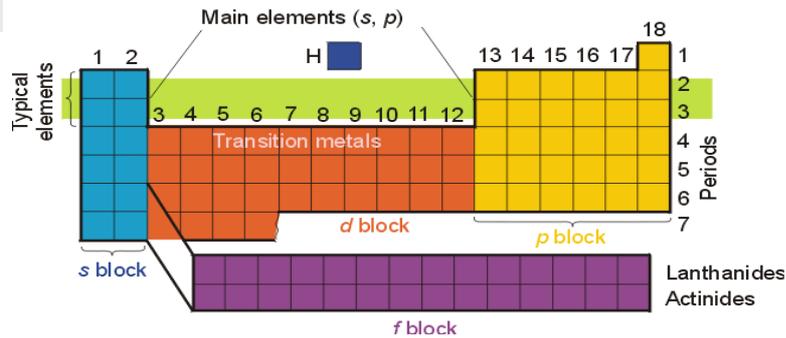
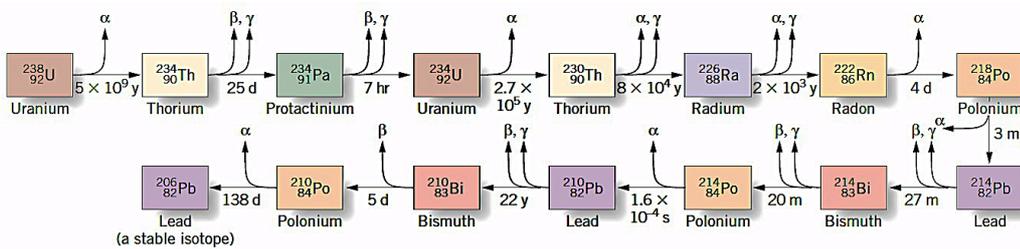




Facultat de Química



Tema 1: Los Elementos Químicos



(adaptada de: N.D. Jespersen, J.E. Brady, A. Hyslop, *Chemistry: The Molecular Nature of Matter*, 6th ed, Wiley, 2012)

Prof. Responsable: José María Moratal Mascarell. Catedrático de Química Inorgánica (jose.m.moratal@uv.es)



Facultat de Química

Tema 1. Los Elementos Químicos

Índice

- 1. Introducción
- 2. Sistema Periódico: Estructuración
 - 1. Períodos, Grupos y Bloques
 - 2. Presentando los elementos químicos
- 3. Elementos Naturales y Sintéticos
- 4. Estabilidad y abundancia de los Elementos
 - 1. Isótopos y radiactividad
 - 2. Estabilidad de los Elementos
 - 3. Abundancia de los Elementos
- 5. Clasificación de los Elementos
 - 1. Estado físico a TPEA (25 °C, 100 kPa)
 - 2. Carácter Metálico
- 6. Objetivos formativos de la Química Inorgánica-I

1. Introducción

La ley periódica

- **1) Dimitri Mendeleev, 1869:**
 - Si los elementos se disponen en orden creciente de sus “*masas atómicas*”, diversas propiedades se repiten periódicamente (TP con 63 elementos)
 - *predijo 10 elementos no conocidos y sus propiedades*
 - problema → Co ($A_r = 58,93$)/Ni ($A_r = 58,69$), Te/I,.. (*)
- **2) ¿A quién se debe la Tabla Periódica actual?**
 - **Henry G. J. Moseley (1913):** *la ordenación correcta de los elementos es por su número atómico (Z) (**)*
 - *las propiedades semejantes se repiten periódicamente cuando los elementos se organizan en orden creciente de su número atómico*
- **3) La distribución de los elementos, en la Tabla Periódica actual, se basa en sus configuraciones electrónicas.**
 - *Las configuraciones electrónicas presentan muchas regularidades a lo largo de los períodos y grupos.*
 - *Ciertas propiedades de los átomos varían de forma regular y sistemática en función del nº de electrones.*



H. Moseley; murió a los 28 años en Gallípoli, Turquía (1887-1915)

(*) debido a los isótopos

(**) no se conocían las configuraciones electrónicas

3

2. Sistema Periódico: Estructuración

¿Por qué es importante conocer la tabla periódica?

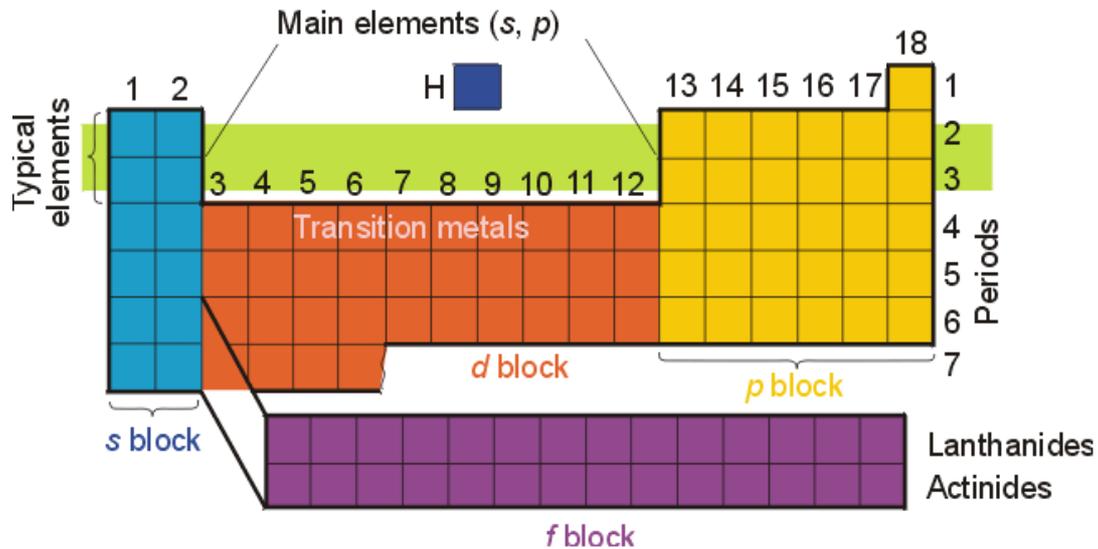
Tabla Periódica
Moderna

1. Períodos, Grupos y Bloques

(tres palabras clave)

4

2. Sistema Periódico: Estructuración



Grupos: columnas 1-18

Periodos: filas 1-7

Bloques: s, p, d, f

¿ grupo 12 ?

