



UNIVERSIDAD  
DE LOS ANDES  
VENEZUELA

*Estructura Atómica*

Materiales de Ingeniería  
Química

# Estructura atómica de los Materiales

Prof. Juan P. Urbina C.

Semestre A-2009

Mérida, 24 de Abril de 2009





## INTRODUCCIÓN

Existen diferentes niveles de estructura: estructura atómica, nanoestructura, microestructura y macroestructura

El objetivo de este tema es entender la relación existente entre la estructura, los átomos, los enlaces y las propiedades de los materiales en la ingeniería.

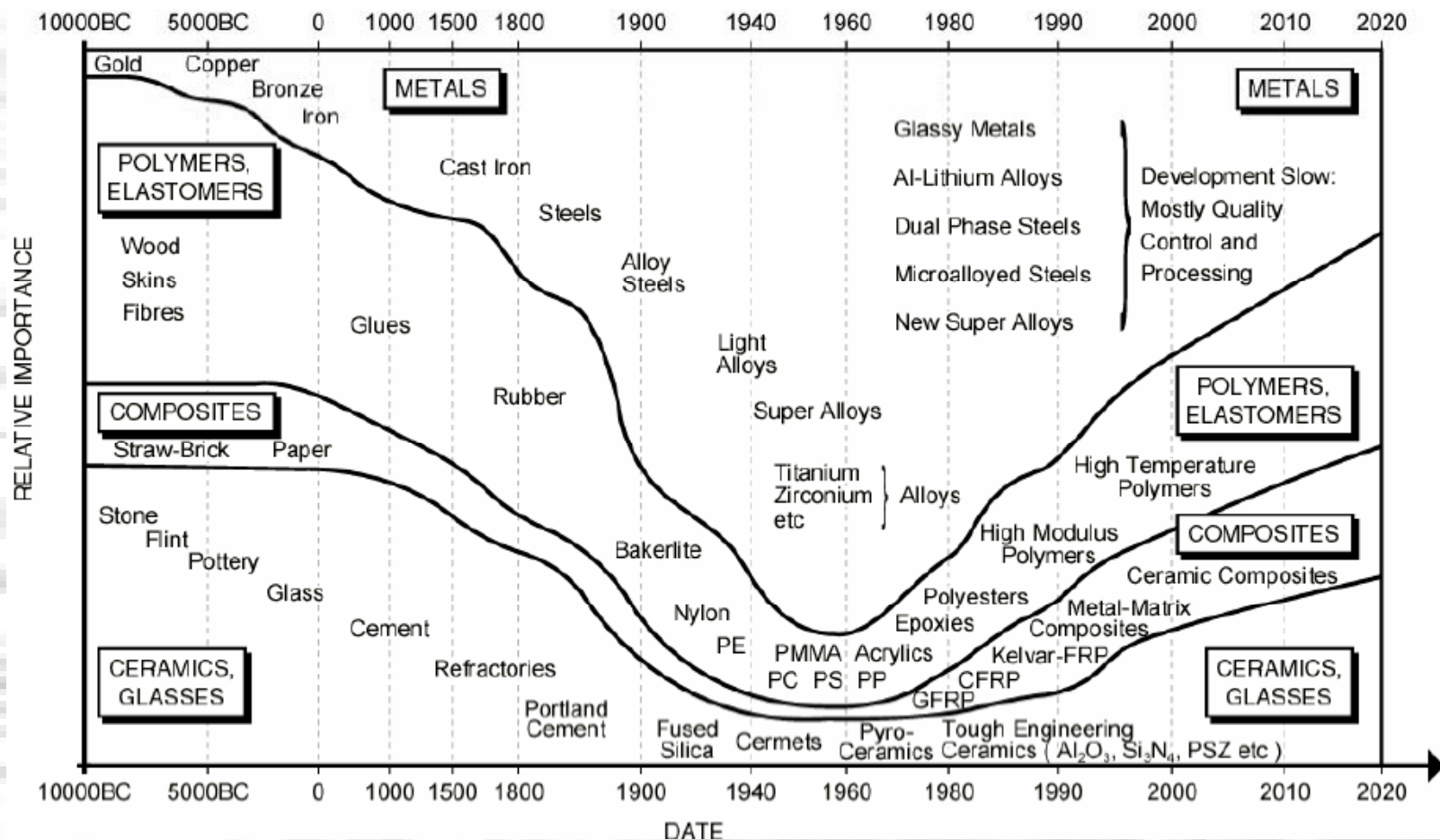
Además se intenta describir los conceptos físicos relacionados con la estructura de la materia

¿Por qué es importante el estudio de la estructura atómica de los materiales?





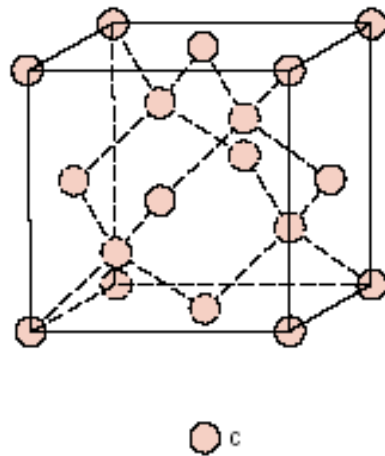
## INTRODUCCIÓN



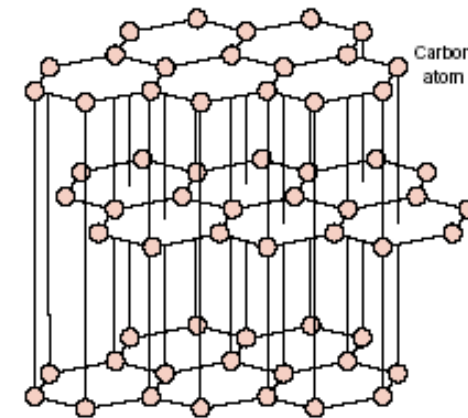


## INTRODUCCIÓN

Ejemplo: Carbono en la forma de grafito y en la forma de diamante



Celda unitaria del  
diamante. Estructura  
cúbica cristalina



Estructura del Grafito







## INTRODUCCIÓN

### Niveles estructurales

### Ejemplos de tecnologías

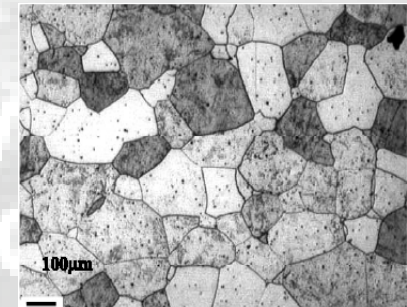
Nanoestructura

Nanopartículas de óxido de hierro- Ferrofluidos



Microestructura

Dureza mecánica de aleaciones metálicas



Macroestructura

Pintura de automóviles, resistencia a la corrosión



## Estructura del átomo

- El NUMERO ATÓMICO de un elemento se refiere a la cantidad de electrones o protones en cada átomo. El Fe tiene 26 electrones y 26 protones,  $N_A = 26$ .
- La MASA ATÓMICA de un elemento es igual la suma de protones y neutrones dentro del núcleo del átomo.
- El PESO ATÓMICO se refiere a la masa por mol de sustancia. El NÚMERO DE AVOGADRO de un elemento, es el número de átomos o moléculas en un mol.  $N_A = 6.02 \times 10^{23}$  átomos/mol.



