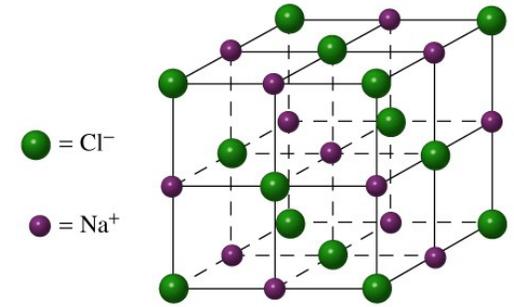


## Contenidos

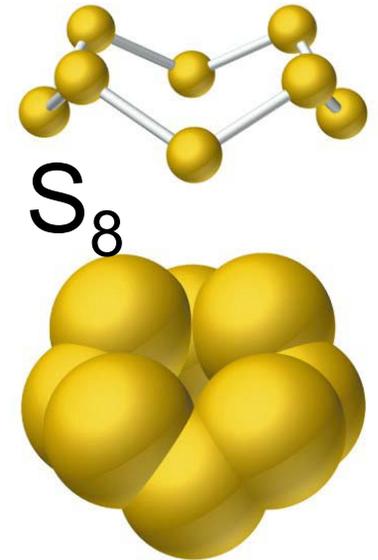


cción.

Enlace iónico.

Enlace Covalente.

Enlace Metálico.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ...  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# Introducción.

Los objetos están formados por conjuntos de átomos (elementos) o distintos (compuestos).

Estos átomos están unidos entre sí mediante enlaces químicos.



sal



plata



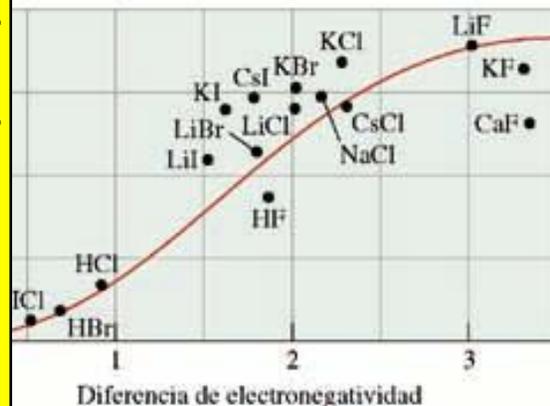
azúcar

Las propiedades de las sustancias dependen de la naturaleza del enlace entre sus átomos constituyentes, que depende a su vez de la estructura electrónica de los átomos involucrados.

Tipos de enlace: **IONICO, COVALENTE y METÁLICO**

La diferencia de electronegatividad permite estimar el tipo de enlace entre dos átomos.

La diferencia de electronegatividad indica el carácter iónico.



1											13	14	15	16	17	
H 2,1											B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0	
Li 1,0	Be 1,5											Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0
Na 0,9	Mg 1,2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8
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	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5
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	Tl 1,8	Pb 1,8	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2
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	* Lantánidos: 1,1-1,3 † Actínidos: 1,3-1,5													

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## Enlace Iónico.

enidos

alidades.

tos estructurales: Estructuras cristalinas de los  
uestos iónicos.

tos Energéticos: Energía Reticular, Ley de Hess  
o de Born-Haber.

edades de los compuestos iónicos.

cación del enlace iónico por participación de  
e covalente.

## Enlace Iónico. Generalidades.

Estos iónicos se forman entre elementos con mucha diferencia de actividad: metales y no metales.

Formados por **cationes** metálicos y **aniones** de los no metales.

Los no metales tienden a ganar electrones.