¿es fácil construir el "esquema" de la Tabla Periódica?
SI, (si conocemos el orden de llenado de los orbitales)

7

1. Períodos, Grupos y Bloques

¿Cuál es el orden de llenado?

- Regla nemotécnica (n+l) creciente

$n \setminus l$	0	1	2	3	4	• n° período	orbitales
1	1s	--	--	--	--	• 1°	1s /
2	2s	→ 2p	--	--	--	• 2°	2s, 2p /
3	3s	→ 3p	3d	--	--	• 3°	3s, 3p /
4	4s	→ 4p	4d	4f	--	• 4°	4s, 3d, 4p /
5	5s	→ 5p	5d	5f	5g	• 5°	5s, 4d, 5p /
6	6s	→ 6p	6d	6f	6g ...	• 6°	6s, 4f, 5d, 6p /
7	7s	→ 7p	7d	7f ...		• 7°	7s, 5f, 6d, 7p /

8

1. Períodos, Grupos y Bloques

¿Cuál es el orden de llenado?

- **Regla nemotécnica (n+l) creciente**
 - Cada diagonal une los orbitales de igual (n+l)
 - Para el mismo (n+l) ¿cuál se llena antes?
 - el orbital de menor n
 - Cada período empieza con el llenado del orbital s y termina con los orbitales p (excepto el 1er período)

<u>n° período</u>	<u>orbitales que se llenan</u>
• 1°	1s /
• 2°	2s, 2p /
• 3°	3s, 3p /
• 4°	4s, 3d, 4p /
• 5°	5s, 4d, 5p /
• 6°	6s, 4f, 5d, 6p /
• 7°	7s, 5f, 6d, 7p /

Ordenación de los elementos por su configuración electrónica

Main-group elements																					
s block		Transition elements														p block					
1	2															13	14	15	16	17	18
1s																		2p			1s
H	He															B	C	N	O	F	Ne
3	4															5	6	7	8	9	10
2s																		3p			
Li	Be															13	14	15	16	17	18
11	12															Al	Si	P	S	Cl	Ar
3s																		4p			
Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	31	32	33	34	35	36				
19	20															Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
4s																		5p			
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	49	50	51	52	53	54				
37	38															In	Sn	Sb	Te	I	Xe
5s																		6p			
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	81	82	83	84	85	86				
55	56															Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
6s																					
Cs	Ba	La*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg										
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112										
7s																					
Fr	Ra	Ac†	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn										
7p																					
f block																					
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71								
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu								
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103								
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr								

2. Presentando los elementos químicos

2. Sistema Periódico ...

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen 1.00794, 1.00812																	2 He helium 4.0026
3 Li lithium 6.941	4 Be beryllium 9.0122											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											13 Al aluminum 26.982	14 Si silicon 28.086	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06	17 Cl chlorine 35.45	18 Ar argon 39.948
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546	30 Zn zinc 65.38	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971	35 Br bromine 79.904	36 Kr krypton 83.798
37 Rb rubidium 85.468	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	44 Ru ruthenium 101.072	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.603	53 I iodine 126.905	54 Xe xenon 131.29
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.492	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.233	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganeson



57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.362	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.252	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 28 November 2016. Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

¡¡ Hay que saber el nombre y el símbolo de todos los elementos químicos !! (hasta Z=112, Cn) y la ubicación de los elementos representativos y de la 1ª (QI-I), 2ª y 3ª series de transición (QI-II)

11

7º período

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

7º	Fr	Ra	Ac*	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
----	----	----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

<u>Z</u>	<u>Nombre</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Z</u>	<u>Nombre</u>	<u>Símbolo</u>
104	Rutherfordio	Rf	113	Nihonio	Nh
105	Dubnio	Db	114	Flerovio	Fl
106	Seaborgio	Sg	115	Moscovio	Mc
107	Bohrio	Bh	116	Livermorio	Lv
108	Hassio	Hs	117	"Tennesine"	Ts
109	Meitnerio	Mt	118	"Oganesson"	Og
110	Darmstadtio	Ds			
111	Roentgenio	Rg			
112	Copernicio	Cn			

12

- ¿de qué dependen las propiedades químicas de los elementos?
 - electrones de la corteza
 - carga nuclear
- características nucleares (n, p) determinan:
 - existencia de diversos isótopos
 - inestabilidad radiactiva de determinados núcleos
- definición de isótopo (Chadwick, 1931):
 - átomos de un mismo elemento (idéntico Z) con diferente masa atómica
 - ¿a qué se debe la diferencia en masa?
 - » n° de neutrones
 - C (Z = 6): 3 isótopos naturales
 - » ^{12}C (abundancia 98,9%)
 - » ^{13}C (1,1%)
 - » ^{14}C (trazas) Isótopo natural radiactivo: vida media 5715 años

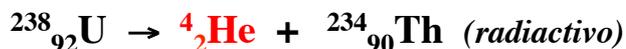


J. Chadwick
(1891-1974)



^{14}C se forma continuamente debido a la incidencia de los rayos cósmicos: $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{H}$ 15

- consecuencia de la inestabilidad de ciertos núcleos
 - decaen en átomos más estables emitiendo partículas de alta energía
- Tipo de Emisión:
 - Alfa (α) : emisión de núcleos de helio cargados positivamente, $^4_2\text{He}^{2+}$ (2 p, 2 n)



Ac	Th	Pa	^{92}U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
----	----	----	-----------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

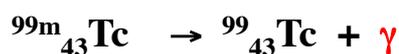
- Beta (β) : emisión de partículas cargadas negativamente (electrones) (*)



K	Ca
Rb	Sr
Cs	Ba

- Gamma (γ): Radiación de alta energía que suele acompañar a las desintegraciones alfa y beta. No tiene carga

– $^{99\text{m}}\text{Tc}$: uso en radiodiagnóstico ($t_{1/2} = 6$ horas)



(*) emisión β implica que un neutrón \rightarrow protón+electrón (luego M=cte, pero Z aumenta en 1)

Nota sobre ^{99m}Tc → es un isómero nuclear del $^{99}_{43}\text{Tc}$

• **Síntesis del ^{99m}Tc :**

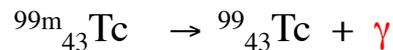
- se bombardea con neutrones el Mo-98 no radiactivo