## Estructura del átomo

Ejemplo:

Calcular el número de átomos en 100 gramos de plata. (Se multiplica la masa por el número de avogadro y se divide entre el peso atómico)

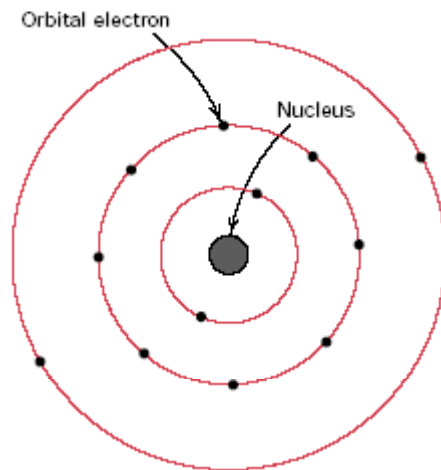
$$NA = \frac{(100 \text{ g})(6.023 \times 10^{23} \text{ atm/mol})}{(107.868 \text{ g/mol})}$$

$$= 5.58 \times 10^{23} \text{ atm/gr}$$

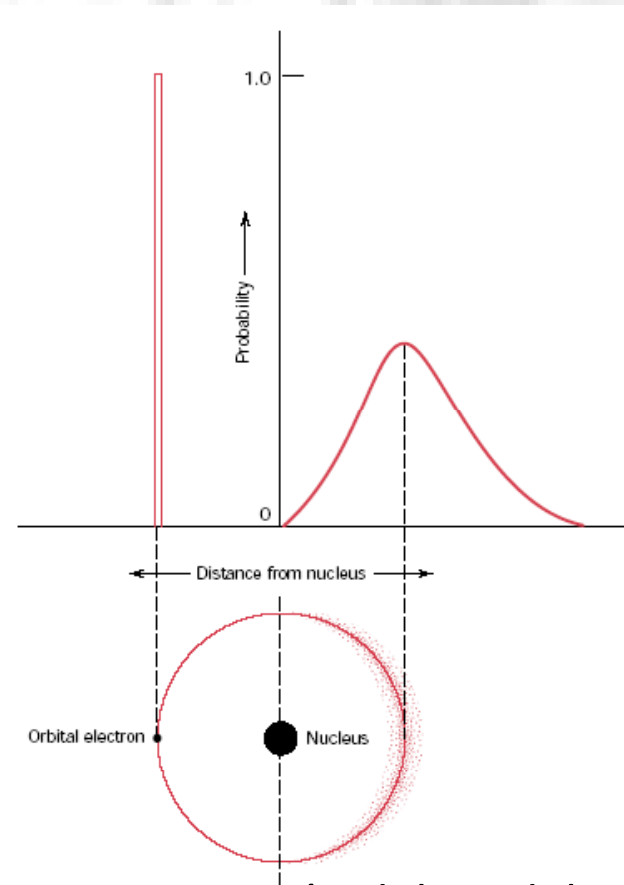




## Estructura electrónica del átomo



Representación  
esquemática del  
átomo de Bohr  
"Limitaciones"



Comparación del modelo  
atómico de Bohr y el modelo  
mecánico de Ondas (distribución)







## La estructura electrónica del átomo

- NUMEROS CUÁNTICOS: se refiere a los cuatro números que describen el nivel de energía al cual pertenece cada electron en el átomo.
  - Principal (n): capa cuantica a la que pertenece cada electrón (1,2,3)
  - Azimutal (l): se refiere a la forma de los subniveles energéticos (0,1,2)
  - Magnético(m):Numero de niveles de energía para cada número cuantico azimutal (desde  $-l$  hasta  $+l$  pasando por cero)
- LA CAPA CUÁNTICA es el conjunto de niveles de energía fijos a los que pertenece cada electrón.
- PRINCIPIO DE EXCLUSIÓN DE PAULÍ especifica que no mas de dos electrones en un material pueden tener la misma energía, es decir, no más de dos electrones pueden estar presentes en el mismo orbital.



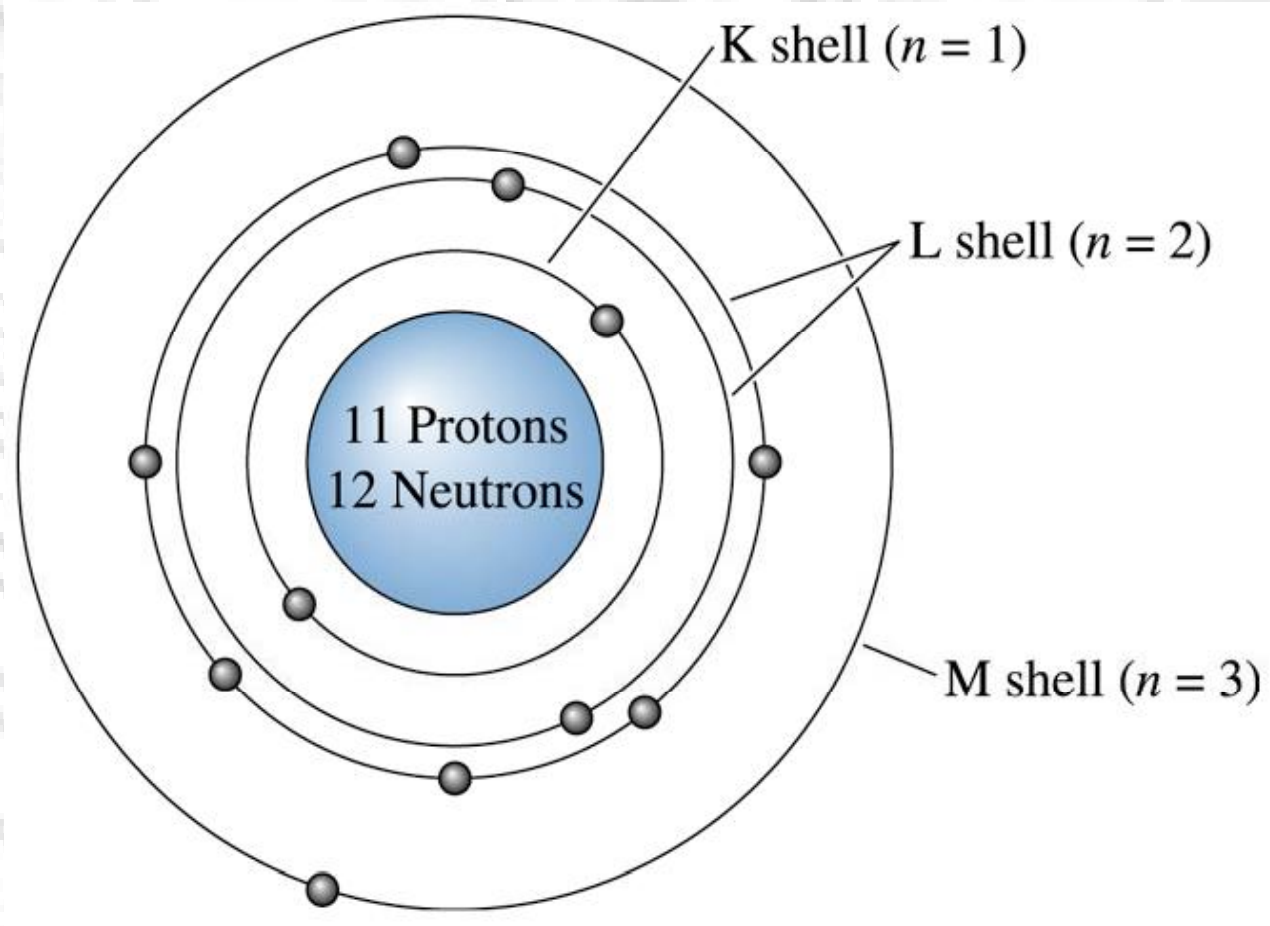
## La estructura electrónica del átomo

Número de estados electrónicos disponibles en algunas capas y subcapas electrónicas


Principal Quantum Number $n$	Shell Designation	Subshells	Number of States	Number of Electrons	
				Per Subshell	Per Shell
1	$K$	$s$	1	2	2
2	$L$	$s$	1	2	8
		$p$	3	6	
3	$M$	$s$	1	2	18
		$p$	3	6	
		$d$	5	10	
4	$N$	$s$	1	2	32
		$p$	3	6	
		$d$	5	10	
		$f$	7	14	



