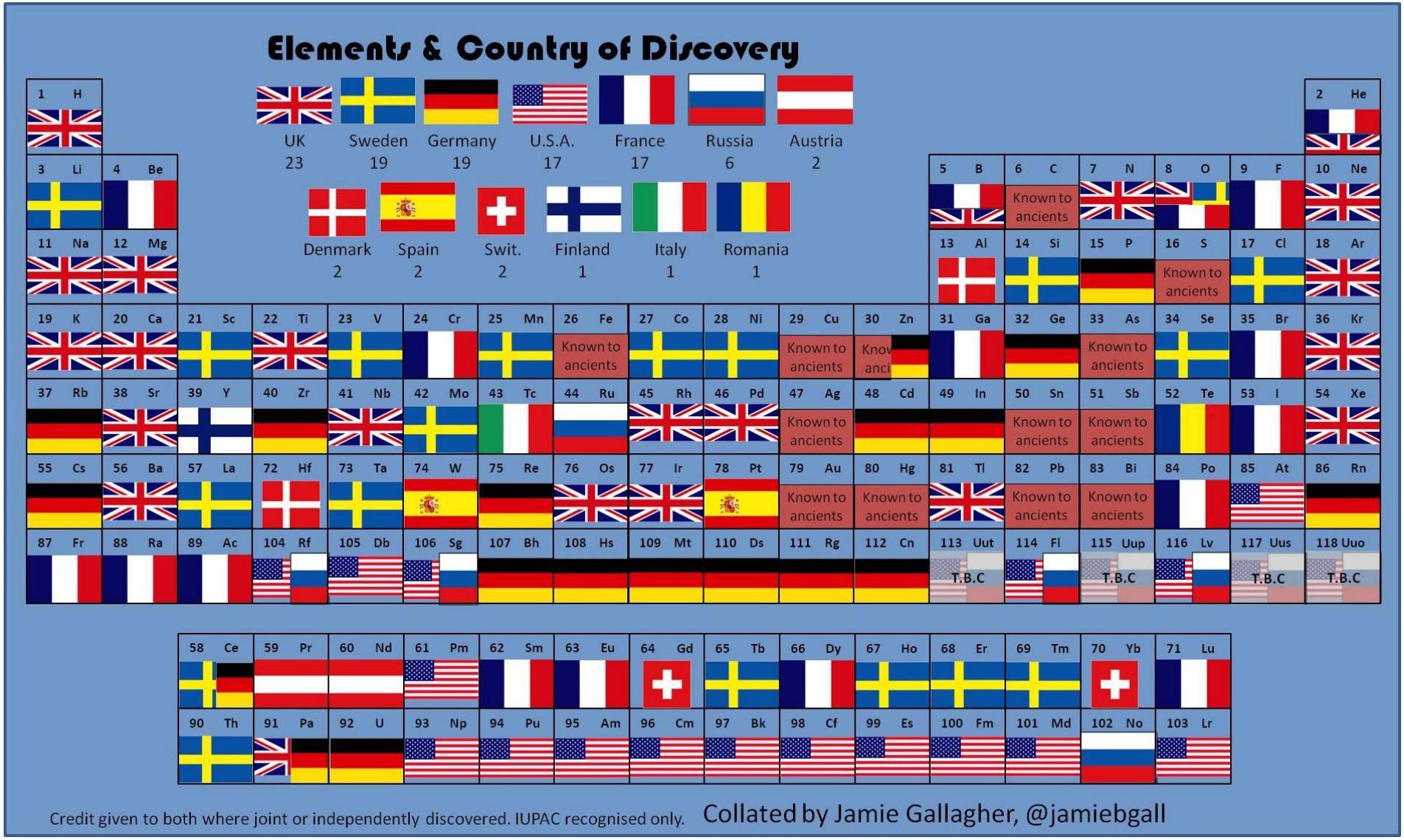


http://www.periodicvideos.com/#

La taula periòdica actual



La taula periòdica actual



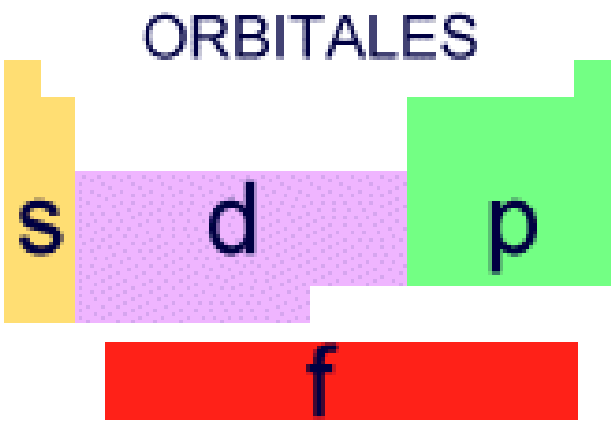
La taula periòdica actual

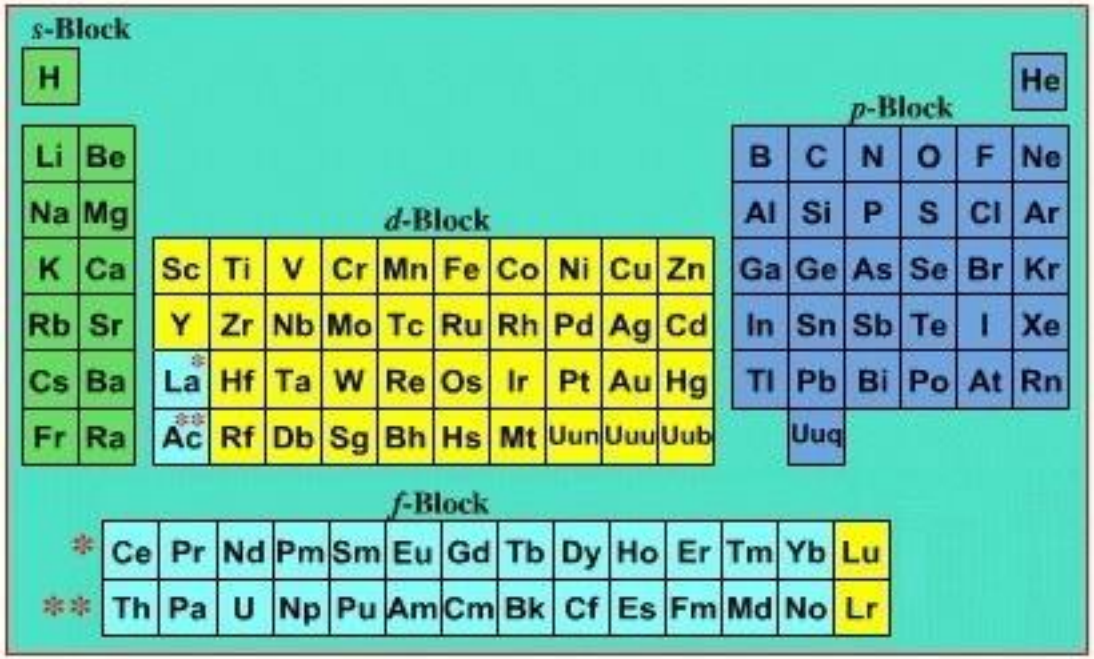
Seen on FoDrizzle.com

Moltes més taules periòdiques...

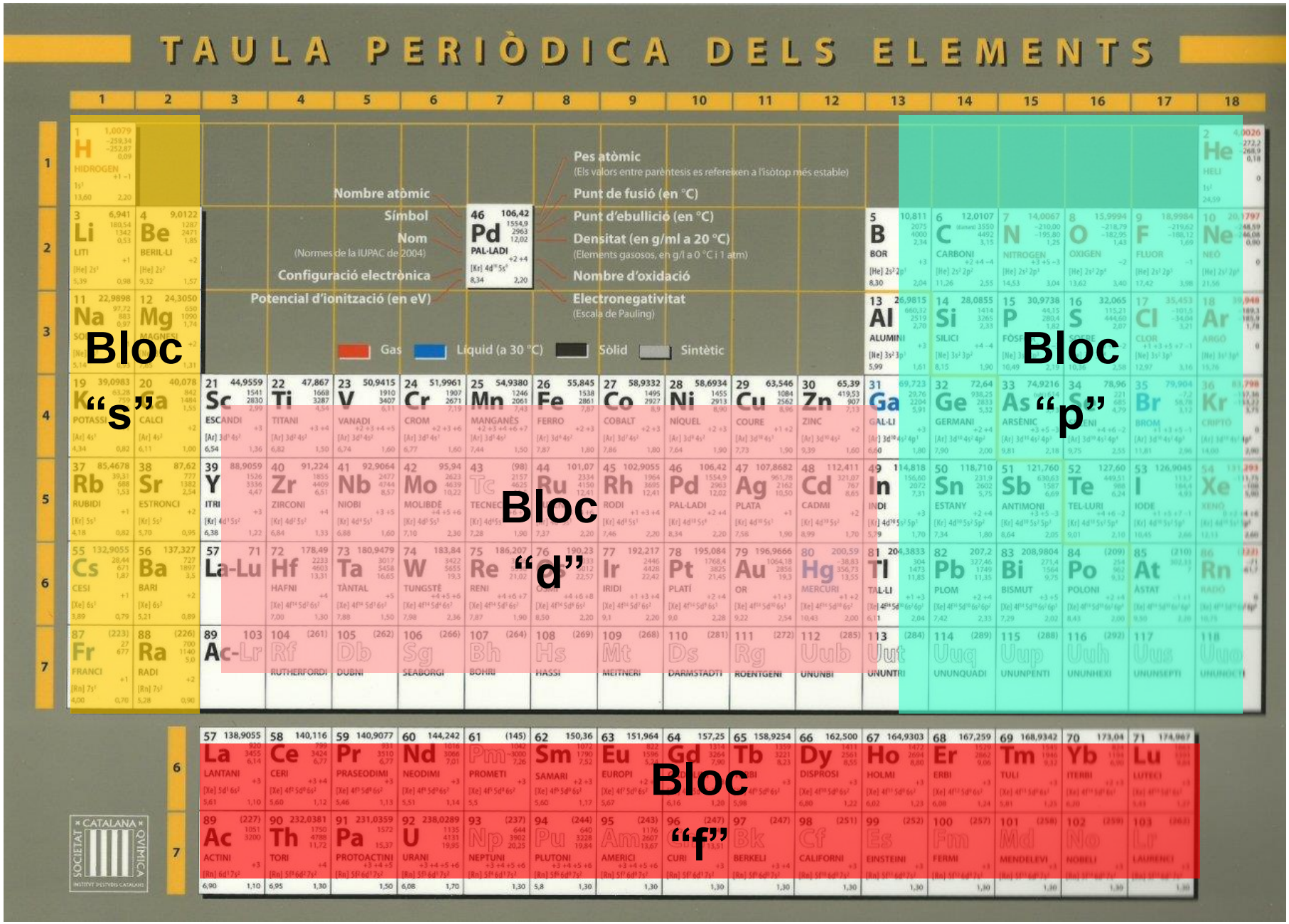
http://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php

L'**estructura de la taula periòdica** moderna està relacionada amb la **configuració electrònica dels elements**.