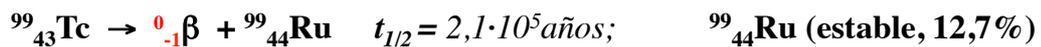
- $^{99}_{42}\text{Mo}$ emite partícula Beta (β) → $^{99m}_{43}\text{Tc}$ que es un núcleo de Tc excitado



- el protón resultante de la emisión β (desde un neutrón) está excitado y emite radiación con lo cual se desexcita dando $^{99}_{43}\text{Tc}$



- la emisión de radiación γ es la que se usa en radiodiagnóstico
- $^{99}_{43}\text{Tc}$ tiene una vida media lo suficientemente larga para que el nivel de radiación sea muy bajo y, en exposición breve, su peligrosidad sea baja



4. Los Elementos

1. Velocidad de desintegración radiactiva

- **desintegración radiactiva → proceso de 1er orden determinado por la ley:**

$$N_t = N_0 \cdot e^{-kt} \quad (*)$$

$$\ln N_t = \ln N_0 - k \cdot t$$

- N_0 : número de núcleos radiactivos al inicio ($t = 0$)
- N_t : número de núcleos que quedan a un tiempo t
- k : constante que da la probabilidad de decaimiento por unidad de tiempo

- **Periodo de semidesintegración (vida media) $t_{1/2}$:**

- tiempo necesario para que se desintegren la mitad de los núcleos iniciales
- $N_{t_{1/2}} = (1/2) N_0$

$$t_{1/2} = (\ln 2)/k = 0,693/k$$

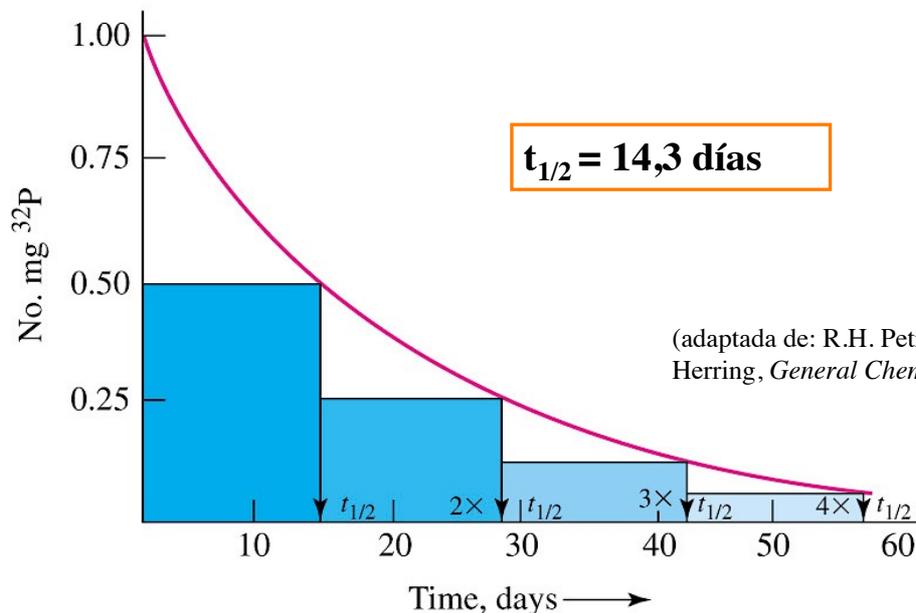
1. Velocidad de desintegración radiactiva

4. Los Elementos

- los elementos químicos *tienen* isótopos radiactivos

- mayoría de isótopos radiactivos $\rightarrow t_{1/2}$ tan pequeño que **no** se encuentran en la naturaleza

Radioactive Decay of a Hypothetical $^{32}_{15}\text{P}$ Sample



19

4. Los Elementos

1. Velocidad de desintegración radiactiva

- Fósforo

- el único isótopo estable del Fósforo es $^{31}_{15}\text{P}$ (abundancia 100%)
- el fósforo $^{32}_{15}\text{P}$ es radiactivo y de vida media muy corta
– *es un isótopo artificial*

Radioactive Decay of a ^{32}P Sample

nº semidesintegración	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
fracción de núcleos (N/N_0) remanentes (o de masa)	1/2	1/2(1/2)	1/8	1/16	1/32	1/64
	1/2	(1/2) ²	(1/2) ³	(1/2) ⁴	(1/2) ⁵	(1/2) ⁶

20

Table I.6 Some radioactive elements in the environment, classified in the last column as follows: L, long-lived isotope present in significant natural abundance; S, short-lived isotope produced naturally in radioactive decay or by cosmic-ray bombardment; A, artificially produced isotope. Only a selection of the most important isotopes in each category is included

EC: electron capture

Element	Isotope	Decay mode	Half-life	Class
H	^3H (T)	β	12.3 years	S, A
C	^{14}C	β	5730 years	S, A
K	^{40}K	β , EC	1.25×10^9 years	L
Co	^{60}Co	β	5.3 years	A
Kr	^{85}Kr	β	10.8 years	A
Rb	^{87}Rb	β	4.9×10^{10} years	L
Sr	^{89}Sr	β	51 d	A
	^{90}Sr	β	28 years	A
Tc	^{99}Tc	β	2.1×10^5 years	A
I	^{129}I	β	1.7×10^7 years	A
	^{131}I	β	8.0 d	A
Xe	^{133}Xe	β	5.2 d	A
Cs	^{137}Cs	β	30 years	A
Rn	^{222}Rn	α	3.8 d	S
Ra	^{226}Ra	α	1600 years	S
Th	^{232}Th	α	1.4×10^{10} years	L
U	^{235}U	α	7.0×10^8 years	L
	^{238}U	α	4.5×10^9 years	L
Pu	^{239}Pu	α	2.4×10^4 years	A
	^{240}Pu	α	6.6×10^3 years	A
Am	^{241}Am	α	433 years	A
Cm	^{244}Cm	α	18 years	A

Th (Z = 90)
U (Z = 92)

TABLE 26.1 Some Representative Half-Lives

Nuclide	Half-Life ^a	Nuclide	Half-Life ^a	Nuclide	Half-Life ^a
^3_1H	12.26 y	$^{40}_{19}\text{K}$	1.25×10^9 y	$^{214}_{84}\text{Po}$	1.64×10^{-4} s
$^{14}_6\text{C}$	5730 y	$^{80}_{35}\text{Br}$	17.6 min	$^{222}_{86}\text{Rn}$	3.823 d
$^{13}_8\text{O}$	8.7×10^{-3} s	$^{90}_{38}\text{Sr}$	27.7 y	$^{226}_{88}\text{Ra}$	1.60×10^3 y
$^{28}_{12}\text{Mg}$	21 h	$^{131}_{53}\text{I}$	8.040 d	$^{234}_{90}\text{Th}$	24.1 d
$^{32}_{15}\text{P}$	14.3 d	$^{137}_{55}\text{Cs}$	30.23 y	$^{238}_{92}\text{U}$	4.51×10^9 y
$^{35}_{16}\text{S}$	88 d				

^as, second; min, minute; h, hour; d, day; y, year.