## Estructura atómica del sodio, $NA=11$



## Conjunto completo de números cuánticos de cada uno de los 11 electrones de sodio



↑	3s <sup>1</sup>	electron 11	$n = 3, l = 0, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2} \text{ or } -\frac{1}{2}$
	2p <sup>6</sup>	electron 10	$n = 2, l = 1, m_l = +1, m_s = -\frac{1}{2}$
		electron 9	$n = 2, l = 1, m_l = +1, m_s = +\frac{1}{2}$
		electron 8	$n = 2, l = 1, m_l = 0, m_s = -\frac{1}{2}$
		electron 7	$n = 2, l = 1, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$
		electron 6	$n = 2, l = 1, m_l = -1, m_s = -\frac{1}{2}$
		electron 5	$n = 2, l = 1, m_l = -1, m_s = +\frac{1}{2}$
	2s <sup>2</sup>	electron 4	$n = 2, l = 0, m_l = 0, m_s = -\frac{1}{2}$
		electron 3	$n = 2, l = 0, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$
	1s <sup>2</sup>	electron 2	$n = 1, l = 0, m_l = 0, m_s = -\frac{1}{2}$
		electron 1	$n = 1, l = 0, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$

© 2003 Brooks/Cole Publishing / Thomson Learning™

- VALENCIA es la cantidad de electrones de un átomo que participan en el enlace o en reacciones químicas.
- ELECTRONES DE VALENCIA son aquellos que ocupan los niveles de energía externos sp
- ELECTRONEGATIVIDAD es la tendencia de un átomo a ganar electrones



Listas de las  
configuraciones  
electrónicas de  
algunos de los  
elementos más  
comunes

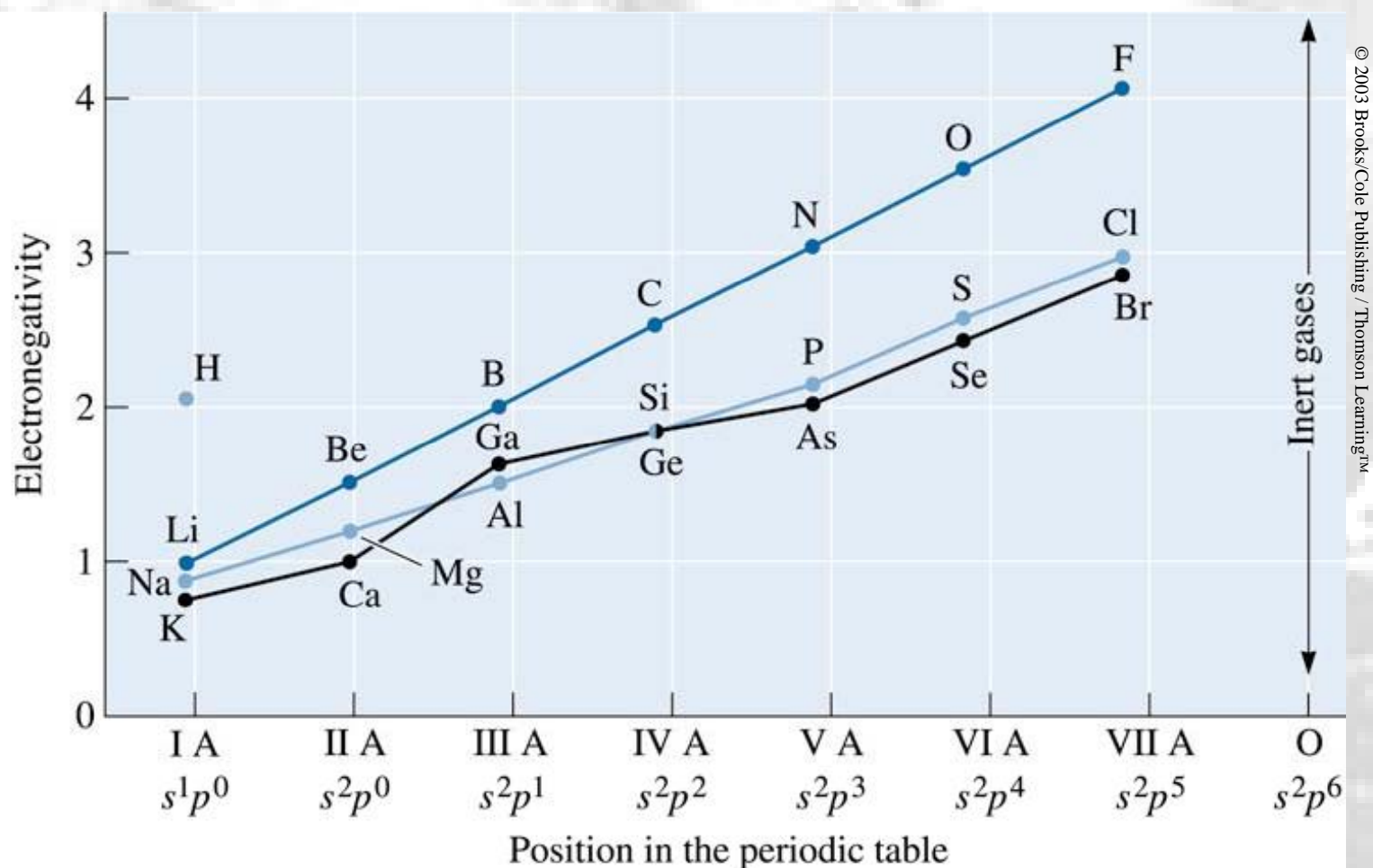


Cuarzo citrino

Element	Symbol	Atomic Number	Electron Configuration
Hydrogen	H	1	$1s^1$
Helium	He	2	$1s^2$
Lithium	Li	3	$1s^2 2s^1$
Beryllium	Be	4	$1s^2 2s^2$
Boron	B	5	$1s^2 2s^2 2p^1$
Carbon	C	6	$1s^2 2s^2 2p^2$
Nitrogen	N	7	$1s^2 2s^2 2p^3$
Oxygen	O	8	$1s^2 2s^2 2p^4$
Fluorine	F	9	$1s^2 2s^2 2p^5$
Neon	Ne	10	$1s^2 2s^2 2p^6$
Sodium	Na	11	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
Magnesium	Mg	12	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
Aluminum	Al	13	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
Silicon	Si	14	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
Phosphorus	P	15	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
Sulfur	S	16	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
Chlorine	Cl	17	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
Argon	Ar	18	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
Potassium	K	19	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
Calcium	Ca	20	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
Scandium	Sc	21	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$
Titanium	Ti	22	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$
Vanadium	V	23	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$
Chromium	Cr	24	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$
Manganese	Mn	25	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$
Iron	Fe	26	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$
Cobalt	Co	27	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$
Nickel	Ni	28	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$
Copper	Cu	29	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$
Zinc	Zn	30	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$
Gallium	Ga	31	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$
Germanium	Ge	32	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$
Arsenic	As	33	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$
Selenium	Se	34	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$
Bromine	Br	35	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$
Krypton	Kr	36	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$



Electronegatividad de algunos elementos en función de su posición en la tabla periódica