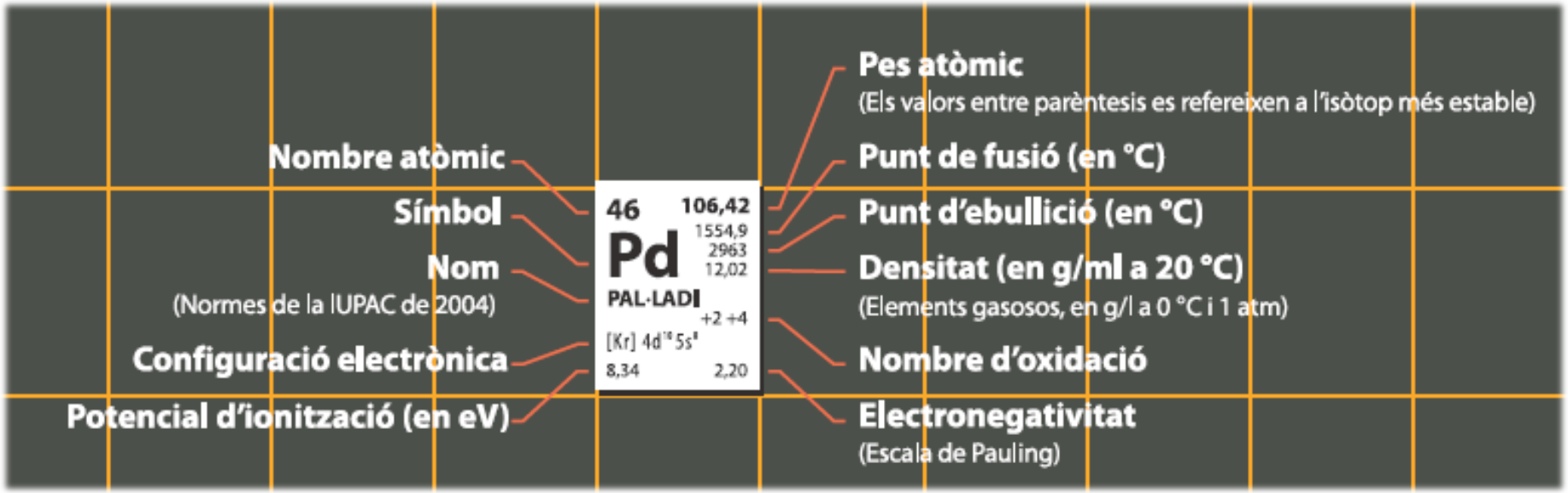




Configuració electrònica i taula periòdica



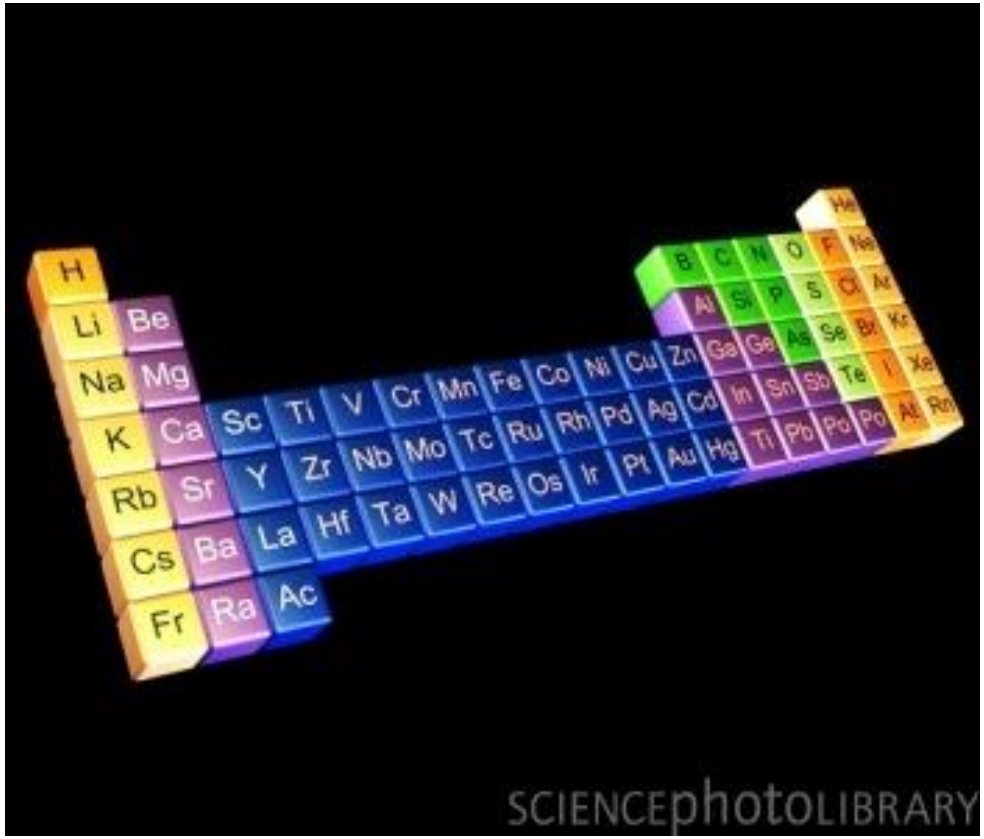
http://www.youtube.com/watch?v=zxqZD6b1-DQ

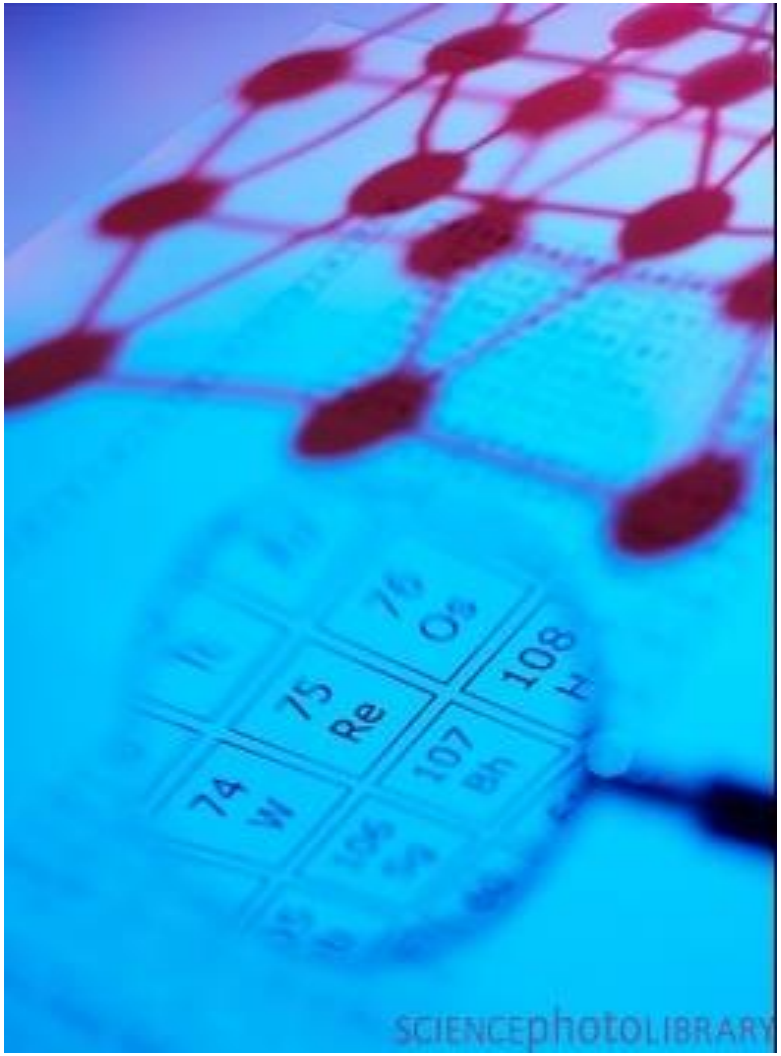


Observa tota la informació que apareix en les caselles dels elements a la taula periòdica. Quines dades saps interpretar i quines no?

Llei periòdica (Moseley, 1913)

Les **propietats dels elements químics** varien de manera sistemàtica i periòdica segons el seu **nombre atòmic**. Aquestes propietats vénen determinades per les **configuracions electròniques**.