(adaptada de: R.H. Petrucci, W.S. Harwood, G.E. Herring, *General Chemistry*, 8th ed, Prentice-Hall, 2002)

2. Estabilidad de los Elementos

- número de elementos estables limitado
- núcleo atómico → protones que se repelen
- neutrones → separan las cargas positivas protónicas
 - apantallan las repulsiones p-p
- neutrones → proporcionan una fuerza de enlace nuclear p-n
 - formando una unidad estable
 - sin los neutrones el núcleo *estallaría ¿por qué?*
 - debido a las fuerzas repulsivas entre protones \oplus
- al aumentar el n° de protones → se requiere mayor n° de neutrones.
 - cuanto mayor sea el número de protones *mucho mayor* debe ser el de neutrones

25

2. Estabilidad de los Elementos

- a mayor número de protones *mucho mayor* debe ser el de neutrones
- para los elementos ligeros (hasta $Z \approx 20$) $N \approx Z$:
 - ${}^4_2\text{He}$, ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{28}_{14}\text{Si}$, ${}^{40}_{20}\text{Ca}$
- para Z más alto, se necesita un mayor número de neutrones (mayor n/p)
 - debido al aumento de las fuerzas repulsivas p-p
 - último núclido estable ${}^{209}_{83}\text{Bi}$, $n/p \approx 1,5$
- núclidos con $Z > 83$ → inestables independientemente del n° de neutrones
 - n° de cargas \oplus demasiado grande para mantener estabilidad del núcleo
 - » predominan las fuerzas repulsivas
 - » todos los núclidos con $Z > 83$ son radiactivos

elemento	protones	neutrones	relación n/p
H	1	0	0,0
He	2	2	1,0
C	6	6	1,0
Fe	26	30	1,2
I	53	74	1,4
Pb	82	126	1,5
Bi	83	126	1,5
U(*)	92	146	1,6

(*) U: todos sus isótopos son radiactivos

26

2. Estabilidad de los Elementos

- hay 273 núclidos estables (incluido ^1_1H).
- mayor nº núclidos estables con Z y N **pares**
- **escaso nº núclidos estables con Z y N impares (4):**
 - ^2_1H , ^6_3Li , $^{10}_5\text{B}$, $^{14}_7\text{N}$
- **elementos con Z par**
 - **varios isótopos estables**
- **elementos con Z impar**
 - **sólo 1 o 2 isótopos estables**
- **Sn ($Z = 50$), tiene el mayor número de isótopos estables (10)**
- **Sb ($Z = 51$), sólo 2 isótopos estables**
- **Cs ($Z = 55$), sólo 1 isótopo estable**
- **Ba ($Z = 56$), 7 isótopos estables**

Total $272 + (^1_1\text{H}) = 273$ núclidos, de los cuales 218 tienen $Z = \text{par}$ (even)

27

4. Los Elementos

TABLE 26.3 Distribution of Naturally Occurring Stable Nuclides

Combination	Number of Nuclides
Z even– N even	163
Z even– N odd	55
Z odd– N even	50
Z odd– N odd	4

(adaptada de: R.H. Petrucci, W.S. Harwood, G.E. Herring, *General Chemistry*, 8th ed, Prentice-Hall, 2002)

2. Estabilidad de los Elementos

4. Los Elementos

- **Modelo mecanocuántico del núcleo (modelo en capas)**
 - **protones y neutrones distribuidos en niveles de energía.**
 - **protones y neutrones ocupan los respectivos niveles**
- **niveles cuánticos llenos contienen 2, 8, 20, 28, 50, 82 y 114/126 nucleones de un tipo**
 - **números mágicos**
- **estabilidad singular del núclido cuando la capa nuclear está completa**
 - **niveles llenos de nucleones confieren estabilidad al núcleo**
 - **Sn ($Z = 50$) el mayor nº de isótopos estables**
 - **7 núclidos estables con 82 neutrones**
 - **6 núclidos estables con 50 neutrones**

TABLE 26.2 Magic Numbers for Nuclear Stability

Number of Protons	Number of Neutrons
2	2
8	8
20	20
28	28
50	50
82	82
114	126
	184

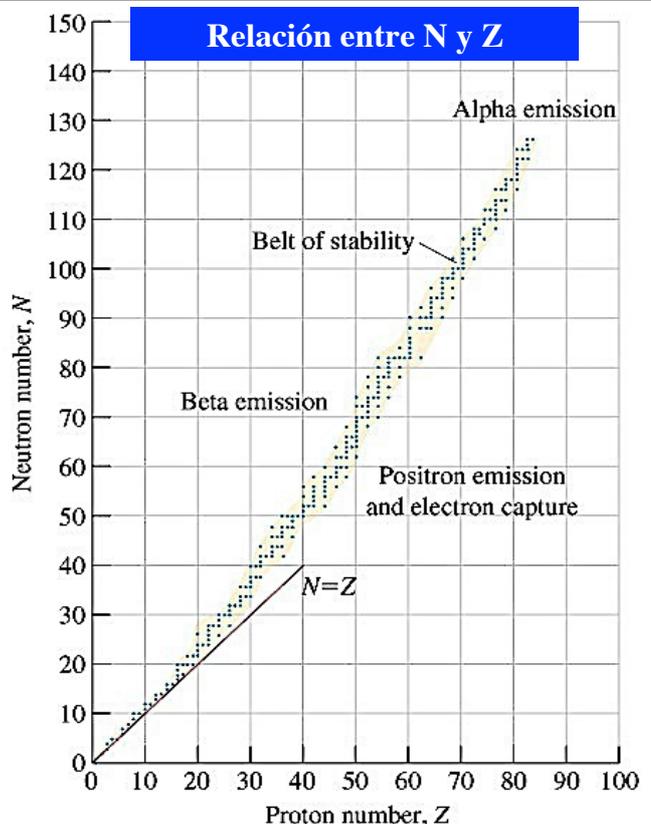
(adaptada de: R.H. Petrucci, W.S. Harwood, G.E. Herring, *General Chemistry*, 8th ed, Prentice-Hall, 2002)