# Tabla periódica de los elementos

© 2003 Brooks/Cole Publishing / Thomson Learning™

© 2003 Brooks/Cole Publishing / Thomson Learning, Inc.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18														
1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8	8	8	9A	10	11	12	13	14	15	16														
1 1s 1.01 H Hydrogen -259 0.09 -253 2.1	2 [He] 2s <sup>2</sup> 4 9.01 Li Lithium 181 0.53 1330 1.0 Be Beryllium 1277 1.85 2970 1.5	3 [He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> 11 22.99 Na Sodium 98 0.97 1107 1.2	4 [Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> 12 24.31 Mg Magnesium 650 1.74 2970 1.5	5 [Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> 13 26.98 Al Aluminum 660 2.70 2450 1.5	6 [Ar] 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> 21 44.96 Sc Scandium 1509 1.36 2970 1.2	7 [Ar] 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> 22 47.88 Ti Titanium 1668 4.54 3260 1.5	8 [Ar] 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> 23 50.94 V Vanadium 1900 6.1 3450 1.5	9 [Ar] 3d <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 24 52.00 Cr Chromium 1875 7.19 2200 1.6	10 [Ar] 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> 25 54.04 Mn Manganese 1245 7.43 2097 1.5	11 [Ar] 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> 26 55.85 Fe Iron 1536 7.86 2870 1.7	12 [Ar] 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> 27 58.93 Co Cobalt 1495 8.86 2700 1.9	13 [Ar] 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> 28 58.93 Ni Nickel 1453 8.9 2730 1.9	14 [Ar] 3d <sup>9</sup> 4s <sup>2</sup> 29 63.55 Cu Copper 1453 8.9 2730 1.9	15 [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 30 65.38 Zn Zinc 420 7.13 906 1.6	16 [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> 31 69.72 Ga Gallium 30 5.91 2450 1.5	17 [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> 32 72.59 Ge Germanium 937 5.32 2830 1.8	18 [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> 33 74.91 As Arsenic Subl. 5.72 20 2.0														
19 39.10 K Potassium 64 0.86 1440 1.0	20 40.08 Ca Calcium 838 1.55 1440 1.0	21 44.96 Sc Scandium 1509 1.36 2970 1.2	22 47.88 Ti Titanium 1668 4.54 3260 1.5	23 50.94 V Vanadium 1900 6.1 3450 1.5	24 52.00 Cr Chromium 1875 7.19 2200 1.6	25 54.04 Mn Manganese 1245 7.43 2097 1.5	26 55.85 Fe Iron 1536 7.86 2870 1.7	27 58.93 Co Cobalt 1495 8.86 2700 1.9	28 58.93 Ni Nickel 1453 8.9 2730 1.9	29 63.55 Cu Copper 1453 8.9 2730 1.9	30 65.38 Zn Zinc 420 7.13 906 1.6	31 69.72 Ga Gallium 30 5.91 2450 1.5	32 72.59 Ge Germanium 937 5.32 2830 1.8	33 74.91 As Arsenic Subl. 5.72 20 2.0	34 74.91 Se Selenium 217 4.79 58 2.8	35 79.90 Br Bromine -7 3.12 -157 3.7	36 83.80 Kr Krypton -189 3.2 -152 3.7														
37 85.47 Rb Rubidium 39 1.33 688 0.8	38 87.62 Sr Strontium 88 0.7 1380 1.0	39 88.91 Y Yttrium 1009 1.36 2970 1.2	40 91.22 Zr Zirconium 1673 4.47 3580 1.4	41 91.22 Nb Niobium 1863 4.47 4927 1.6	42 95.94 Mo Molybdenum 2001 10.2 5560 1.8	43 98.91 Tc Technetium 2010 11.2 5500 1.9	44 101.07 Ru Ruthenium 2200 12.4 3900 2.2	45 102.91 Rh Rhodium 1900 12.4 3770 2.2	46 106.42 Pd Palladium 1552 12.0 3140 2.2	47 107.87 Ag Silver 961 10.5 2210 1.9	48 112.41 Cd Cadmium 321 8.65 765 1.7	49 114.82 In Indium 156 7.31 2080 1.7	50 118.69 Sn Tin 156 7.31 2270 1.8	51 121.75 Sb Antimony 631 6.69 1380 1.9	52 127.60 Te Tellurium 450 6.24 990 2.1	53 126.90 I Iodine 114 4.94 183 2.5	54 131.29 Xe Xenon -112 5.80 -108 ---														
55 132.91 Cs Cesium 29 1.90 690 0.7	56 137.33 Ba Barium 714 3.76 1640 0.9	57 138.91 La Lanthanum 139 1.04 3470 1.1	58 140.12 Ce Cerium 140 1.1 3468 1.1	59 140.91 Pr Praseodymium 141 1.1 3127 1.1	60 144.24 Nd Neodymium 144 1.1 3027 1.2	61 145 Pm Promethium 145 1.1 2460 1.2	62 150.36 Sm Samarium 150 1.1 1790 1.2	63 151.96 Eu Europium 828 5.26 1439 1.3	64 157.25 Gd Gadolinium 1312 7.89 3000 1.1	65 158.93 Tb Terbium 1356 8.27 2800 1.2	66 162.50 Dy Dysprosium 1407 8.54 2600 1.2	67 164.93 Ho Holmium 1461 8.80 2600 1.2	68 167.26 Er Erbium 1461 8.80 2900 1.2	69 168.93 Tm Thulium 1545 9.33 1727 1.2	70 173.04 Yb Ytterbium 824 6.98 1196 1.1	71 175.04 Lu Lutetium 175 1.1 3470 1.1	72 176.93 Hf Hafnium 1673 4.47 3580 1.4	73 180.95 Ta Tantalum 1863 4.47 4927 1.6	74 183.85 W Tungsten 3440 19.3 5900 1.9	75 186.21 Re Rhenium 3180 21.0 5900 1.9	76 190.20 Os Osmium 3050 22.6 5500 2.2	77 192.22 Ir Iridium 2454 22.7 4500 2.2	78 195.08 Pt Platinum 1769 21.4 3830 2.2	79 196.97 Au Gold 1063 19.3 2970 2.4	80 200.59 Hg Mercury -38 13.6 357 1.9	81 204.38 Tl Thallium 303 11.85 1457 1.8	82 207.20 Pb Lead 1272 1.9 1560 1.9	83 208.98 Bi Bismuth 271 9.8 1560 1.9	84 209 Po Polonium 254 9.3 962 2.0	85 210 At Astatine 302 1.3 237 2.2	86 222 Rn Radon -71 9.73 -62 ---
87 223.02 Fr Francium (27) --- 677 0.7	88 226.03 Ra Radium 700 5.0 1140 0.9	89 227.04 Ac Actinium 1059 10.1 1750 1.1	90 232.04 Th Thorium 12740 11.7 3850 1.3	91 231.04 Pa Protactinium 12390 15.4 1540 1.4	92 238.03 U Uranium 1132 19.07 3818 1.4	93 237.05 Np Neptunium 637 19.5 3900 1.3	94 244 Pu Plutonium 640 19.81 3235 1.3	95 243 Am Americium 994 13.7 3100 1.3	96 247 Cm Curium 13400 13.51 3100 1.3	97 247 Bk Berkelium --- ---	98 251 Cf Californium --- ---	99 251 Es Einsteinium --- ---	100 257 Fm Fermium --- ---	101 257 Md Mendelevium --- ---	102 259 No Nobelium --- ---	103 259 Lr Lawrencium --- ---	104 261.1 Rf Rutherfordium --- ---	105 262.1 Db Dubnium --- ---	106 263.1 Sg Seaborgium --- ---	107 264.1 Bh Bohrium --- ---	108 265.1 Hs Hassium --- ---	109 268 Mt Meitnerium --- ---	110 269 Uun Ununennium --- ---	111 272 Uuu Ununennium --- ---	112 277 Uub Ununennium --- ---	113 277 Uuh Ununennium --- ---	114 277 Uuo Ununennium --- ---	115 277 Uuo Ununennium --- ---	116 277 Uuo Ununennium --- ---	117 277 Uuo Ununennium --- ---	118 277 Uuo Ununennium --- ---