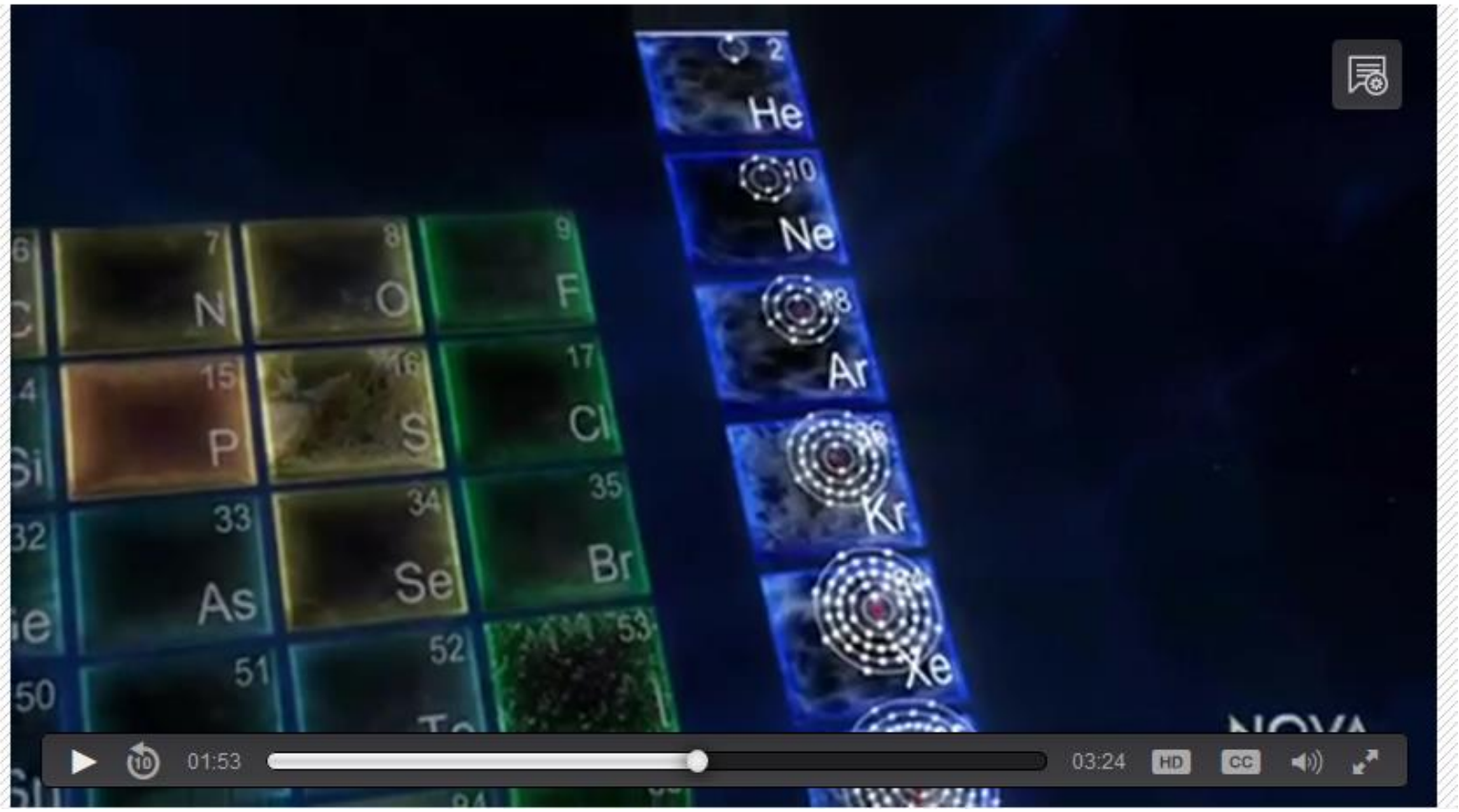




Propietats periòdiques

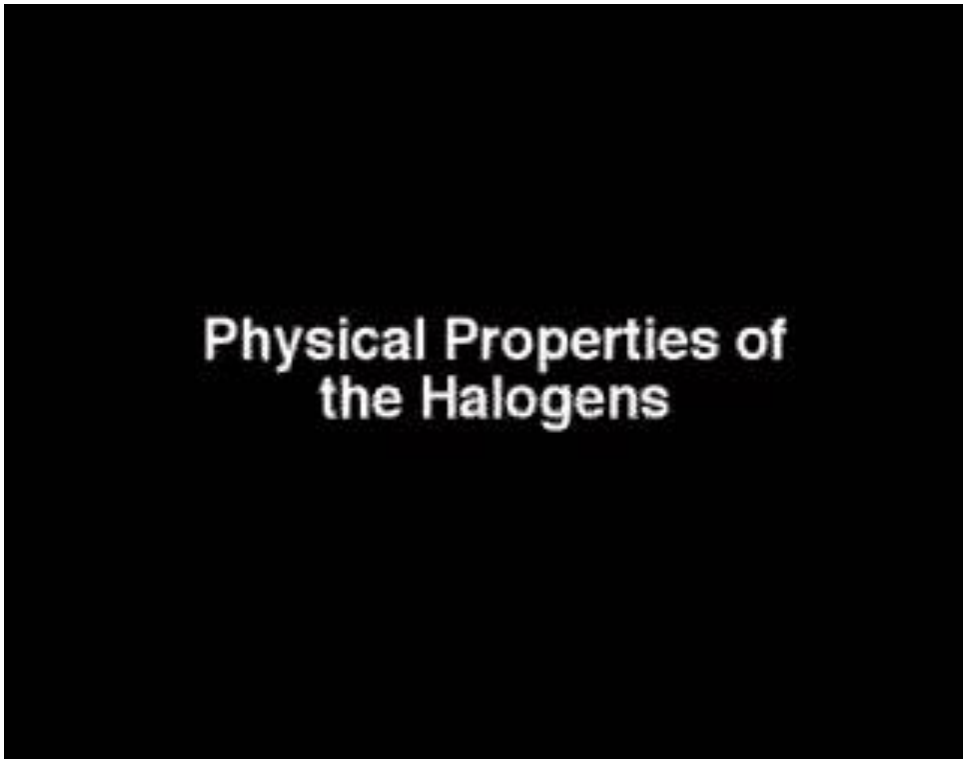
- Reactivitat química
- Propietats físiques (T_f, T_e, d)
- Radi atòmic / radi iònic
- Energia (potencial) d'ionització
- Afinitat electrònica
- Electronegativitat
- Caràcter metàl·lic

La **reactivitat química** depèn de la configuració electrònica dels elements de cada grup (dels electrons que té a l'última capa d'orbitals)



https://www.pbslearningmedia.org/resource/nvhe.sci.chemistry.reactive/what-makes-an-element-reactive/

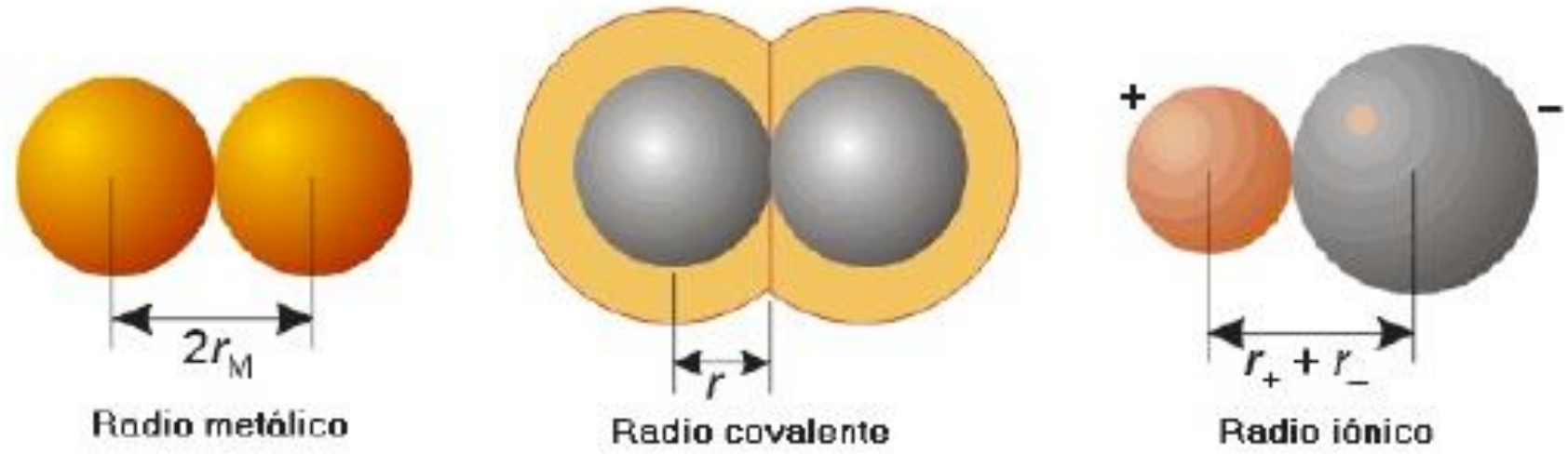
Les **propietats físiques** varien al llarg d'un **grup**



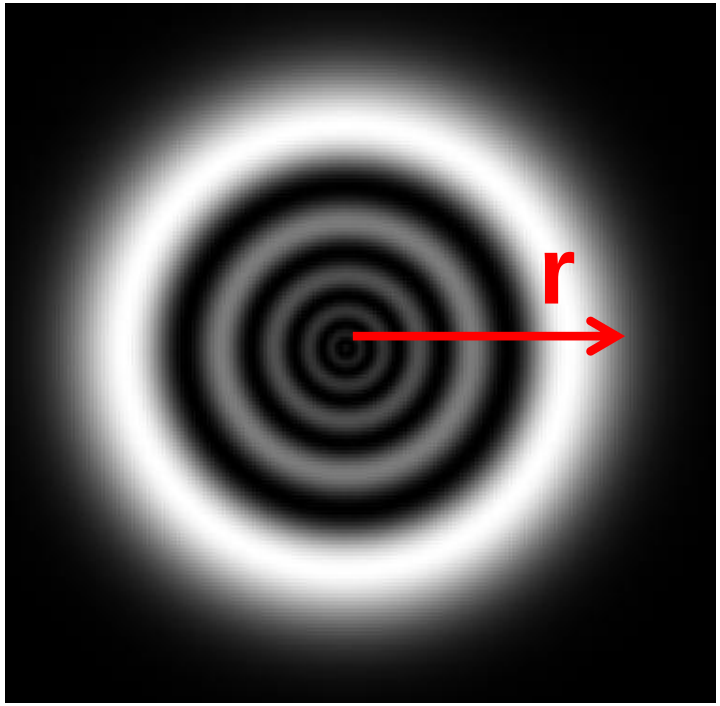
http://www.youtube.com/watch?v=5sZw6bA4VIc

Radi atòmic Definició

La mida d'un àtom és diferent en funció de si està aïllat o formant enllaços amb altres àtoms (**radi covalent**, **radi iònic**, **radi metàl.lic**).



Radi atòmic Definició



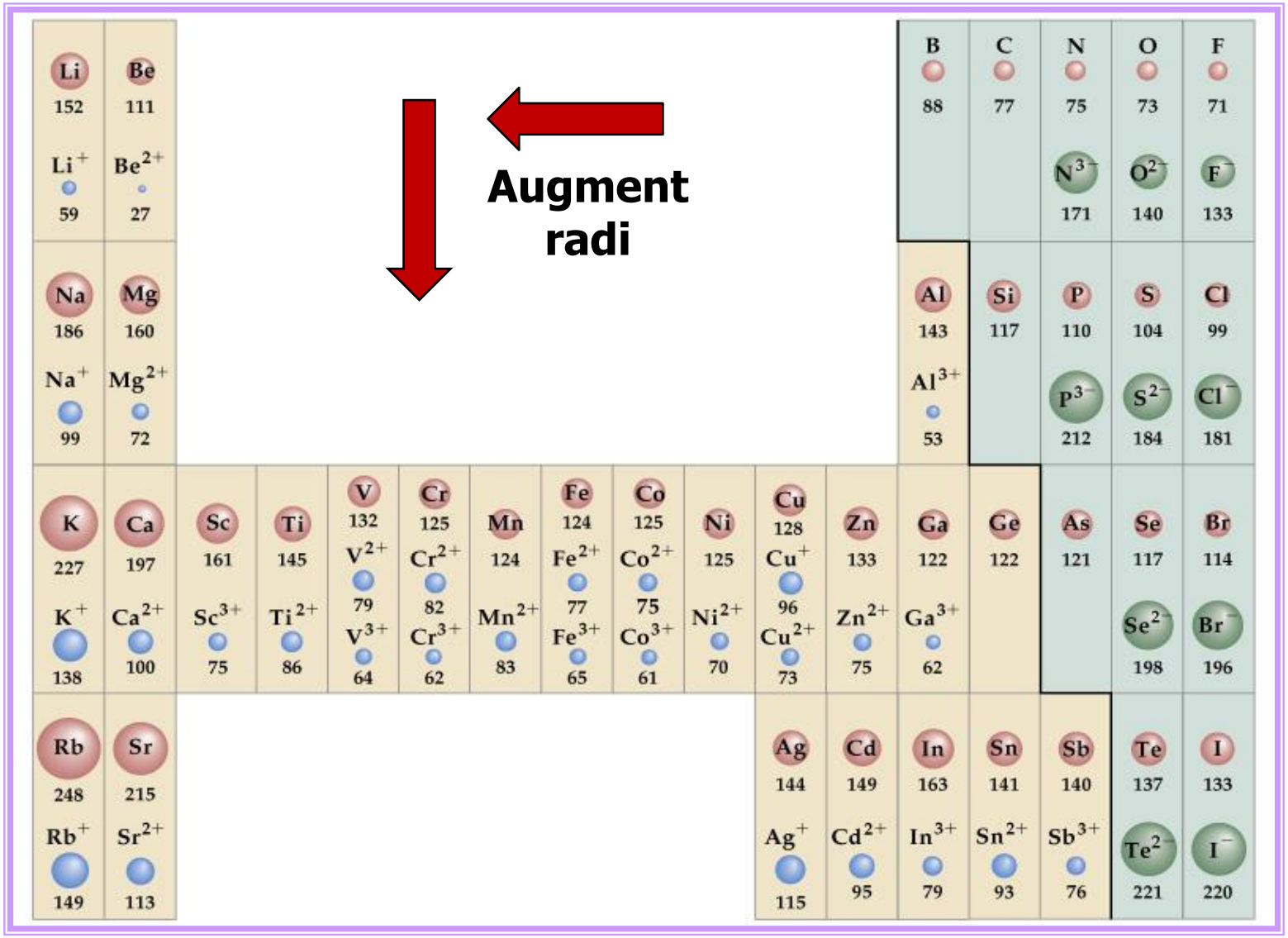
El radi atòmic es mesura en **pm** (10^{-12} m) o **Ångström** (1 Å = 10^{-10} m).