28

- **Modelo mecanocuántico del núcleo (modelo en capas)**
 - núcleos con niveles llenos para ambos tipos de nucleones serían aún más estables
 - núcleos doblemente mágicos
 - ${}^4_2\text{He}$,
 - 2º núclido más común en el Universo
 - 99,999% de todo el He terrestre
 - ${}^{16}_8\text{O}$,
 - representa el 99,8% del oxígeno de este planeta
 - ${}^{40}_{20}\text{Ca}$,
 - 97% de todo el calcio
 - ${}^{208}_{82}\text{Pb}$, ($Z = 82$, $N = 126$)
 - isótopo más estable de plomo y el más abundante en la Naturaleza (52,4%)
 - varios actínidos se desintegran hasta dar ${}^{208}_{82}\text{Pb}$

2. Estabilidad de los Elementos

- **núcleos estables se encuentran en una banda de estabilidad**
 - rodeada por *un mar de inestabilidad*
 - región de núclidos inestables que se desintegran por emisión de radiación.
- **predicción**
 - posible existencia de átomos con Z alto de “grandes” $t_{1/2}$
 - 1999: se obtuvieron los isótopos ${}^{287}_{114}\text{Fl}$ ($t_{1/2} = 5$ s) y ${}^{289}_{114}\text{Fl}$ ($t_{1/2} = 30$ s)
 - $Z = 114$ (n° mágico protones)

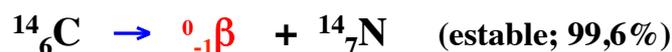


(adaptada de: R.H. Petrucci, W.S. Harwood, G.E. Herring, *General Chemistry*, 8th ed, Prentice-Hall, 2002)

Predicción del tipo de desintegración nuclear

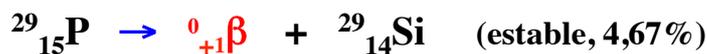
- muy pocos núclidos ligeros ($Z < 60$) se desintegran mediante emisión de partículas α
- 1.- desintegración de núclidos ligeros
 - a) núclido parte izquierda de la banda de estabilidad (*rico en neutrones*)

- se desintegra emitiendo una partícula β
- p. ej. $^{14}_6\text{C}$ [$n/p = 1,33$]

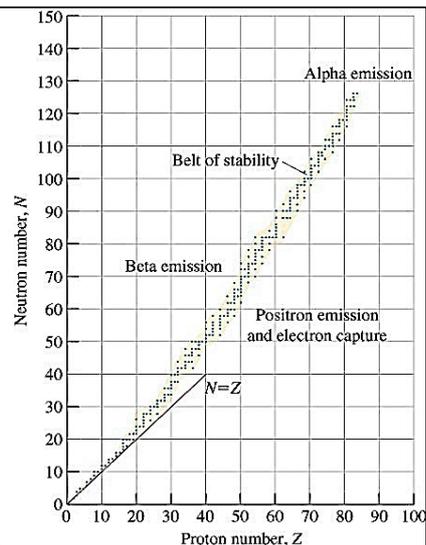


- b) núclido en parte derecha de la banda de estabilidad (*rico en protones*)

- se desintegra emitiendo un positrón o capturando un electrón
- i) $^{29}_{15}\text{P}$ es rico en protones [$n/p = 0,93$] y emite un positrón,



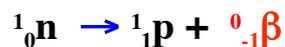
- (disminuye Z y aumenta N ; $n/p = 1,07$)



NOTAS:

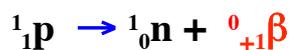
- la emisión de un electrón desde el núcleo aumenta Z ($M = \text{cte}$)
 - $Z \rightarrow Z+1$ (ya que aparece un protón adicional en el núcleo)

emisión electrón nuclear:



- la emisión de positrón ($\text{}^0_{+1}\beta$) o la captura de electrón ($\text{}^0_{-1}\beta$) tienen el mismo efecto
 - $Z \rightarrow Z-1$ ($M = \text{cte}$; un protón cambia a neutrón)

emisión positrón:



captura de un electrón:



2. Estabilidad de los Elementos: Predicción del tipo de desintegración nuclear

• 1.- desintegración de núclidos ligeros

- b) núclido en la parte derecha de la banda de estabilidad (*rico en protones*) se desintegra reduciendo el n° de protones, mediante *captura electrónica*

- ii) ${}^7_4\text{Be}$ es rico en protones [$n/p = 0,75$] y *captura un electrón* [$n/p = 1,33$]

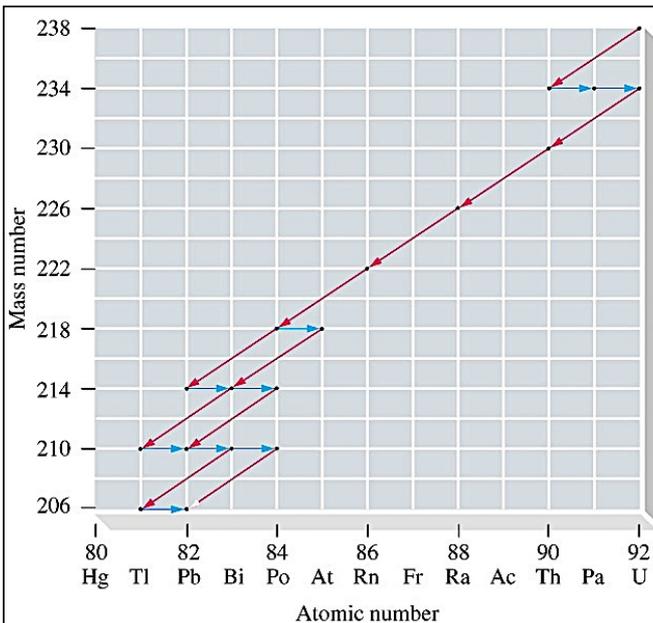


- iii) una 3ª forma de reducir el n° de protones es la propia emisión de protones

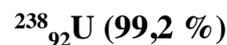


• 2.- desintegración de núclidos con $Z > 83$

- todos son inestables y se desintegran mediante emisión de partículas α
- se desintegran paso a paso dando lugar a una *serie radiactiva* donde se combina la emisión α con la β hasta lograr un núcleo estable
- el núclido final suele ser un isótopo del Pb