© 2003 Brooks/Cole Publishing / Thomson Learning™

0																	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
2																	4.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																	1s <sup>2</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																	He																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																	0.18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																	Helium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
-269																	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
13																	14	15	16	17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
3B																	4B	5B	6B	7B																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
5																	10.81	6	12.01	7	14.01	8	16.00	9	19.00	10	20.18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
(He) 2s <sup>2</sup> 2p																	(He) 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	(He) 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	(He) 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	(He) 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	(He) 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	(He) 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	(He) 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	(He) 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	(He) 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	(He) 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
3																	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
B																	C	N	O	F	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Boron																	Carbon	Nitrogen	Oxygen	Fluorine	Neon	Neon	Neon	Neon	Neon	Neon																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
(2030) 2.35																	(3550) 2.2	-210 1.25	-219 1.43	-220 1.7	-249 0.5	-249 0.5	-249 0.5	-249 0.5	-249 0.5	-249 0.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
2550 2.0																	4830 2.5	-196 3.0	-183 3.5	-188 4.0	-246 -	-246 -	-246 -	-246 -	-246 -	-246 -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
13																	26.98	14	28.09	15	30.97	16	32.06	17	35.45	18	39.95																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
(Ne) 3s <sup>2</sup> 3p																	(Ne) 3s <sup>2</sup> 3p	(Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	(Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	(Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	(Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	(Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	(Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	(Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	(Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	(Ne) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
3																	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Al																	Si	P	S	Cl	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Aluminum																	Silicon	Phosphorus	Sulfur	Chlorine	Argon	Argon	Argon	Argon	Argon	Argon																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
660 2.70																	1410 2.33	44 1.82	219 2.07	-101 3.2	-189 1.78	-189 1.78	-189 1.78	-189 1.78	-189 1.78	-189 1.78																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
2450 1.5																	2680 1.5	280 2.1	445 2.5	-35 3.0	-183 -	-183 -	-183 -	-183 -	-183 -	-183 -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
10																	11	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
8																	1B	2B																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
28																	58.70	29	63.55	30	65.38	31	69.72	32	72.59	33	74.91	34	74.91	35	79.90	36	83.80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
[Ar] 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>																	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
3, 2, 0																	2, 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Ni																	Cu	Zn																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Nickel																	Copper	Zinc																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1453 8.9																	1453 8.9	420 7.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
2730 1.9																	2730 1.9	906 1.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
46																	106.42	47	107.87	48	112.41	49	114.82	50	118.69	51	121.75	52	127.60	53	126.90	54	131.29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
[Kr] 4d <sup>10</sup>																	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
4, 2, 0																	2, 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Pd																	Ag	Cd																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Palladium																	Silver	Cadmium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1552 12.0																	961 10.5	321 8.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
3140 2.2																	2210 1.9	765 1.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
78																	195.08	79	196.97	80	200.59	81	204.38	82	207.20	83	208.98	84	(209)	85	(210)	86	(222)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>																	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
4, 2, 0																	3, 1	2, 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Lanthanoids

Actinoids



## Enlaces atómicos

- Tipos de enlace:
  - Enlaces interatómicos Primarios
    - Enlace Metálico
    - Enlace covalente
    - Enlace Iónico
  - Enlaces interatómicos secundarios
    - Fuerzas de Van de Waals

### Ejemplo:

La ductilidad por ejemplo de los metales es característico del tipo de enlace que se presenta y se refiere a la capacidad del material a deformarse sin sufrir ruptura

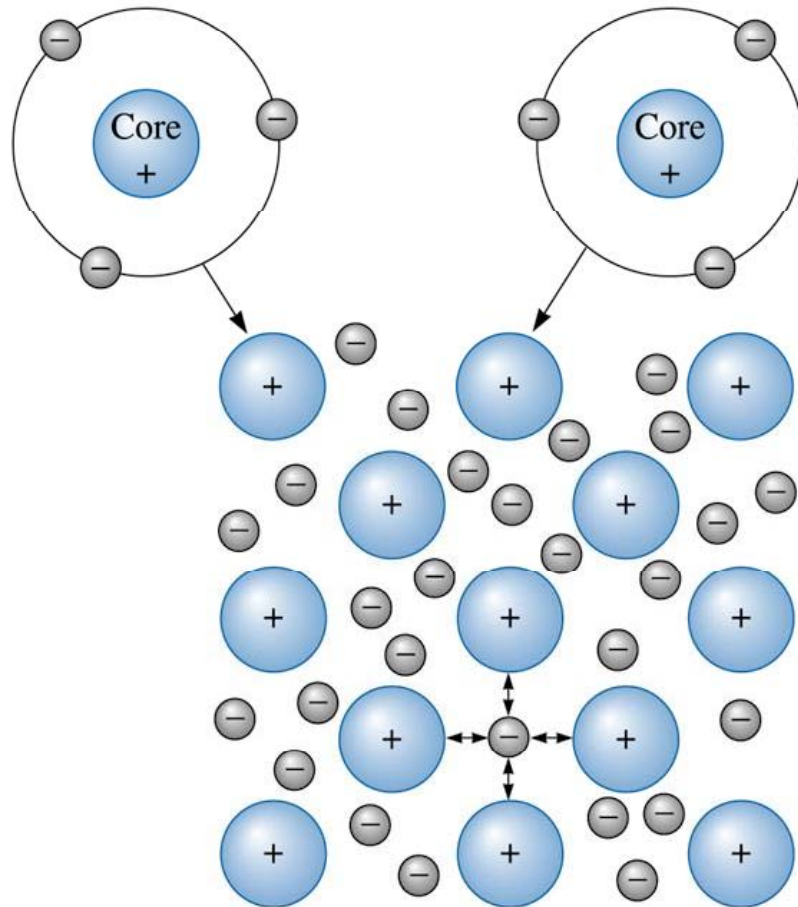




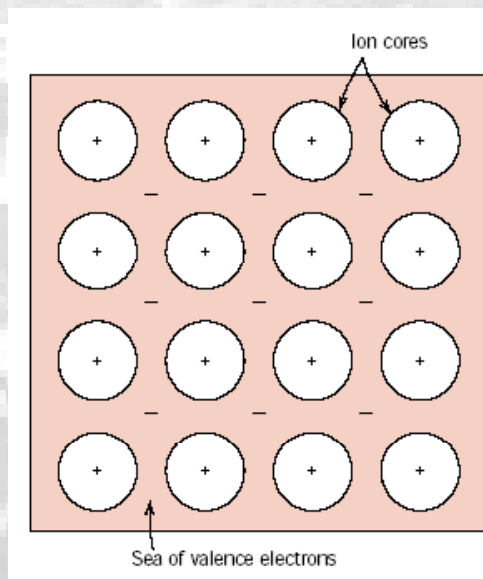


## Enlace Metálico

Ocurre cuando los átomos ceden sus electrones de valencia para formar un mar de electrones. Los núcleos iónicos positivos de los átomos son atraídos por los electrones negativos compartidos