El **volum atòmic** es pot calcular si considerem àtoms esfèrics:

$$V = (4/3)\ \Pi\ r^3$$

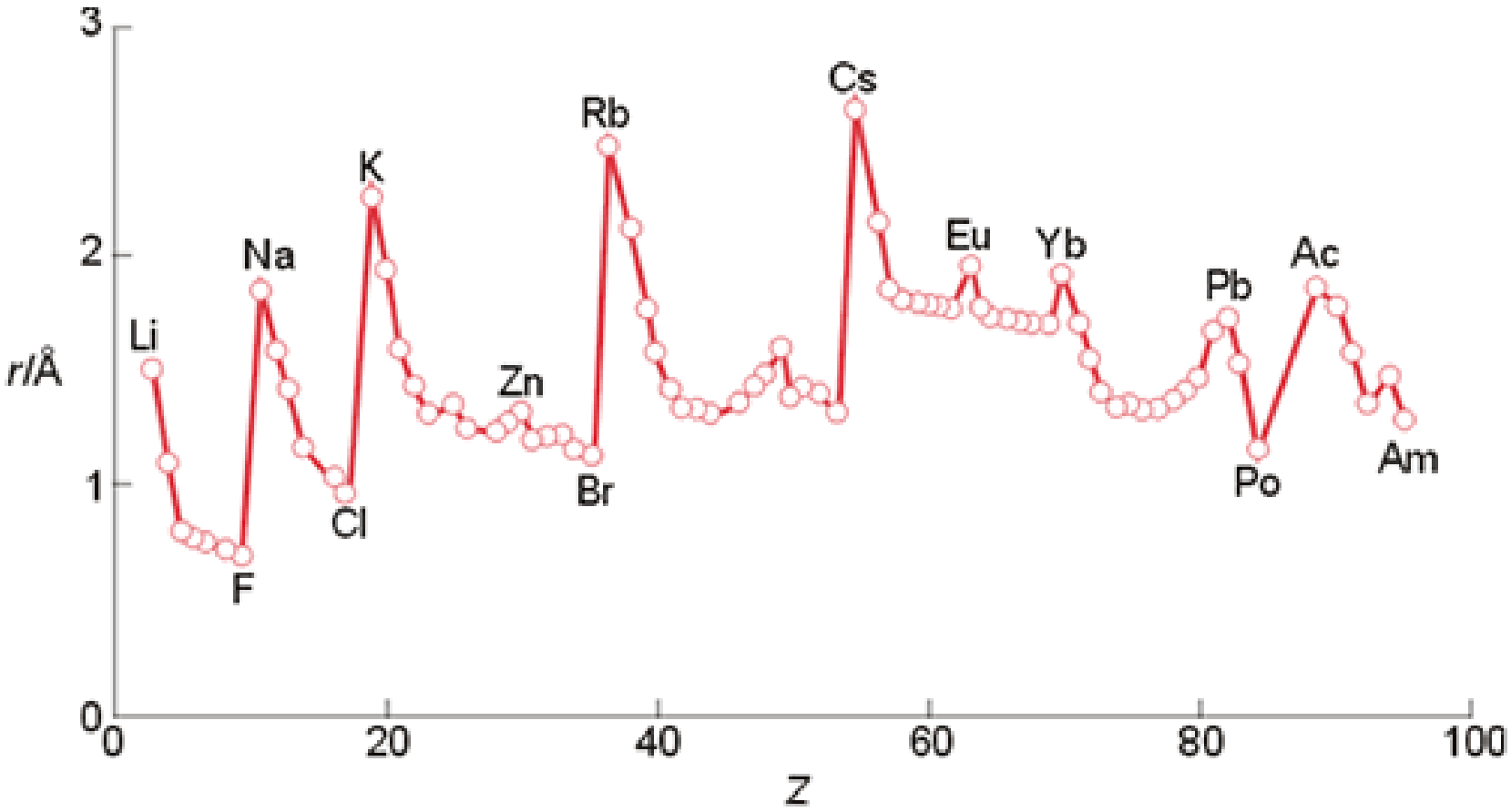
Radi atòmic

Variació periòdica



Radi atòmic

Variació periòdica

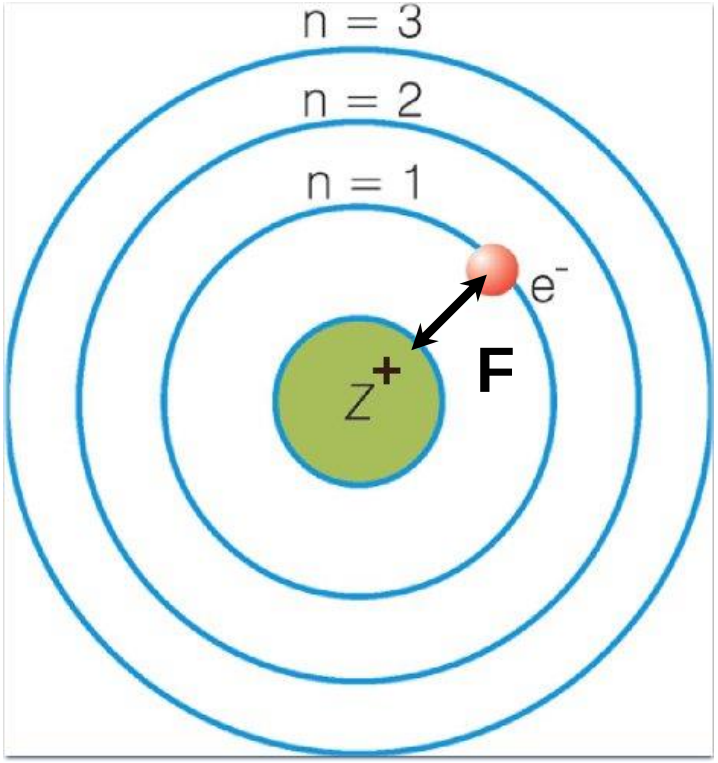


Variació del radi atòmic amb el nombre atòmic

Radi atòmic Justificació de la variació

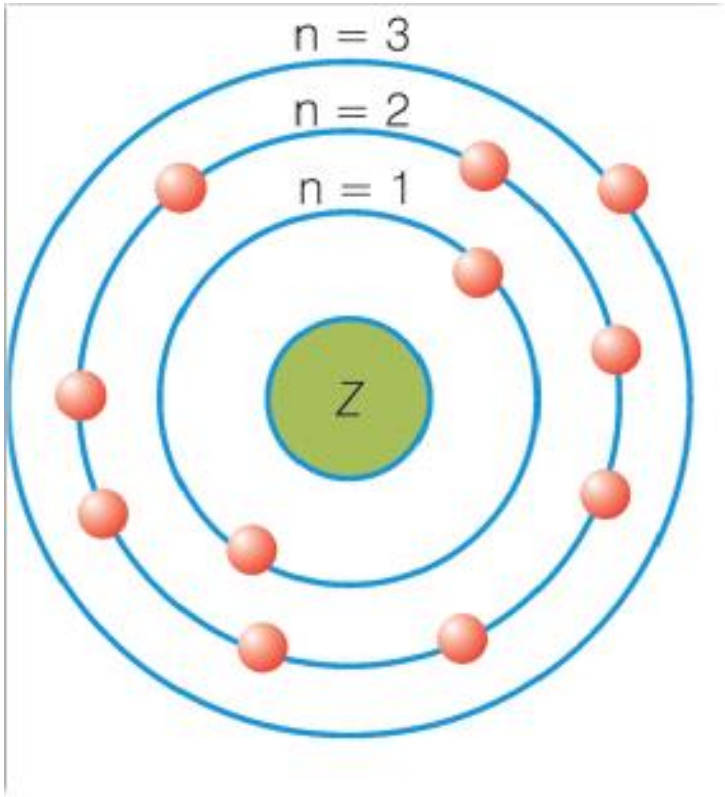
Model atòmic de les càrregues elèctriques

La força d'atracció entre l'electró extern (càrrega negativa) i el nucli (càrrega positiva) depèn de la distància que els separi (radi). Com més petita sigui aquesta distància, més gran és la força d'atracció (segons la **llei de Coulomb**) i més costarà d'arrencar l'electró.



$$F = K \frac{(Z+) \cdot (e-)}{r^2}$$

Radi atòmic Justificació de la variació



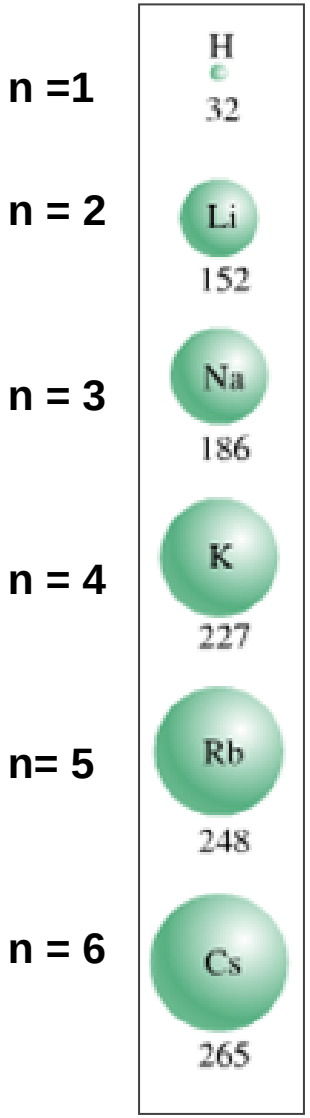
Model atòmic de les càrregues elèctriques

Càrrega nuclear efectiva (Zef)

Els electrons situats en els orbitals més propers al nucli (**electrons interns** o ***kernel***) provoquen un **efecte d'apantallament** sobre els electrons dels nivells superiors, de manera que aquests no noten la càrrega nuclear completa. La **càrrega nuclear efectiva (Z_{ef})** que experimenta un electró és la diferència entre la **càrrega nuclear total (Z)** i l'**apantallament** provocat pels electrons interns **(A).**

$$Z_{ef} = Z - A$$

Radi atòmic Justificació de la variació



En un grup

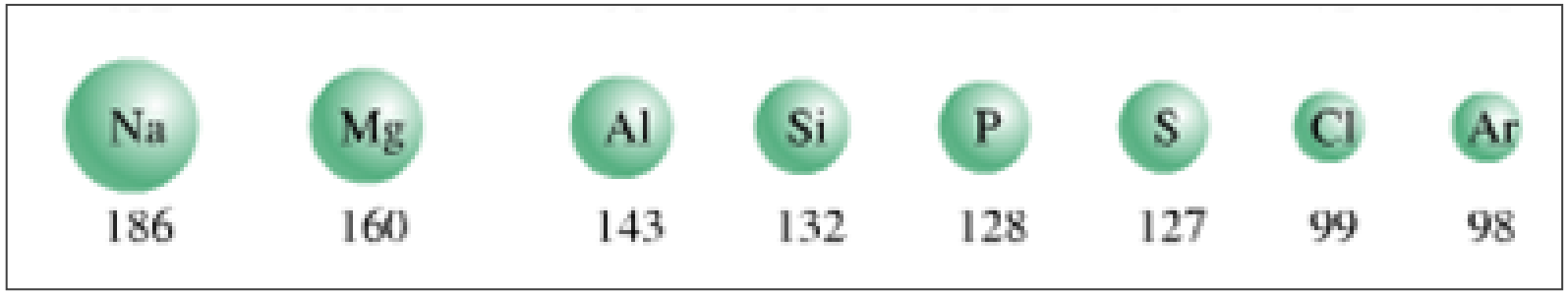
El radi atòmic augmenta amb el nombre atòmic (Z) a causa de l'**addició de nous nivells d'orbitals** (*la Z_{ef} no varia ja que augmenten tant el nombre atòmic com l'apantallament*).