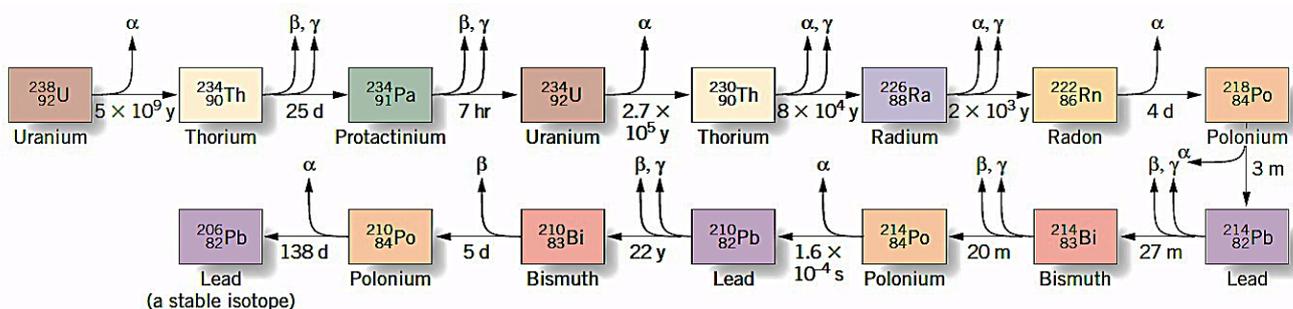


(adaptada de: R.H.Petrucci, W.S. Harwood, G.E. Herring, *General Chemistry*, 8th ed, Prentice-Hall, 2002)



Serie de desintegración del Uranio-238. En cada etapa se indica $t_{1/2}$ [en años (y), meses (m), días (d), horas (hr)]

(adaptada de: N.D. Jespersen, J.E. Brady, A. Hyslop, *Chemistry: The Molecular Nature of Matter*, 6th ed, Wiley, 2012)



- **Correlación entre la abundancia de los elementos en el sistema solar y la estabilidad de los núcleos**

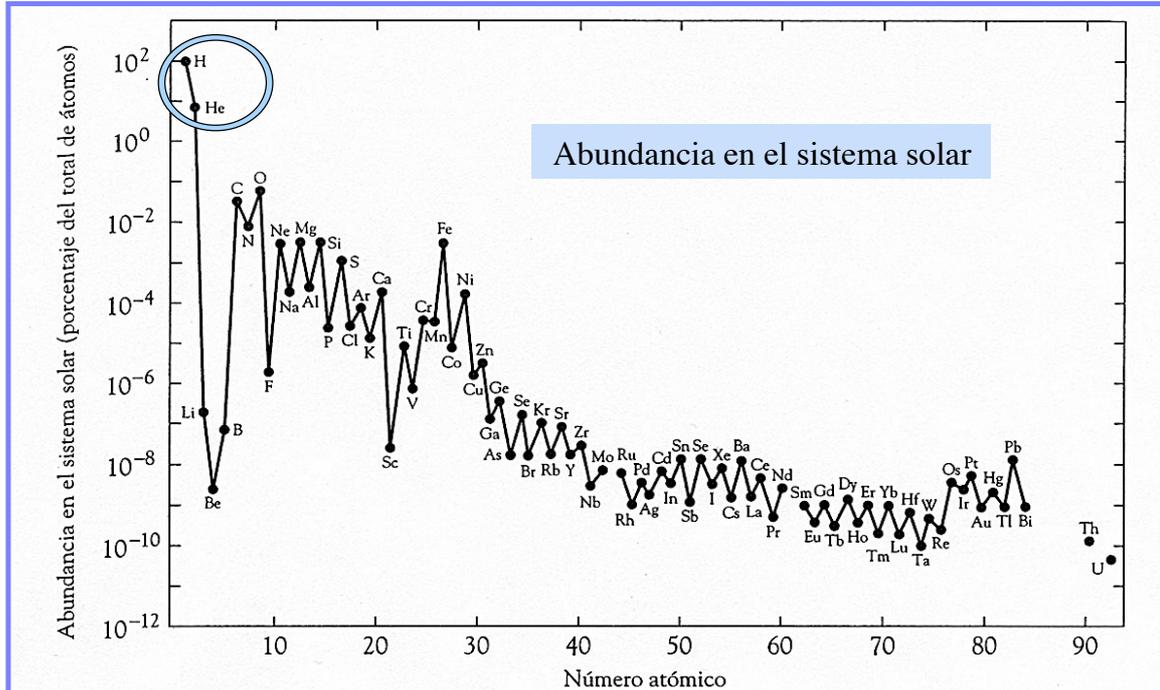


Figura 2.6 Abundancias de los elementos en el sistema solar, como porcentajes en una escala logarítmica. (Adaptado de P. A. Cox, *The Elements* [Oxford: Oxford University Press, 1989], pág. 17.)

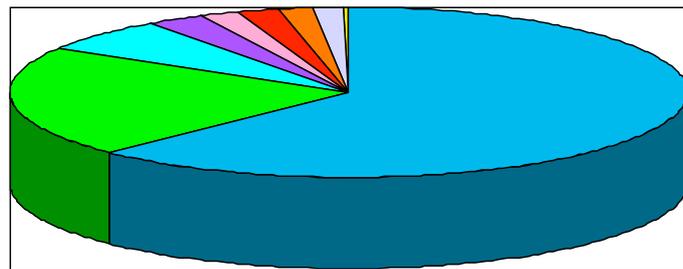
- **Correlación entre la abundancia de los elementos en el sistema solar y la estabilidad de los núcleos:**
 - la abundancia disminuye al aumentar Z
 - más abundantes los elementos con número par de protones (Z)
 - *regla de Oddo-Arkin.*
 - la abundancia de los elementos con Z impar
 - 10% de la de sus vecinos con Z par
- de los 9 elementos más abundantes en la corteza terrestre
 - sólo 3 (Al, Na, K) tienen Z impar.
- ¿Qué hemos aprendido?
 - *elementos con número par de protones (Z)*
 - *son más abundantes que sus vecinos con Z impar*
 - *tienen un mayor número de isótopos estables*

3. Abundancia en la Corteza

4. Los Elementos

Elemento	% n° átomos	% peso
O	62.6	46.6
Si	21.2	27.7
Al (13)	6.47	8.1
Na (11)	2.64	2.8
Ca	1.95	3.6
Fe	1.94	5.0
Mg	1.84	2.1
K (19)	1.42	2.6
Ti	0.2	0.44

¿Por qué los elementos más abundantes en el Universo, H y He no lo son tanto en la atmósfera terrestre?