© 2003 Brooks/Cole Publishing / Thomson Learning™

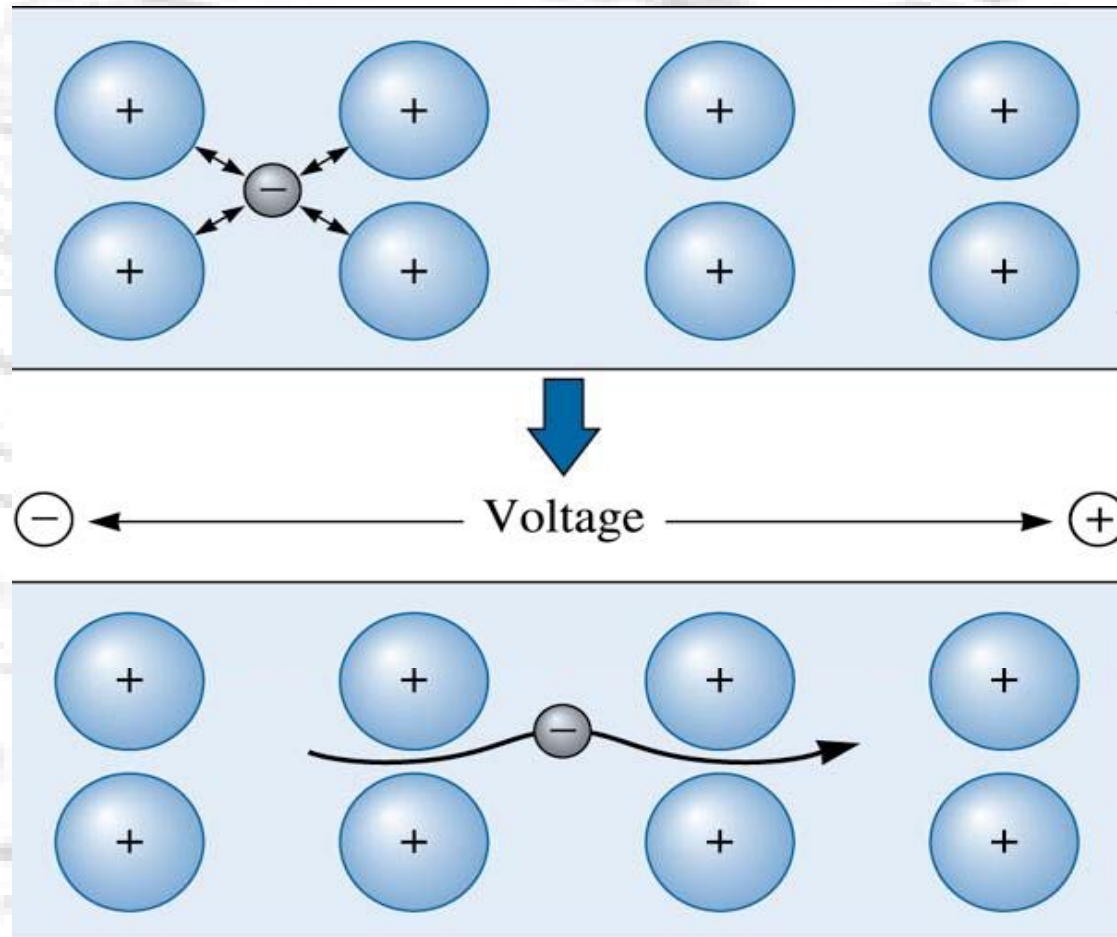


Funciona como pegamento para mantener unidos los núcleos iónicos





## Enlace Metálico

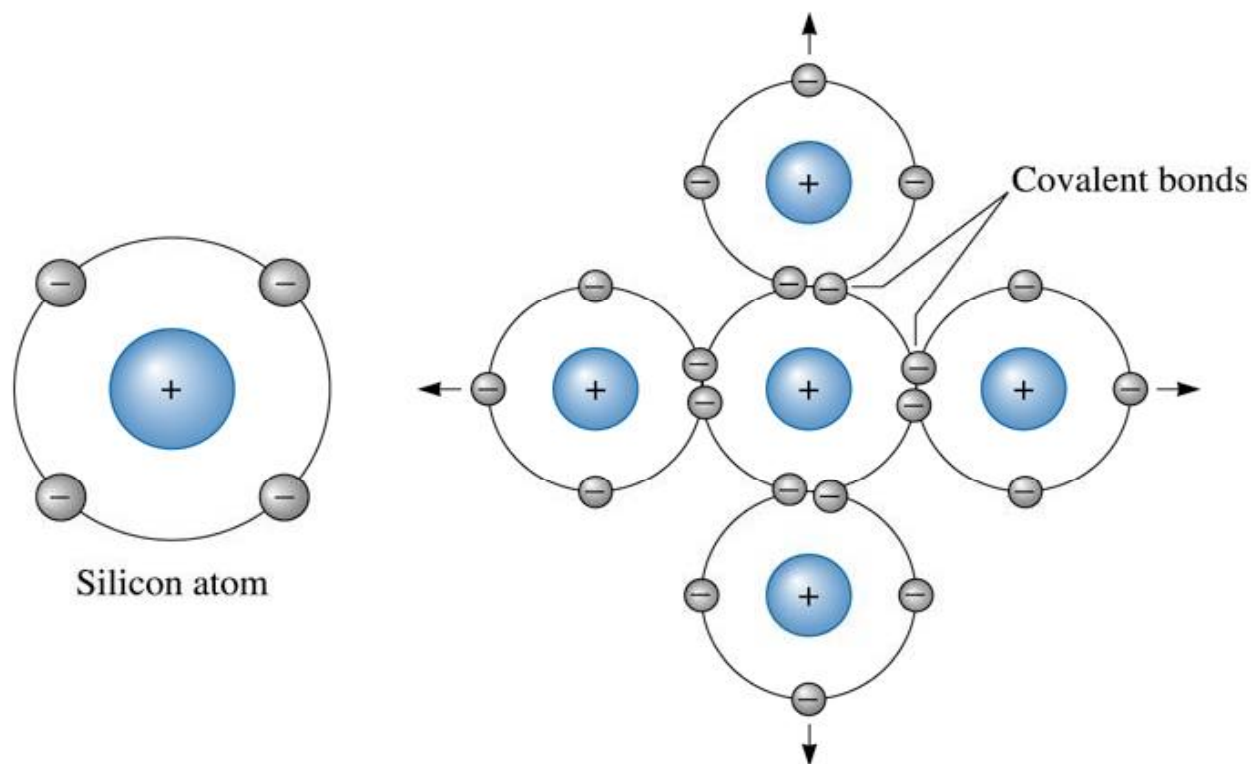


Cuando se aplica corriente eléctrica, los electrones se desplazan libremente a través de los intersticios de los núcleos, es por esto que los metales son buenos conductores





## Enlace Covalente



© 2003 Brooks/Cole Publishing / Thomson Learning™

En el enlace covalente, los electrones son compartidos por los átomos de tal manera que cada átomo tenga sus últimos orbitales  $sp$  llenos.

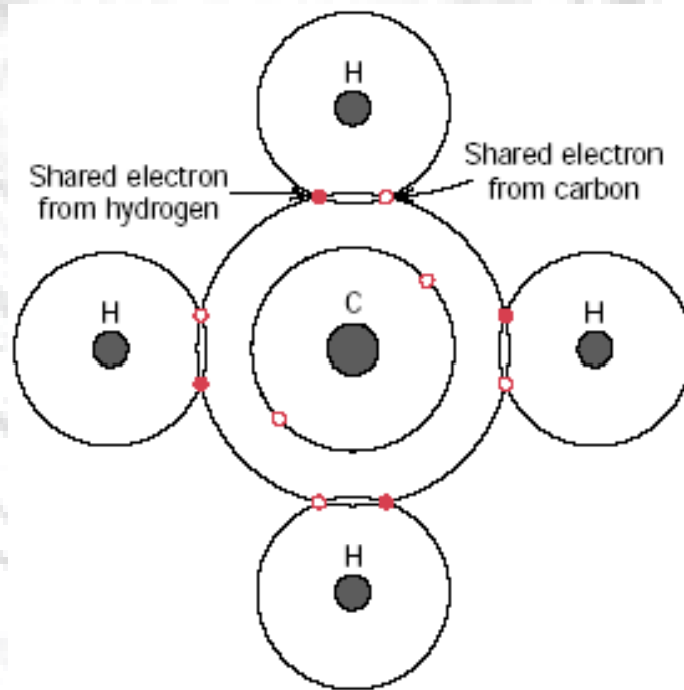
En este ejemplo, la sílice tiene una valencia de cuatro, permite que se formen cuatro enlaces covalentes







## Enlace Covalente



Los átomos que están enlazados covalentemente contribuyen con al menos un electrón en el enlace, y los electrones compartidos pertenecen a ambos átomos

El enlace covalente es direccional; esto es, que puede existir únicamente en la dirección entre los dos átomos que comparten el (los) electrón (es)

- Carbono tiene 4 átomos de valencia
- Hidrógeno tiene 1 átomo de valencia
- Cuatro enlaces covalentes