Agentes oxidantes

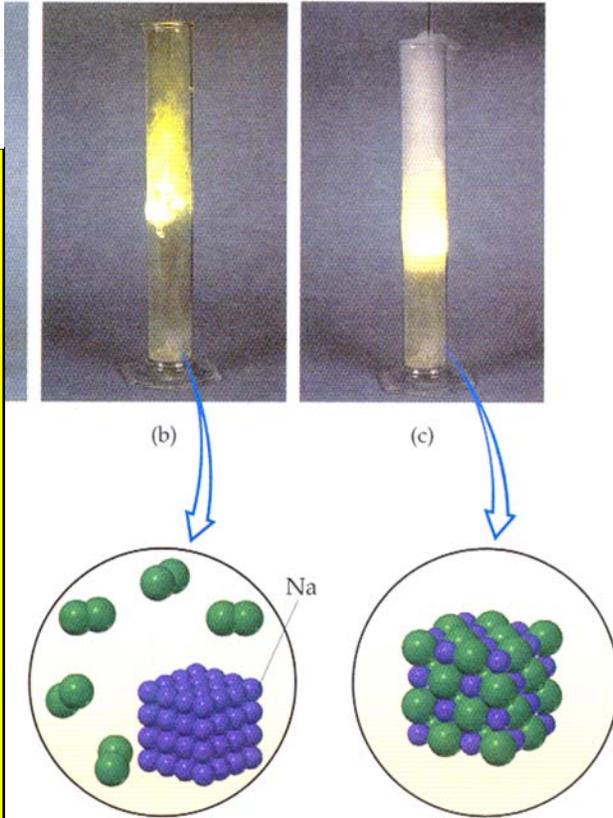
1 1A 1 H 1.00794	2 2A 4 Be 9.01218												13 3A 5 B 10.811	14 4A 6 C 12.011	15 5A 7 N 14.007	16 6A 8 O 15.9994	17 7A 9 F 18.9984	18 8A 10 Ne 20.1797
11 Na 22.98976	12 Mg 24.304	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B	9 9B	10 10B	11 11B	12 12B	13 Al 26.9815	14 Si 28.0855	15 P 30.9738	16 S 32.06	17 Cl 35.4527	18 Ar 39.948	
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.9559	22 Ti 47.88	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80	
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.9058	40 Zr 91.224	41 Nb 92.9064	42 Mo 95.94	43 Tc 98	44 Ru 101.07	45 Rh 102.905	46 Pd 106.42	47 Ag 107.868	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.757	52 Te 127.6	53 I 126.905	54 Xe 131.29	
55 Cs 132.905	56 Ba 137.327	57 *La 138.905	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.383	82 Pb 207.2	83 Bi 208.980	84 Po 209	85 At 210	86 Rn 222	
87 Fr 223	88 Ra 226.025	89 *Ac 227.028	104 Rf 261	105 Db 262	106 Sg 263	107 Bh 264	108 Hs 265	109 Mt 266	110 Ds 267	111 Nh 268	112 Fl 269	113 Mc 270	114 Lv 271	115 Ts 272	116 Og 273	117 Uue 274	118 Uuq 275	
*Serie de lantánidos		58 Ce 140.12	59 Pr 140.908	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.925	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967			
†Serie de actínidos		80 Th 232.038	81 Pa 231.036	82 U 238.029	83 Np 237.048	84 Pu 244	85 Am 243	86 Cm 247	87 Bk 247	88 Cf 251	89 Es 252	90 Fm 257	100 Md 258	101 No 259	102 Lr 260			

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Formation of Sodium Chloride

## Enlace Iónico. Generalidades.



La **formación** de un **compuesto iónico** es un proceso **exotérmico**, en mayor o menor medida.

La fuerza que mantiene unidos los iones son **interacciones electrostáticas**.