■ O ■ Si ■ Al ■ Na ■ Ca ■ Fe ■ Mg ■ K ■ Ti

5. Clasificación de los elementos

1. Estado físico en condiciones estándar

Periodic Table: State (Gases, Liquids, and Solids)

State @ 298K
 24,85°C, 76,73°F
 19,88°R, 536,40Rk
 & 1 atm

1																	18																												
H gas																	He gas																												
Li solid	Be solid											B solid	C solid	N gas	O gas	F gas	Ne gas																												
Na solid	Mg solid											Al solid	Si solid	P solid	S solid	Cl gas	Ar gas																												
K solid	Ca solid	Sc solid	Ti solid	V solid	Cr solid	Mn solid	Fe solid	Co solid	Ni solid	Cu solid	Zn solid	Ga solid	Ge solid	As solid	Se solid	Br liquid	Kr gas																												
Rb solid	Sr solid	Y solid	Zr solid	Nb solid	Mo solid	Tc solid	Ru solid	Rh solid	Pd solid	Ag solid	Cd solid	In solid	Sn solid	Sb solid	Te solid	I solid	Xe gas																												
Cs solid	Ba solid	La solid	Hf solid	Ta solid	W solid	Re solid	Os solid	Ir solid	Pt solid	Au solid	Hg liquid	Tl solid	Pb solid	Bi solid	Po solid	At solid	Rn gas																												
Fr solid	Ra solid	Ac solid	Rf --	Db --	Sg --	Bh --	Hs --	Mt --	Uun --	Uuu --	Uub --	113 --	Uuq --	115 --	116 --	117 --	118 --																												
<table border="1"> <tr> <td>Ce solid</td> <td>Pr solid</td> <td>Nd solid</td> <td>Pm solid</td> <td>Sm solid</td> <td>Eu solid</td> <td>Gd solid</td> <td>Tb solid</td> <td>Dy solid</td> <td>Ho solid</td> <td>Er solid</td> <td>Tm solid</td> <td>Yb solid</td> <td>Lu solid</td> </tr> <tr> <td>Th solid</td> <td>Pa --</td> <td>U solid</td> <td>Np --</td> <td>Pu solid</td> <td>Am --</td> <td>Cm --</td> <td>Bk --</td> <td>Cf --</td> <td>Es --</td> <td>Fm --</td> <td>Md --</td> <td>No --</td> <td>Lr --</td> </tr> </table>																		Ce solid	Pr solid	Nd solid	Pm solid	Sm solid	Eu solid	Gd solid	Tb solid	Dy solid	Ho solid	Er solid	Tm solid	Yb solid	Lu solid	Th solid	Pa --	U solid	Np --	Pu solid	Am --	Cm --	Bk --	Cf --	Es --	Fm --	Md --	No --	Lr --
Ce solid	Pr solid	Nd solid	Pm solid	Sm solid	Eu solid	Gd solid	Tb solid	Dy solid	Ho solid	Er solid	Tm solid	Yb solid	Lu solid																																
Th solid	Pa --	U solid	Np --	Pu solid	Am --	Cm --	Bk --	Cf --	Es --	Fm --	Md --	No --	Lr --																																

Values
 Log scale

©1998-2003 Synergy Creations™



• Hg y Br → líquidos, elementos gaseosos → 11; Resto elementos → sólidos

5. Clasificación de los elementos

2. Carácter metálico de los elementos

											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

Metales, Semimetales y no-Metales

- *caracter metálico vs. energías de ionización*
- *¿cómo varía EI en el SP?*
 - elementos con *baja EI* comportamiento **metálico**
 - bloques *s*, *d* y *f*, así como algunos elementos más pesados del bloque *p*
 - elementos con *elevada EI* se les denomina **no metales**
- *¿hay una separación nítida entre metales y no metales?*

39

5. Clasificación de los elementos

2. Carácter metálico de los elementos

Criterio químico

Patrones de comportamiento químico

Metales:
pueden “perder fácilmente”
electrones para formar especies
catiónicas (EI bajas)

No metales:
tienden a “ganar” electrones
para formar especies aniónicas
(EI elevadas)

	1	2		13	14	15	16	17	18								
		H															He
He	←	Li	Be		B	C	N	O	F	Ne							
Ne	←	Na	Mg	←	Al	Si	P	S	Cl	Ar							
Ar	←	K	Ca	←	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr							
Kr	←	Rb	Sr	←	In	Sn	Sb	Te	I	Xe							

	1	2		13	14	15	16	17	18								
		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									

Metales frente a no metales

Metales	No metales
Propiedades físicas	
Buenos conductores de la electricidad	Malos conductores de la electricidad
Dúctiles (facilidad para ser <i>estirados</i>)	No son dúctiles
Maleables (facilidad para ser laminados)	No son maleables
Brillo metálico	Sin brillo
Sólidos(*)	Sólidos, líquidos o gaseosos
Altos puntos de fusión	Bajos puntos de fusión (**)
Buenos conductores del calor	Malos conductores del calor
Propiedades Químicas	
Reaccionan con ácidos	No suelen reaccionar con ácidos
Forman óxidos básicos	Forman óxidos ácidos
Forman cationes	Forman aniones
Forman haluros iónicos	Forman haluros con enlace <i>covalente</i>

¿Definen estas propiedades de modo unívoco un metal?

(*, **) con excepciones: (*) Hg(l); (**) C(diamante) p.f. elevado

41

2. Carácter metálico de los elementos

¿Qué es un metal?

Propiedad

Excepción

Brillo metálico

Si y I tienen superficies muy brillantes y no son metales
Minerales como la pirita (FeS₂) también tienen brillo metálico

Densidad elevada

Enorme variabilidad:
La densidad del Li es la mitad de la del agua y la del Os es 40 veces la del Li

Dureza elevada

Los metales alcalinos son muy blandos

Maleabilidad y Ductilidad

Algunos metales de transición son quebradizos

Alta conductividad térmica

Aún siendo común entre los metales, sin embargo el C(diamante) tiene la conductividad térmica más alta conocida

42

Definición estricta de metal

¿Qué es un metal?