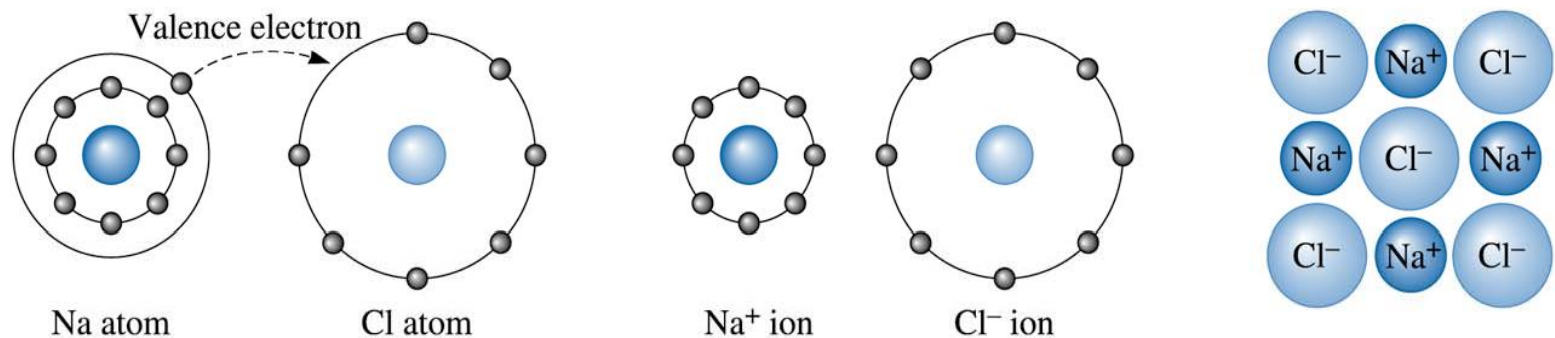






## Enlace Iónico

Un enlace iónico se crea entre dos átomos distintos, con diferente electronegatividad. En este caso, el sodio dona sus electrones de valencia al cloro, la atracción ocurre y un enlace iónico se forma

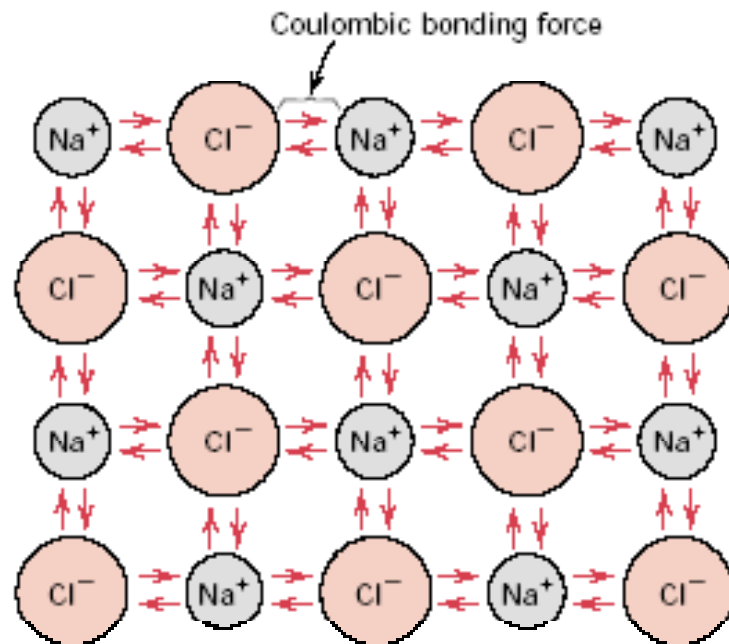


© 2003 Brooks/Cole Publishing / Thomson Learning™

Siempre se encuentra en moléculas compuestas ambos átomos; metálicos y no metálicos.



## Enlace Iónico



Los enlaces resultantes no son direccionales. Esto es, que para que sea estable, los iones positivos de los materiales iónicos deben tener vecinos negativamente cargados en un esquema tridimensional (o viceversa)

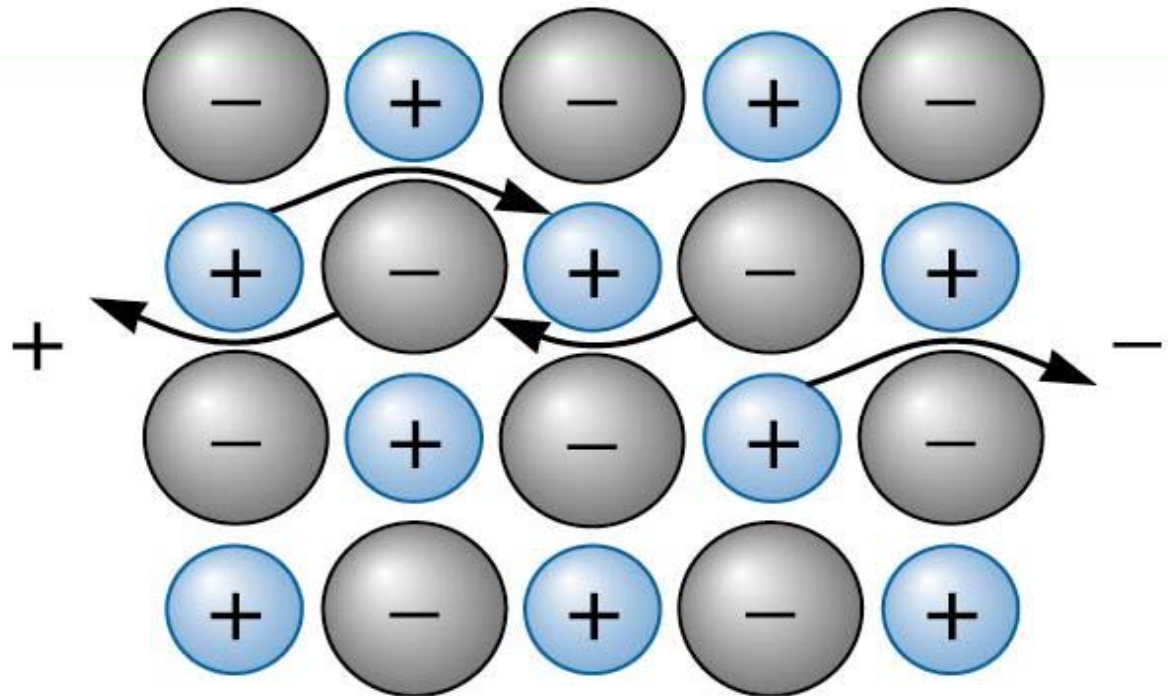
En las cerámicas, el esquema de enlace predominante es iónico





Cuando se aplica un voltaje a un material con enlace iónico, los iones enteros deben reordenarse para provocar el flujo de corriente. Los iones se mueven lentamente por lo cual la conductividad es pobre