**SÓLIDO IÓNICO**, iones ordenados definiendo una

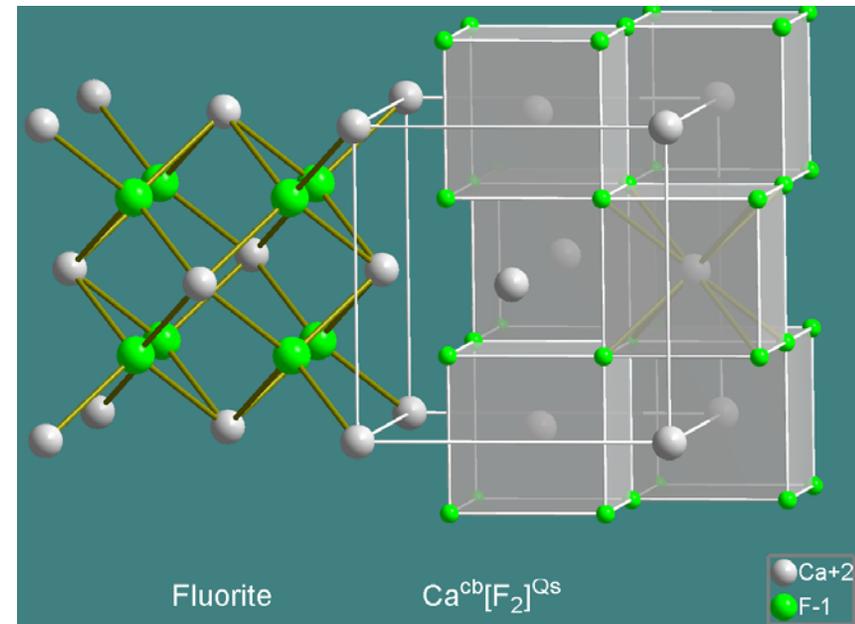
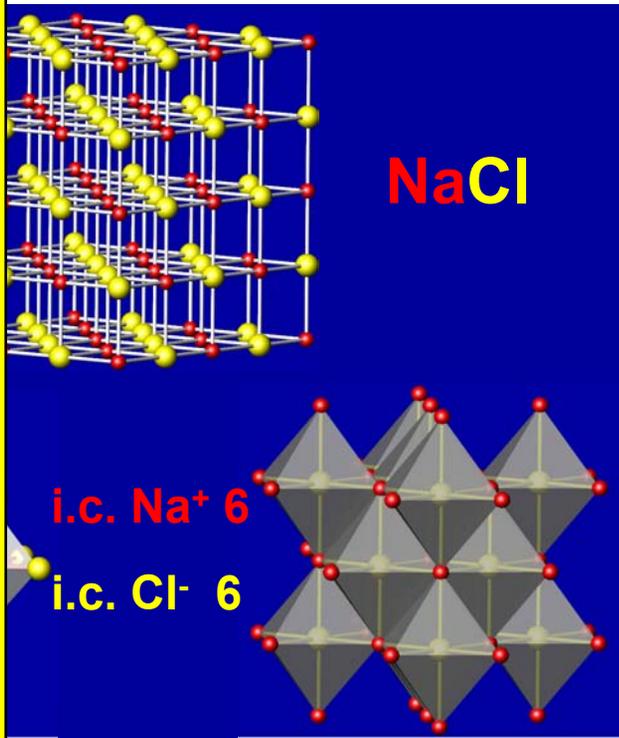
**ESTRUCTURA CRISTALINA**

formación de iones y  
formación de los mismos.

# tos estructurales: Estructuras cristalinas de los compuestos iónicos.

**SÓLIDOS IÓNICOS** los iones se dispone en un determinado orden tridimensional (**ESTRUCTURA**) como consecuencia del balance de las atracciones y repulsiones electrostáticas (iones de igual signo se repelen y de signo contrario se atraen).

Un ion está rodeado de iones vecinos más próximos de signo contrario lo que permite definir poliedros sencillos (**poliedros de coordinación**).



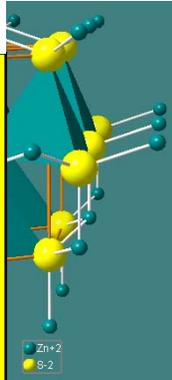
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

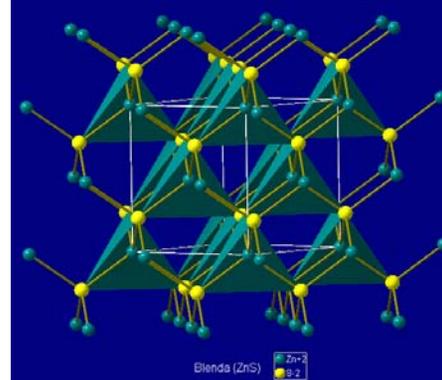
El número de iones de signo contrario más próximos a uno dado se denomina número o **índice de coordinación** (i.c.).