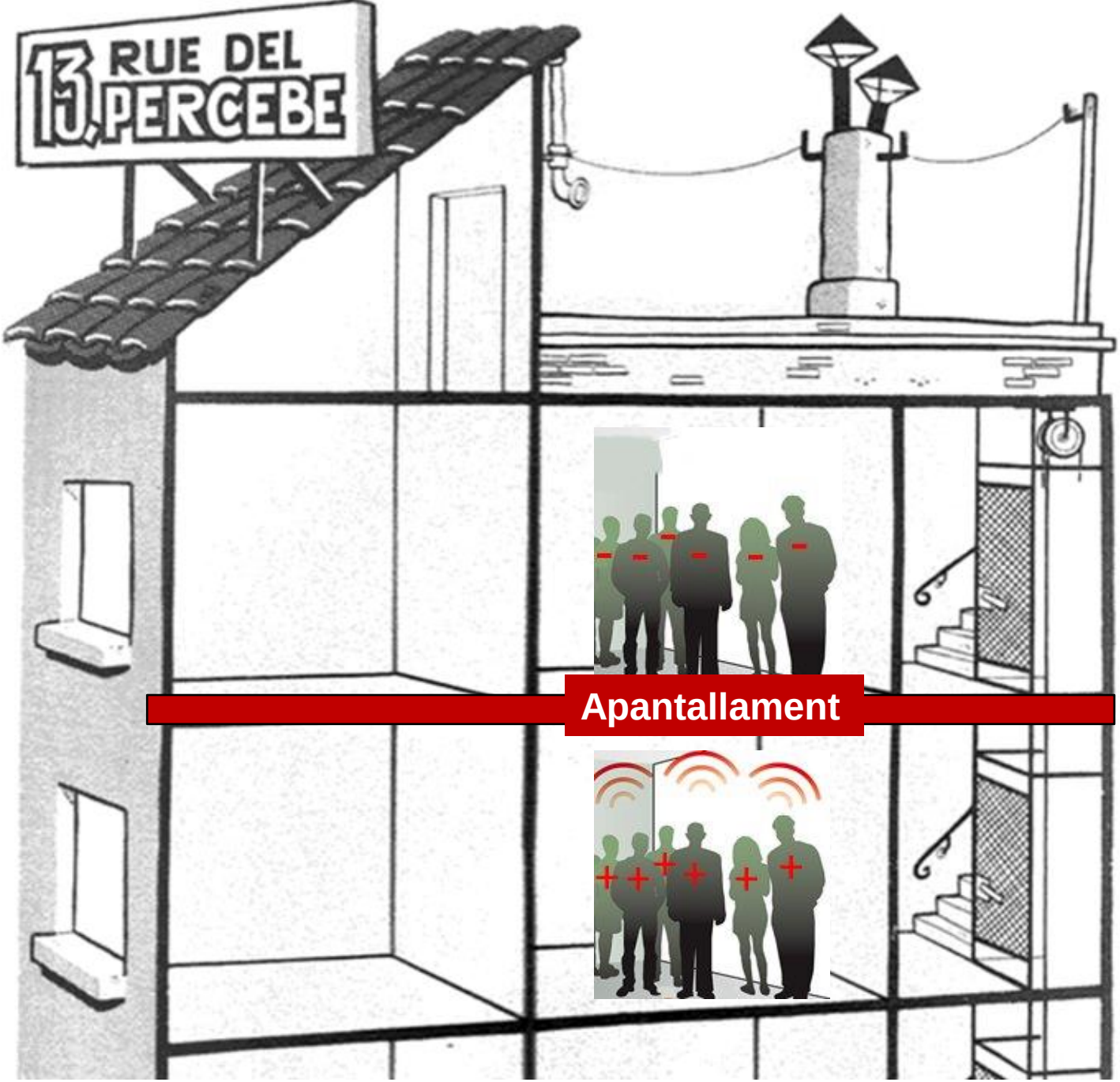
Radi atòmic Justificació de la variació

En un període

En un període el **radi atòmic disminueix d'esquerra a dreta** perquè **augmenta la càrrega nuclear efectiva** (*augmenta el nombre de protons del nucli però com els electrons es van situant en el nivell d'energia més alt no provoquen apantallament*). Per tant, com **augmenta Zef, augmenta la força d'atracció** que exerceix el nucli sobre els electrons de l'últim nivell i això provoca una **disminució del radi**.

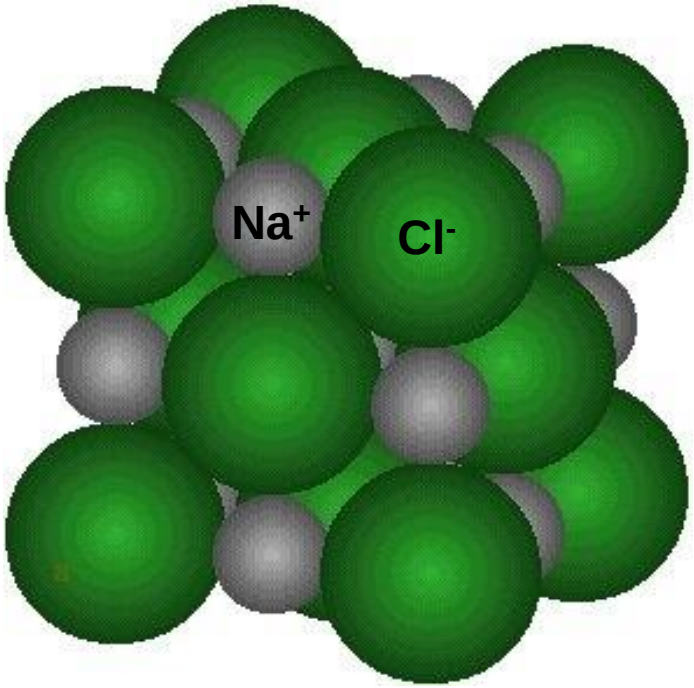
n = 3




13, RUE DEL PERCEBE
Apantallament

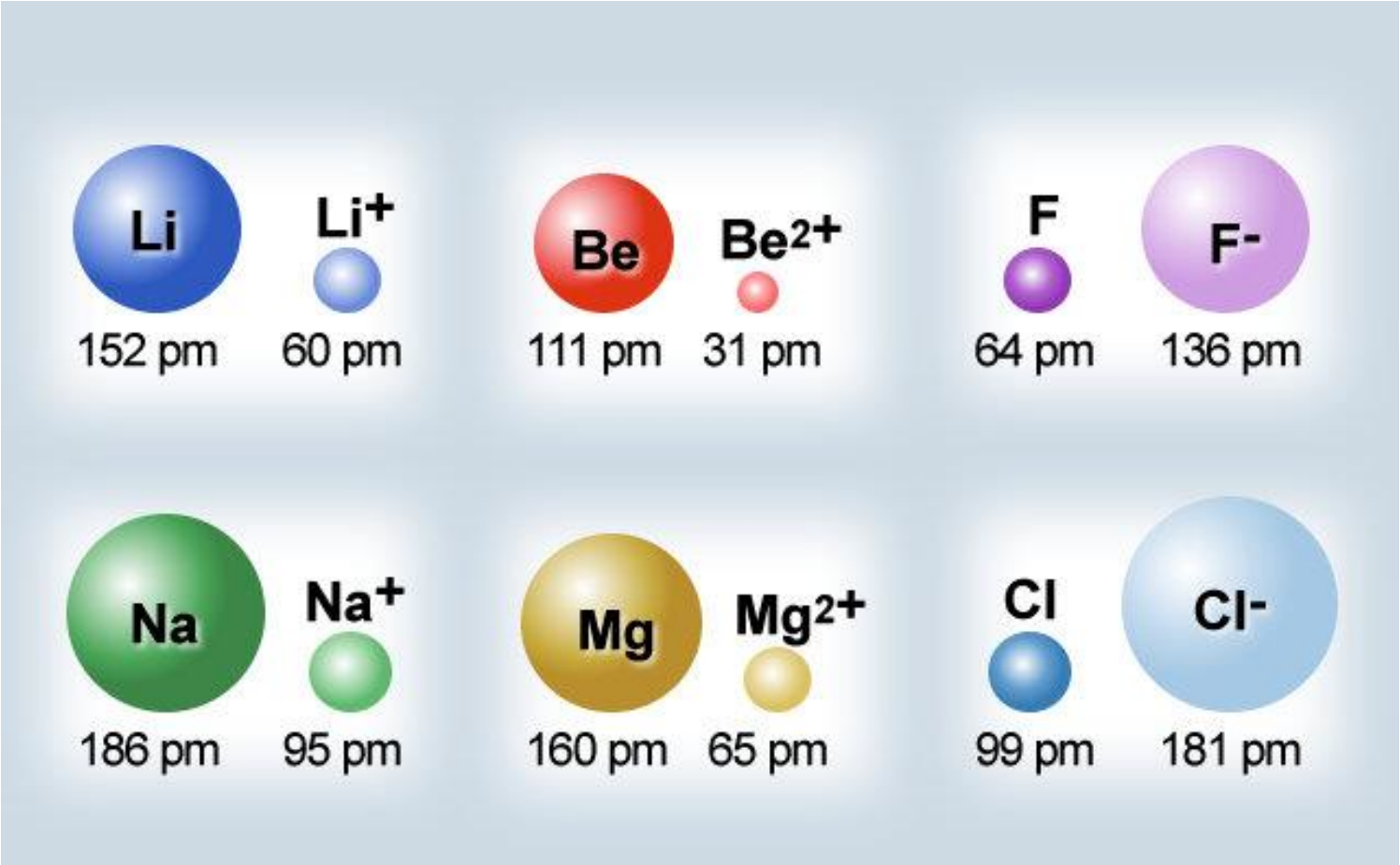
Radi iònic Definició

És el radi de l'ió resultant d'un àtom quan perd o guanya electrons i forma part d'una **xarxa cristal·lina iònica.**



Estructura cristal·lina del NaCl

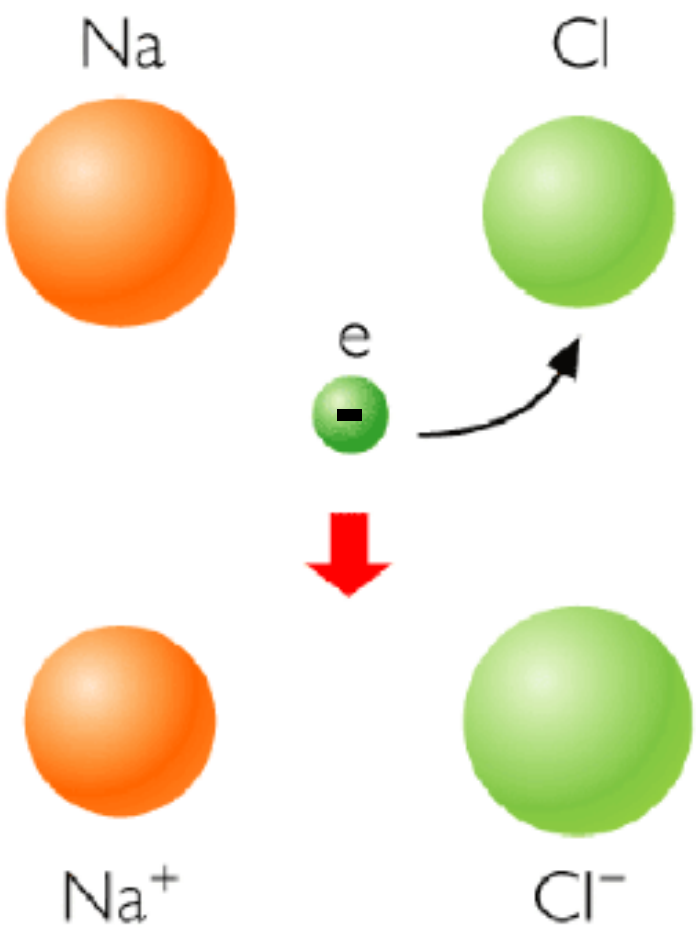
Radi iònic Variació



El radi d'un **anió** és sempre més gran que el de l'àtom neutre corresponent i el radi d'un **catió** és més petit.

Radi iònic Justificació de la variació

(Model àtomic de càrregues elèctriques)



Cations

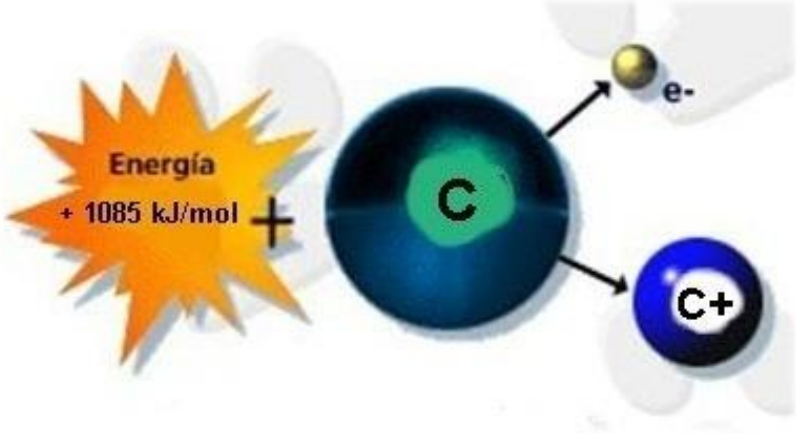
En perdre electrons, com el nombre de protons és el mateix, **augmenta la Zef i la força d'atracció** entre nucli i els electrons (això provoca una disminució del radi)

Anions

En guanyar electrons, com el nombre de protons és el mateix, **disminueix la Zef i la força d'atracció** entre nucli i els electrons (això provoca un augment del radi)

Energia d'ionització Definició

La **primera energia d'ionització** és l'energia necessària per **arrencar un electró** d'un àtom en fase gasosa i en el seu estat fonamental. És un valor experimental.



$$C\,(g) \rightarrow C^{+}(g) + e^{-} \qquad Ei_1 = +\,1085\ KJ/mol$$

Quan l'energia d'ionització s'expressa en **electró-volt (eV)** s'anomena **potencial d'ionització**

$$1\ eV = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ J$$

Energia d'ionització Variació periòdica

Si es poden arrencar més electrons es parla de **segona i tercera energia d'ionització**:

$C^{+}(g) \rightarrow C^{2+}(g) + e^{-}$ **Ei_2 = + 2350 KJ/mol**

$C^{2+}(g) \rightarrow C^{3+}(g) + e^{-}$ **Ei_3 = + 4614 KJ/mol**

Per què cada vegada és més gran el valor de les successives energies d'ionització d'un àtom?