¿propiedad que mejor define un metal? → *elevada conductividad eléctrica tridimensional a TPEA (25 °C, 100 kPa)*

El C (grafito) tiene una elevada *conductividad bidimensional*
T < 13°C el alótropo estable del Sn^(*) no conduce la electricidad
A presiones fáciles de alcanzar, Iodo es conductor de la electricidad

Criterio físico

Dependencia de la conductividad con la temperatura:

Metales:
conductividad eléctrica
disminuye cuando T aumenta

No metales:
conductividad eléctrica
aumenta cuando T aumenta

(*) el α -Sn, estaño gris, es no metálico y semiconductor intrínseco

43

Conductividad eléctrica

- Gran diferencia entre la conductividad de los metales y otros tipos de sólidos (iónicos o moleculares/red covalente)
 - el peor conductor metálico, Pu, tiene una conductividad $\sim 10^5$ mayor que la de un no metal.
 - Pu unas 100 veces menos conductor que Ag

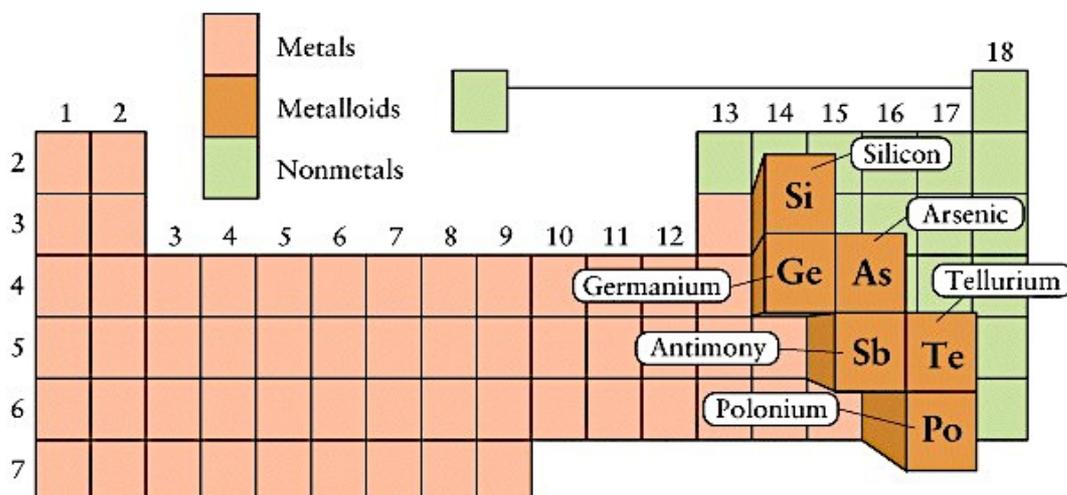
Table 5.1 Electrical conductivity of various solids

Substance	Type of bonding	Conductivity (ohm·cm) ⁻¹
Silver	Metallic	6.3×10^5
Copper	Metallic	6.0×10^5
Sodium	Metallic	2.4×10^5
Zinc	Metallic	1.7×10^5
Sodium chloride	Ionic	10^{-7}
Diamond	Covalent giant molecule	10^{-14}
Quartz	Covalent giant molecule	10^{-14}

44

Clasificación en metales, no metales y semimetales

- ¿hay una separación nítida entre metales y no metales?



(adaptada de: P. Atkins, L. Jones, *Chemistry: Molecules, Matter and Change*, 4th ed, W. H. Freeman and Co, 2000)

Sea cual sea el criterio elegido siempre quedan algunos elementos en la región limítrofe: **semimetales** (Si, Ge, As, Sb y Te)

47

Objetivos de Química Inorgánica-I

6. Objetivos formativos de QI-I

- estudio de los no metales y de sus compuestos *más importantes*
 - estado natural
 - estructura y enlace
 - obtención
 - reactividad
 - propiedades y aplicaciones
- de los miles de compuestos químicos existentes ¿cuáles estudiaremos?
 - 3 criterios para la selección:
 - aspectos formativos (singularidad del enlace, estrategias de síntesis,)
 - contribución al bienestar de la sociedad
 - interés científico
- requisitos previos
 - conocimiento de los conceptos/principios/teorías de Química general
 - particularmente los referidos al enlace y estructura de las sustancias químicas así como los termoquímicos, cinéticos y equilibrio químico ...

48

TABLE 8.1 Top 20 Industrial Chemicals Produced in the United States, 2008

Rank	Chemical	Production ($\times 10^9$ kg)
1	Sodium chloride, NaCl	46.0 ^a
2	Sulfuric acid, H ₂ SO ₄	32.4
3	Phosphate rock, MPO ₄	29.7
4	Ethylene, H ₂ C=CH ₂	22.6
5	Lime, CaO	19.8 ^a
6	Propylene, H ₂ C=CH—CH ₃	14.8
7	Sodium carbonate, Na ₂ CO ₃	11.2 ^a
8	Chlorine, Cl ₂	9.6
9	Ammonia, NH ₃	9.5
10	Phosphoric acid, H ₃ PO ₄	9.2
11	Sulfur, S ₈	9.2 ^a
12	Dichloroethane, H ₂ ClC—CH ₂ Cl	9.0
13	Nitric acid, HNO ₃	7.5
14	Ammonium nitrate, NH ₄ NO ₃	7.3
15	Sodium hydroxide, NaOH	7.3
16	Benzene, C ₆ H ₆	5.6
17	Urea, (NH ₂) ₂ C=O	5.3
18	Ethylbenzene, C ₂ H ₅ C ₆ H ₅	4.1
19	Styrene, C ₆ H ₅ CH=CH ₂	4.1
20	Hydrochloric acid, HCl	3.8

Sources: *Chem. Eng. News*, July 6, 2009, pp. 53, 56; estimated values from U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries 2009*.

NOTE: ^a Estimated value.

Los Productos Químicos de mayor producción

Datos USA; Chem. & Eng.
News, June 25, (2001)

Producto	Prod (MT)
H ₂ SO ₄	39,62
CaO (lime)	20,12
NH ₃	15,03
NaOH	10,99
H ₃ PO ₄	16,2
Cl ₂	12,01
Na ₂ CO ₃	10,21
HNO ₃	7,99
NH ₄ NO ₃	7,49

(adaptada de: G. L. Miessler, D. A. Tarr, *Inorganic Chemistry*, 4th ed, Pearson Prentice Hall, 2011)