Este índice depende de la **relación de radios**  $r_c/r_a$

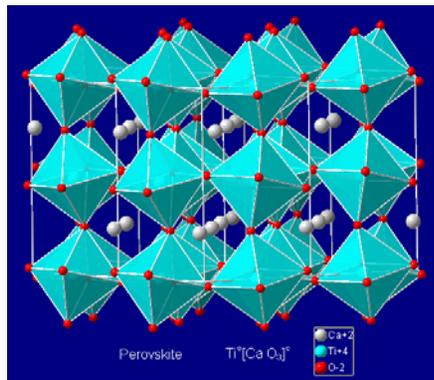
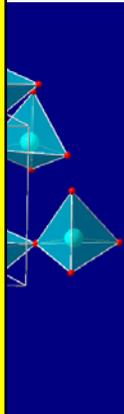
$r_c/r_a$	i.c.
$< 0.155$	2
$0.155 < \dots < 0.225$	3
$0.225 < \dots < 0.414$	4
$0.414 < \dots < 0.732$	6
$0.732 < \dots < 1.000$	8
$> 1.00$	12



## Polimorfismo



Además de que existen muchísimos compuestos iónicos, la disposición de los iones en los diferentes sólidos iónicos puede referirse a un cierto número de **estructuras cristalinas**: hay muchos sólidos iónicos **isoestructurales**.

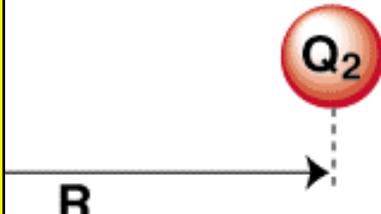


	Tipo estructural		Coordinación
MX	Cloruro de cesio	CsCl	8:8
	Cloruro de sodio	NaCl	6:6
	Blenda (cúbica)	ZnS	4:4
	Wurtzita (hexagonal)	ZnS	4:4
MX <sub>2</sub>	Fluorita	CaF <sub>2</sub>	8:4
	Rutilo	TiO <sub>2</sub>	6:3
	Cristobalita	SiO <sub>2</sub>	4:2

## Aspectos Energéticos: Energía Reticular, Ley de Hess y Ciclo de Born-Haber.

En este tipo de enlace iónico las **interacciones electrostáticas** son las fuerzas que mantienen unidos a los iones.

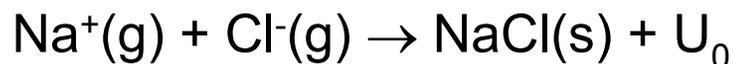
La interacción entre dos cargas viene dada por la **ley de Coulomb**:



$$F = \frac{k Q_1 Q_2}{R^2} \quad E = \frac{k Q_1 Q_2}{R}$$

La energía de interacción entre iones positivos y negativos la **energía de TODAS** las interacciones que se denominan **ENERGÍA RETICULAR** ( $U_0$ ) que se define:

*que se libera cuando un mol de iones positivos y negativos gaseoso pasan desde distancia infinita (sin interacciones) a posiciones en el sólido cristalino.*



## Aspectos Energéticos: Energía Reticular

La energía reticular se puede determinar experimentalmente o calcular teóricamente.

Constante de Avogadro

$$U_0 \propto \frac{-N_A Z_+ Z_- e^2}{d_0}$$

donde  $Z_+$  es la carga de catión y  $Z_-$  la del anión

$d_0$  es la distancia entre iones más próximos de signo contrario en el sólido iónico

El factor de proporcionalidad es la **constante de Madelung (A)**, que representa TODAS las atracciones y repulsiones entre los iones que forman el cristal y **sólo depende de la estructura cristalina** (ordenamiento de los iones en el sólido).