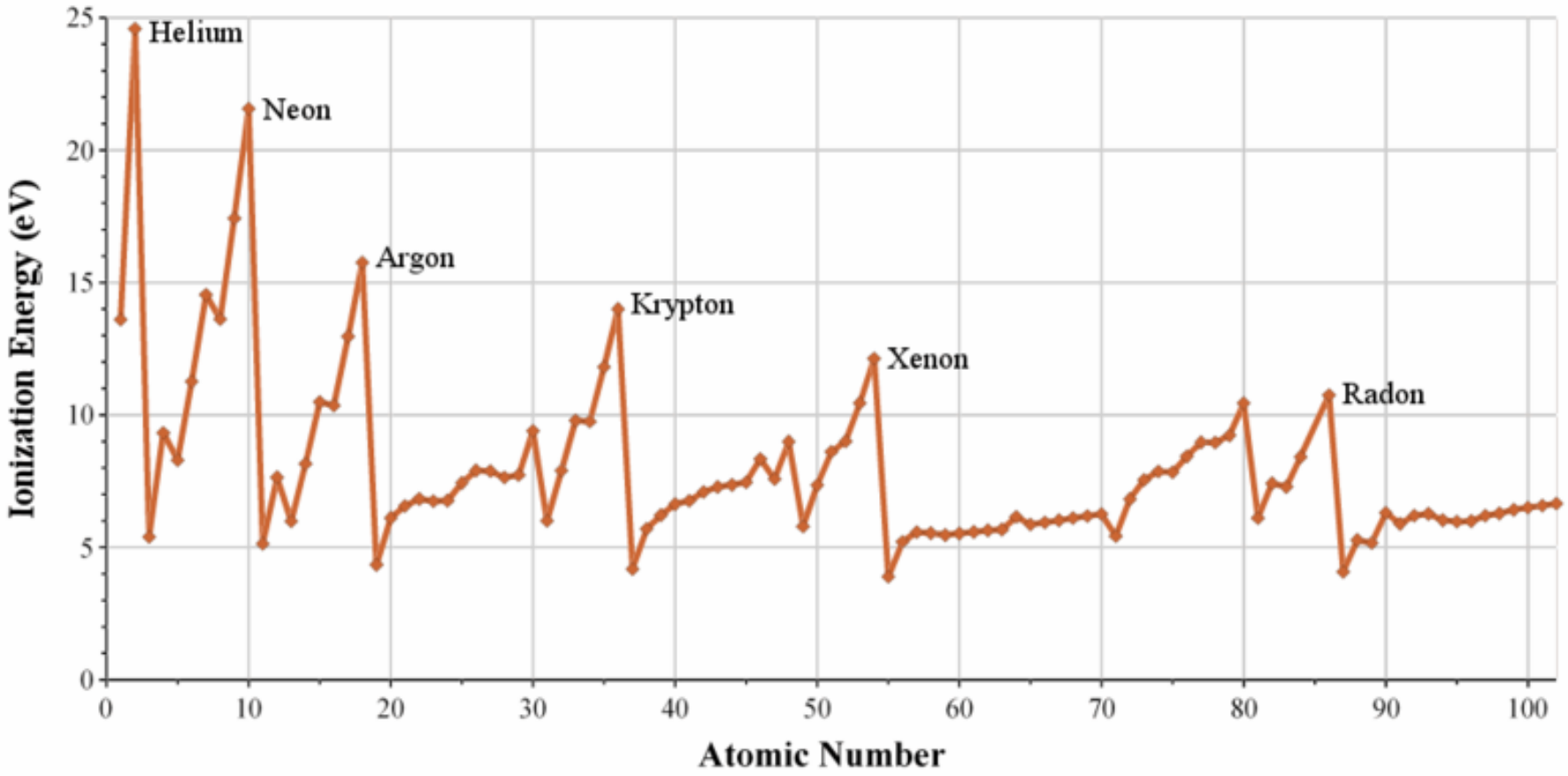
Energia d'ionització Variació periòdica

Augment Ei

H 1312																	He 2372
Li 520	Be 899											B 800	C 1086	N 1402	O 1313	F 1681	Ne 2080
Na 496	Mg 738											Al 577	Si 786	P 1012	S 1000	Cl 1251	Ar 1521
K 419	Ca 590	Sc 633	Ti 659	V 651	Cr 653	Mn 717	Fe 762	Co 760	Ni 737	Cu 745	Zn 906	Ga 579	Ge 762	As 947	Se 941	Br 1140	Kr 1351
Rb 403	Sr 549	Y 600	Zr 640	Nb 652	Mo 684	Tc 702	Ru 710	Rh 720	Pd 804	Ag 731	Cd 868	In 558	Sn 708	Sb 834	Te 869	I 1008	Xe 1170
Cs 376	Ba 503	Lu 523	Hf 658	Ta 761	W 770	Re 760	Os 840	Ir 880	Pt 870	Au 890	Hg 1007	Tl 589	Pb 715	Bi 703	Po 812	At 920	Rn 1037
Fr 380	Ra 509	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo

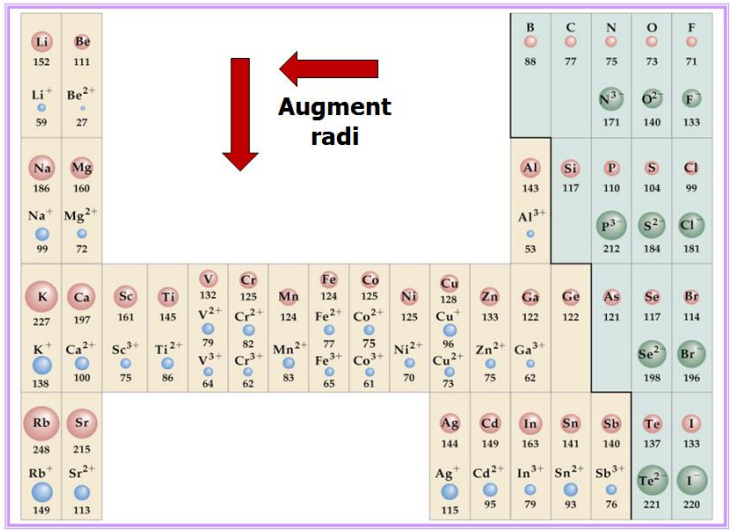
Valors de la primera energia d'ionització (kJ/mol)

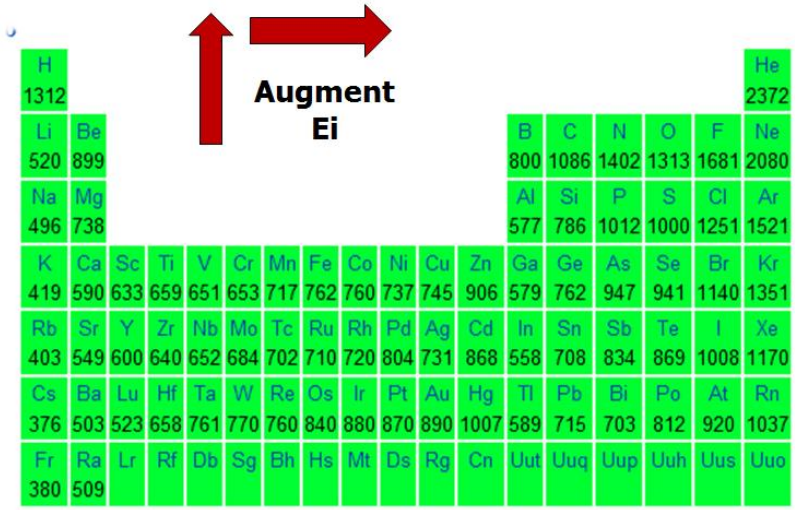
Energia d'ionització Variació periòdica



Variació de l'energia d'ionització amb el nombre atòmic

Energia d'ionització Justificació de la variació

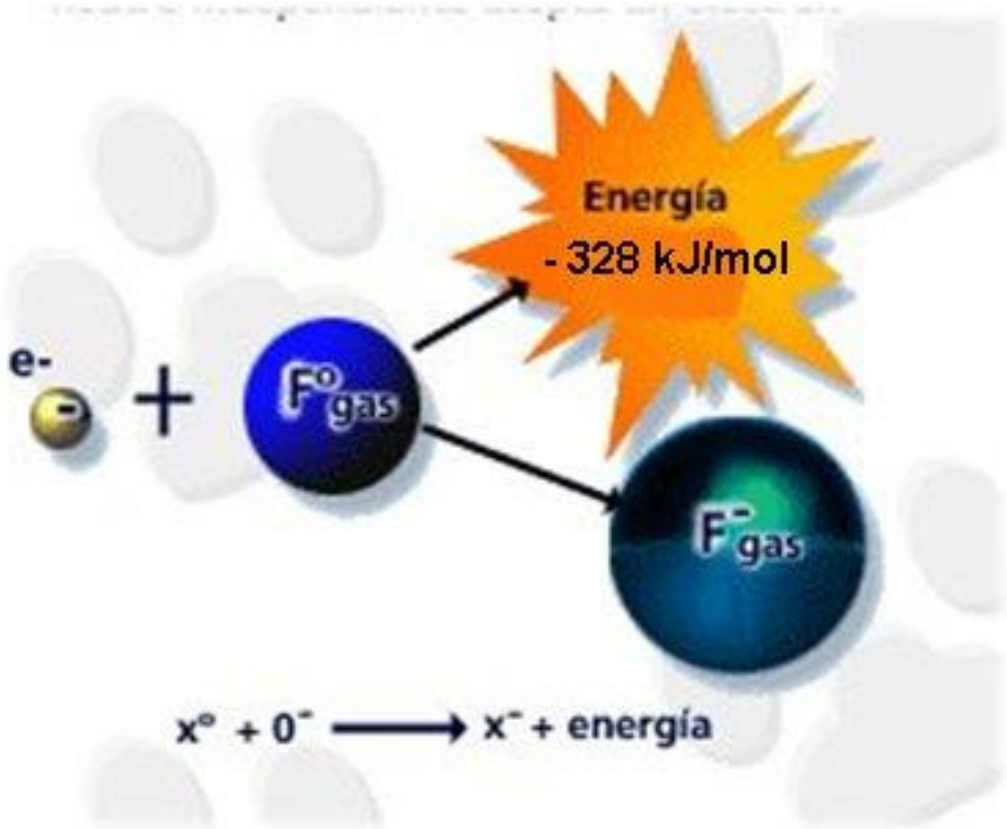




Quan més petit sigui el radi atòmic més a prop del nucli estarà l'electró, notarà més intensament la seva atracció i caldrà més energia per arrencar l'electró (**model atòmic de càrregues elèctriques).**

Per tant, **quan disminueix el radi atòmic augmenta l'energia d'ionització**

Afinitat electrònica Definició



L'**afinitat electrònica** o **electroafinitat** és l'energia intercanviada (normalment alliberada) quan un àtom neutre, en estat gasós i en el seu estat fonamental, capta un electró.