## Enlace Iónico

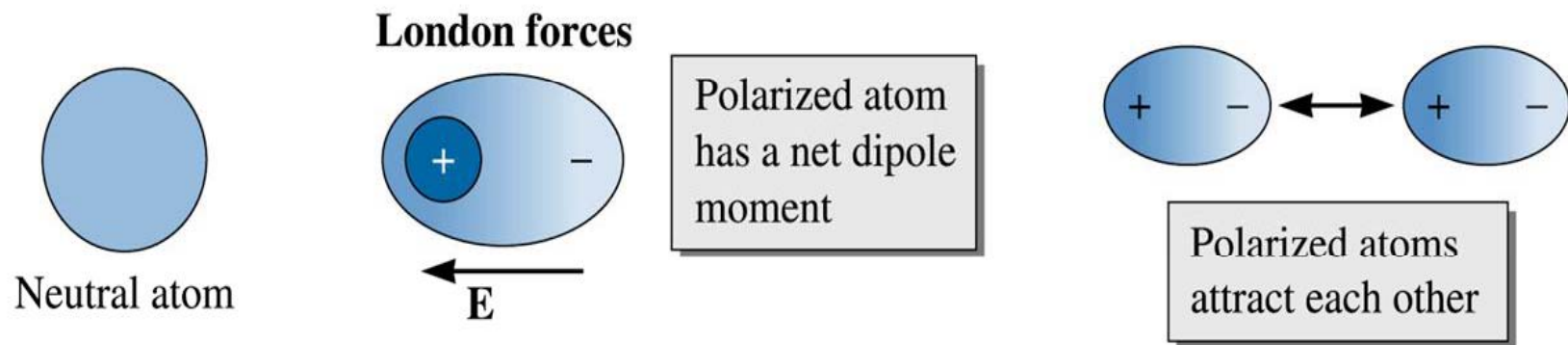






## Fuerzas de Van der Waals

Son débiles en comparación a los otros tipos de enlaces primarios mencionados

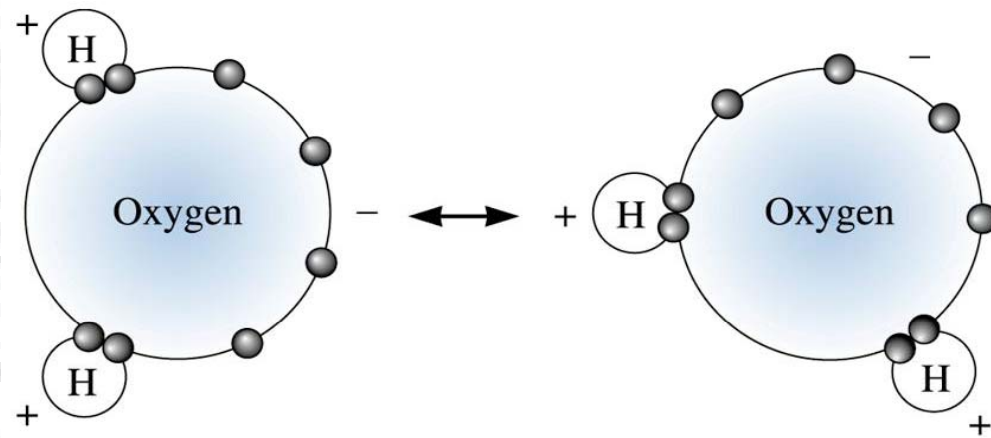


Las fuerzas de London son un tipo de fuerzas de Van der Waals entre átomos





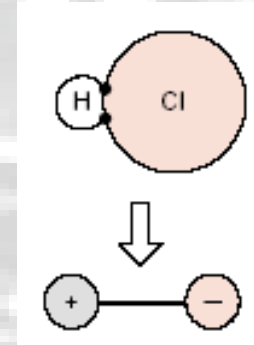
## Fuerzas de Van der Waals



© 2003 Brooks/Cole  
Publishing / Thomson  
Learning™

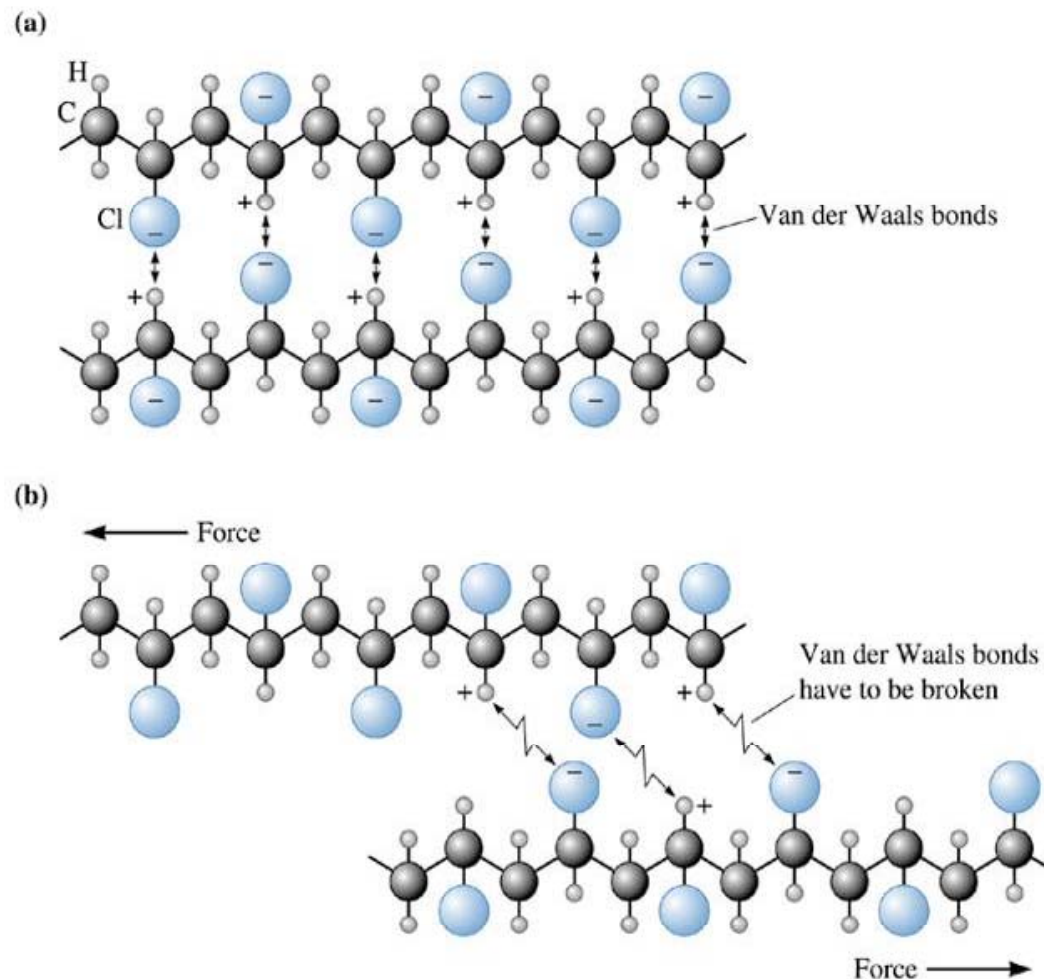
Entre dos  
moléculas de  
agua, los  
electrones del  
oxígeno tienden  
a agruparse  
lejos del  
hidrógeno

Las fuerzas de Keesom son  
considerablemente mayores que  
las de London y son otro tipo de  
fuerzas de Van der Waals, pero  
esta vez entre moléculas o grupos  
de átomos





## Fuerzas de Van der Waals



En el PVC (polivinil cloruro), los átomos adheridos a la molécula de polímero tienen una carga negativa y los átomos de hidrógeno están cargados positivamente. Se presentan fuerzas débiles de Van der Waals

## Energía de enlace y temperatura de fusión de algunas sustancias

<i>Bonding Type</i>	<i>Substance</i>	<i>Bonding Energy</i>		<i>Melting Temperature (°C)</i>
		<i>kJ/mol (kcal/mol)</i>	<i>eV/Atom, Ion, Molecule</i>	
Ionic	NaCl	640 (153)	3.3	801
	MgO	1000 (239)	5.2	2800
Covalent	Si	450 (108)	4.7	1410
	C (diamond)	713 (170)	7.4	>3550
Metallic	Hg	68 (16)	0.7	-39
	Al	324 (77)	3.4	660
	Fe	406 (97)	4.2	1538
	W	849 (203)	8.8	3410
van der Waals	Ar	7.7 (1.8)	0.08	-189
	Cl <sub>2</sub>	31 (7.4)	0.32	-101
Hydrogen	NH <sub>3</sub>	35 (8.4)	0.36	-78
	H <sub>2</sub> O	51 (12.2)	0.52	0