$$F\,(g) + e^- \rightarrow F^-\,(g) \qquad Ae = -\,328\ kJ/mol$$

Afinitat electrònica Variació periòdica

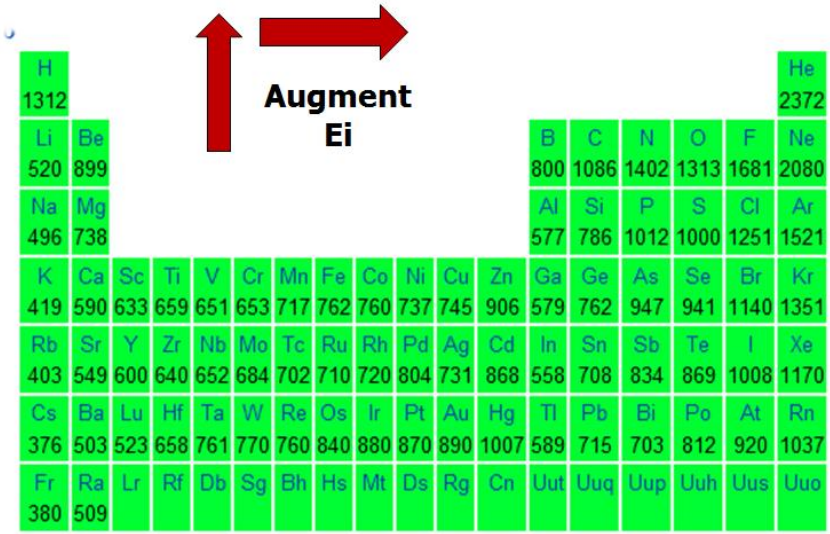
Augment

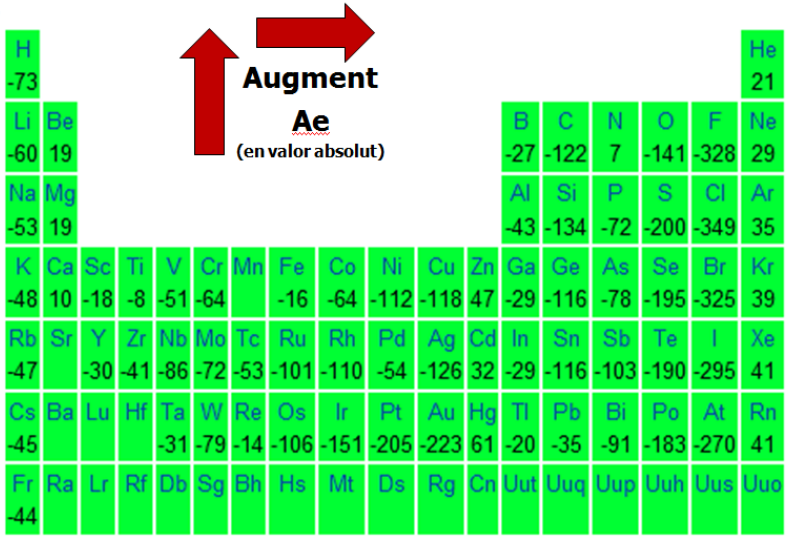
Ae

(en valor absolut)

H -73																	He 21
Li -60	Be 19											B -27	C -122	N 7	O -141	F -328	Ne 29
Na -53	Mg 19											Al -43	Si -134	P -72	S -200	Cl -349	Ar 35
K -48	Ca 10	Sc -18	Ti -8	V -51	Cr -64	Mn	Fe -16	Co -64	Ni -112	Cu -118	Zn 47	Ga -29	Ge -116	As -78	Se -195	Br -325	Kr 39
Rb -47	Sr	Y -30	Zr -41	Nb -86	Mo -72	Tc -53	Ru -101	Rh -110	Pd -54	Ag -126	Cd 32	In -29	Sn -116	Sb -103	Te -190	I -295	Xe 41
Cs -45	Ba	Lu	Hf	Ta -31	W -79	Re -14	Os -106	Ir -151	Pt -205	Au -223	Hg 61	Tl -20	Pb -35	Bi -91	Po -183	At -270	Rn 41
Fr -44	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo

Afinitat electrònica Justificació de la variació



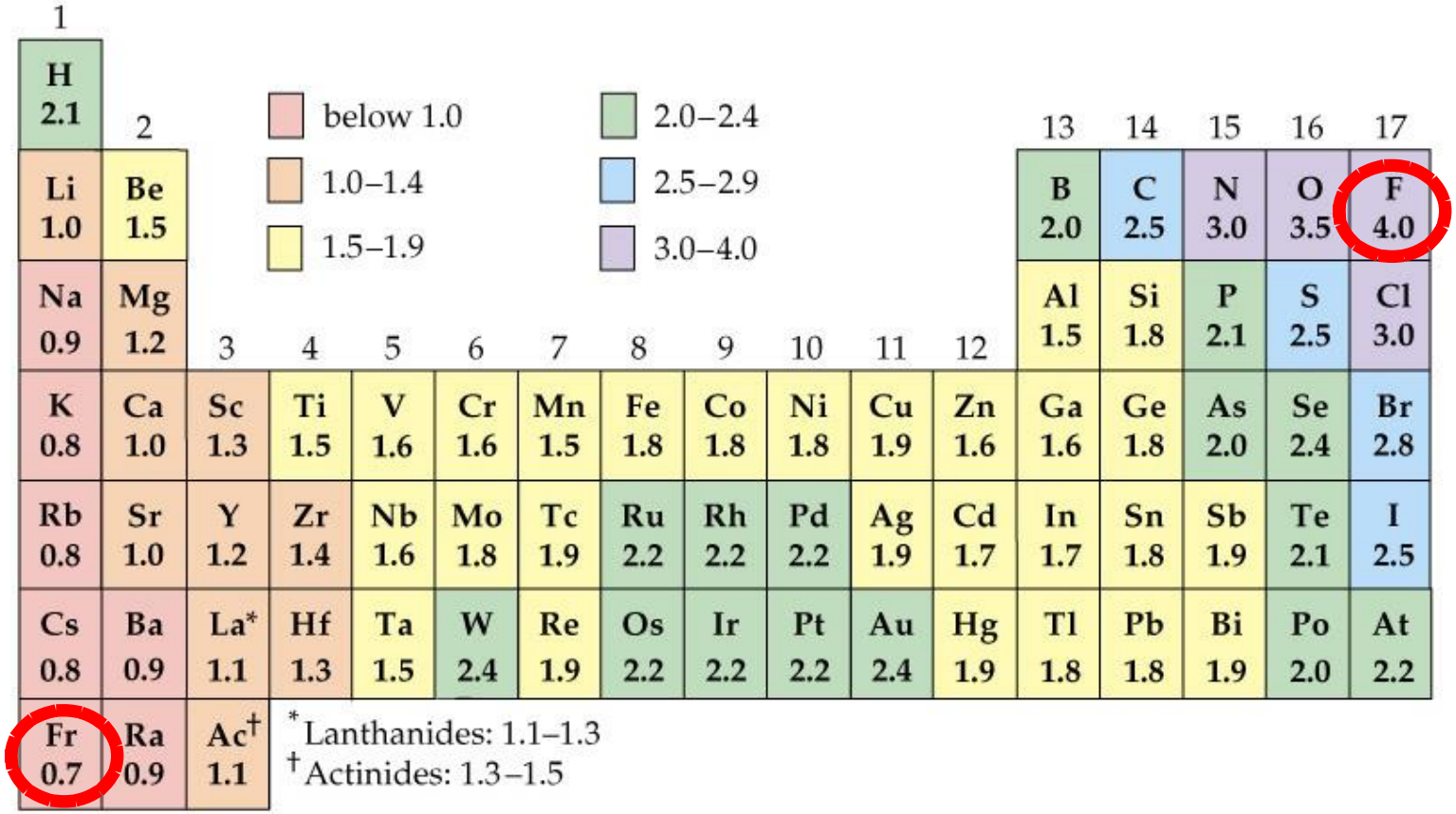


L'afinitat electrònica varia, en valor absolut, **de la mateixa manera que l'energia d'ionització** (si cal molta energia per arrencar un electró d'un àtom, també s'alliberarà molta energia quan l'àtom capti aquest electró)

Electronegativitat Definició

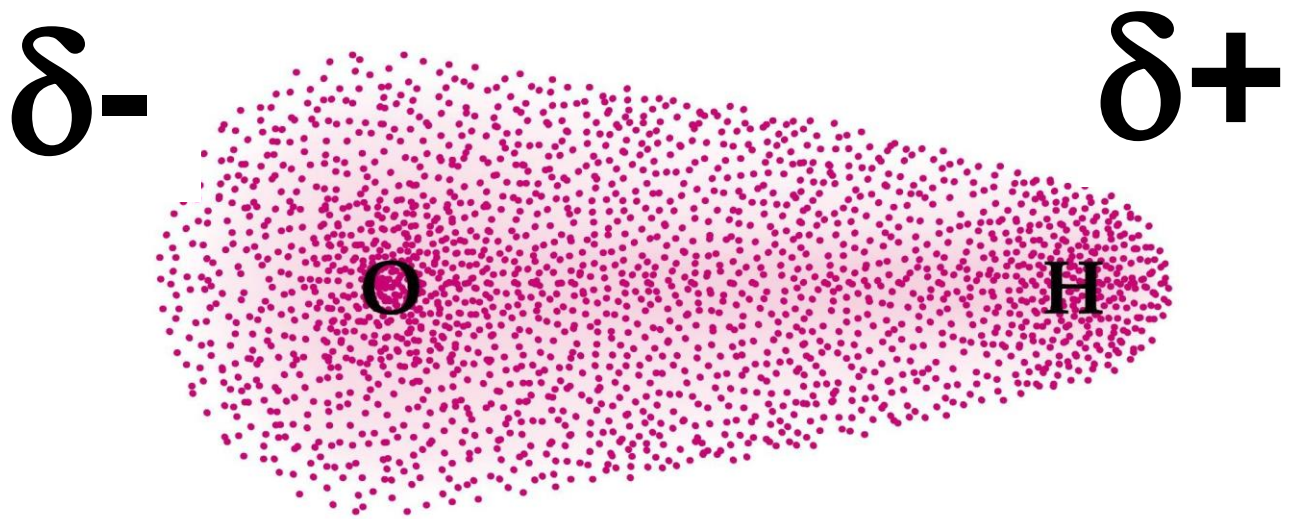
L'**electronegativitat** mesura la tendència d'un àtom a atreure els electrons quan s'enllaça amb altres àtoms.

Per mesurar l'electronegativitat s'utilitza l'**escala de Pauling.**



Electronegativitat Definició

Si els àtoms units per un **enllaç covalent** tenen diferent **electronegativitat** la **densitat electrònica** es concentra al voltant de l'àtom més electronegatiu.



Electronegativitat: 3.5 2.1

Electronegativitat Variació periòdica

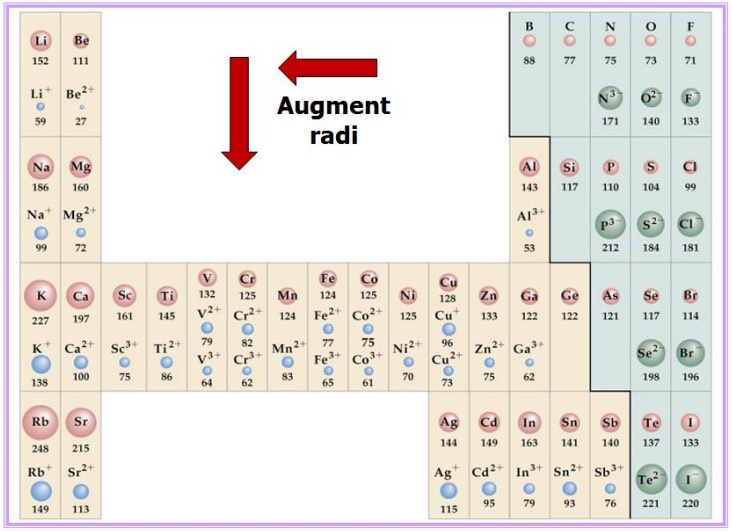
Augment electronegativitat

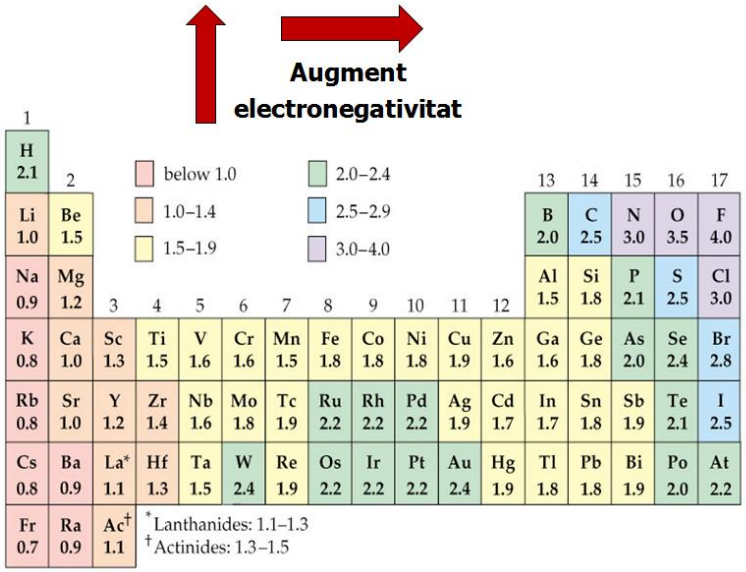
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
H 2.1																
Li 1.0	Be 1.5											B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0
Na 0.9	Mg 1.2											Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0
K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.8	Ni 1.8	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8
Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5
Cs 0.8	Ba 0.9	La* 1.1	Hf 1.3	Ta 1.5	W 2.4	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.8	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2
Fr 0.7	Ra 0.9	Ac† 1.1														

below 1.0
1.0–1.4
1.5–1.9
2.0–2.4
2.5–2.9
3.0–4.0

*Lanthanides: 1.1–1.3
†Actinides: 1.3–1.5

Electronegativitat Justificació de la variació



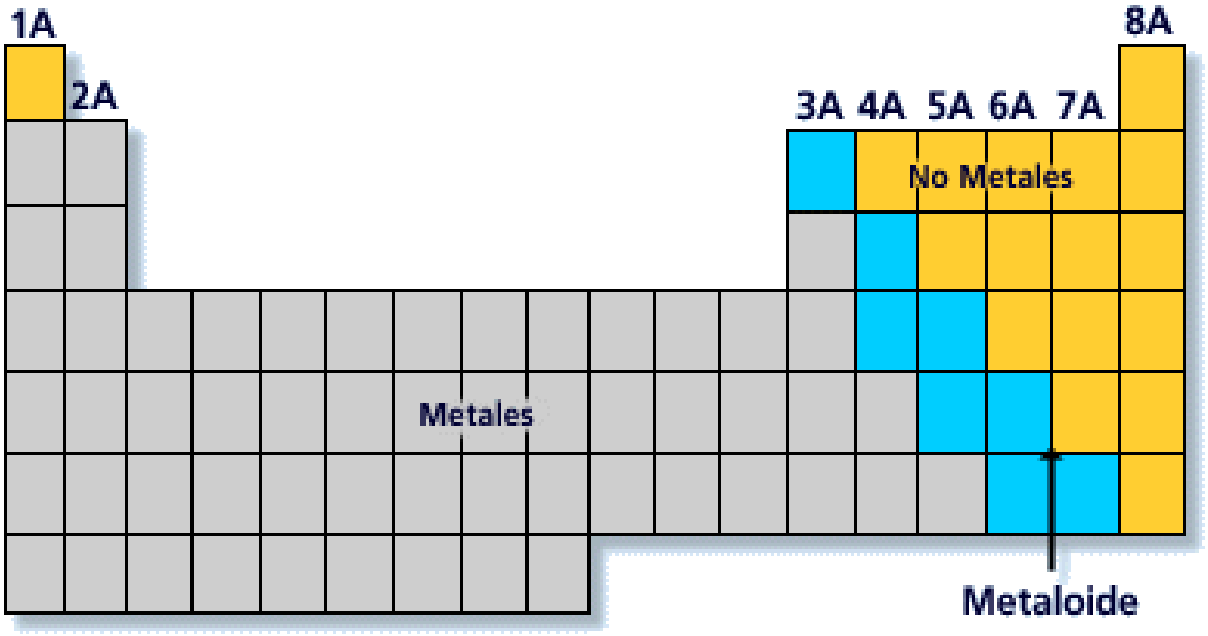


Quan més petit sigui el radi atòmic, més gran és l'atracció que exerceix el nucli sobre els electrons i per tant **més gran serà l'electronegativitat** (tendència de l'àtom a atraure els electrons en un enllaç)

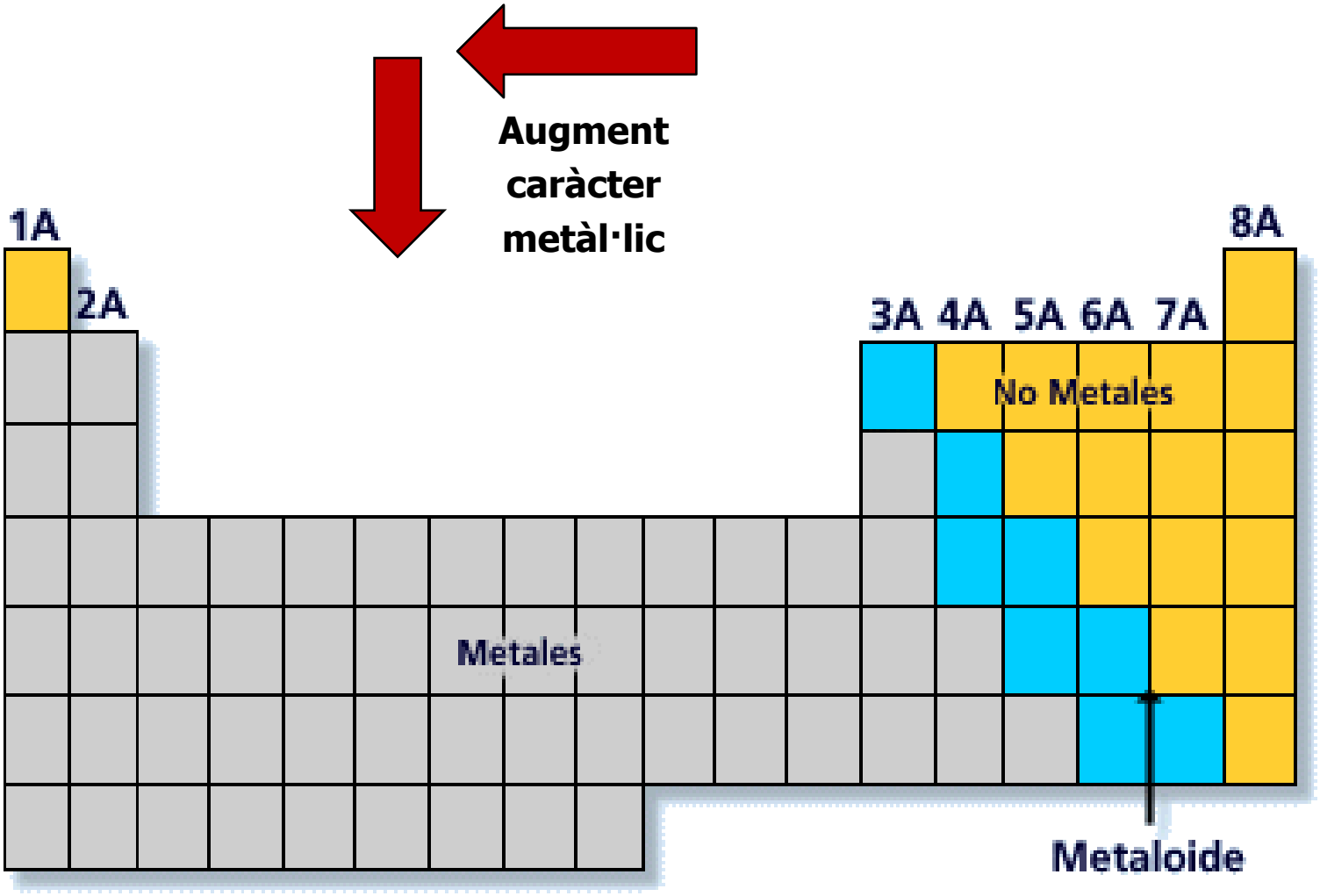
Caràcter metàl·lic Definició

Els elements **metàl·lics** tenen tendència a perdre electrons amb facilitat i formen **cations.**

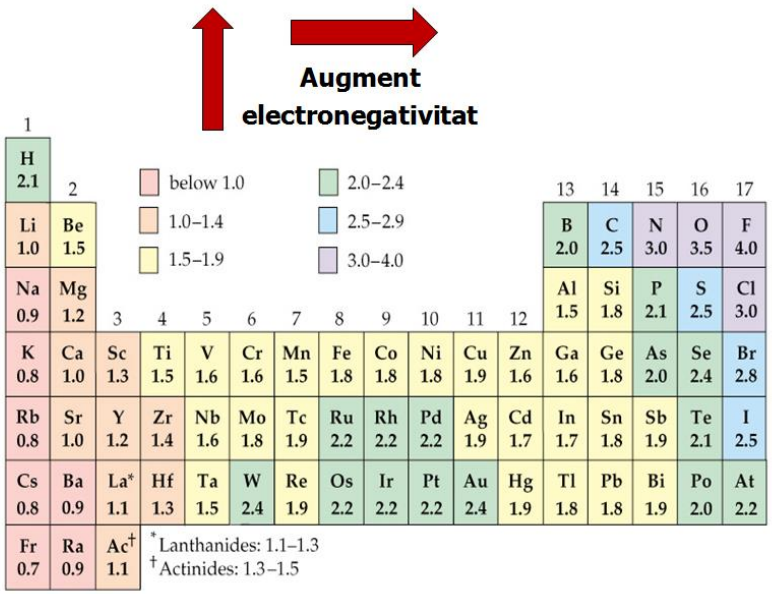
Els **no metalls** normalment tendeixen a captar electrons i es converteixen en **anions.**

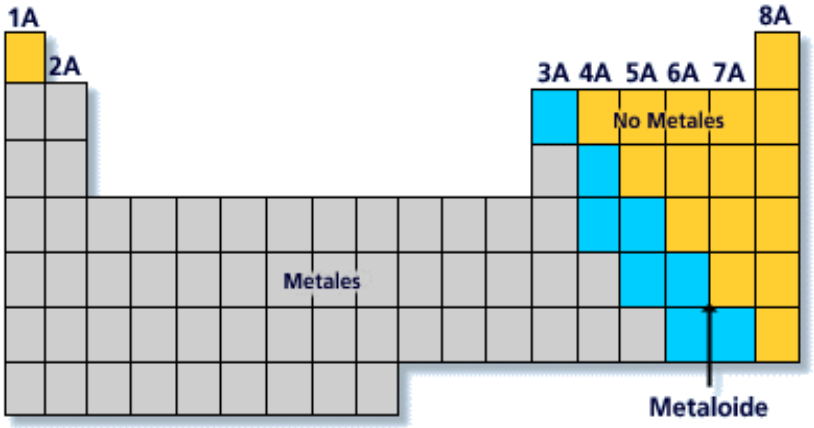


Caràcter metàl·lic Variació periòdica



Caràcter metàl·lic Justificació de la variació





Els **metalls** tenen valors d'electronegativitat baixos, són **electropositius** (estan situats a la part esquerra de la taula periòdica)

Els **no metalls** són elements **electronegatius** (part dreta de la taula periòdica).

José Ángel Hernández Santadaría
jherna24@xtec.cat

"La taula periòdica" de José Ángel Hernández Santadaría està subjecta a una llicència de Reconeixement-NoComercial 3.0 No adaptada de Creative Commons