$$A \frac{-N_A Z_+ Z_- e^2}{d_0}$$

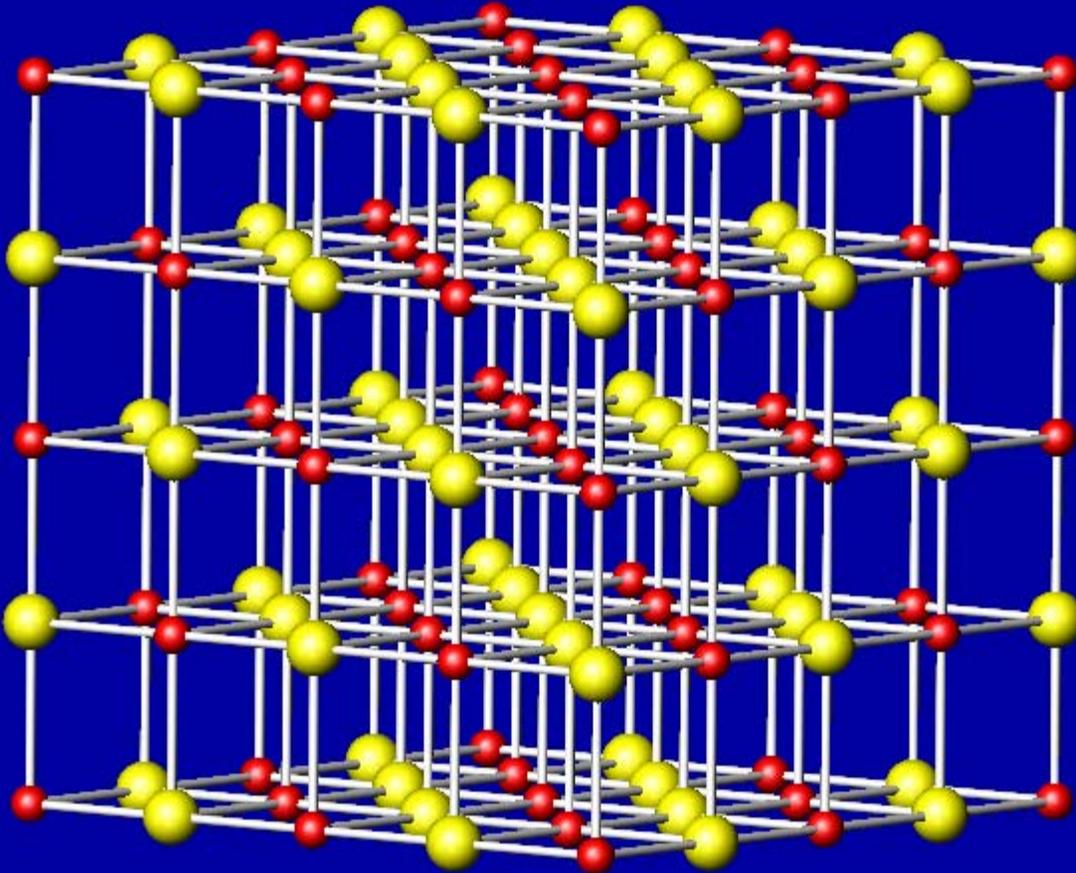
Estructura	A
Cloruro de cesio	1.76267
Cloruro de sodio	1.74756
Blenda	1.63806
Wurtzita	1.64132
Fluorita	2.51939
Rutilo	2.408
Cristobalita	2.2197

# Aspectos Energéticos: Energía Reticular

le la constante de Madelung de **NaCl**:

**NaCl**

$$A = 1.74756$$



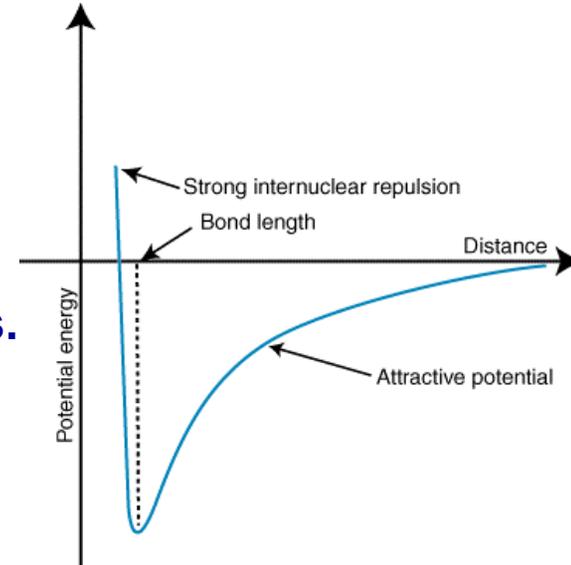
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
...  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# Aspectos Energéticos: Energía Reticular

... la energía reticular considerando sólo fuerzas de tipo coulombiano  
... considerar los iones como esferas infinitamente duras e indeformables.

... acercar los iones más allá de la distancia de  
... aplicando presión, de manera que aparecen  
... de corto alcance incluso entre iones de  
... mismo signo.

**Los iones son infinitamente duros e impenetrables.**



$$\frac{-N_A Z_+ Z_- e^2}{d_0} \left( 1 - \frac{1}{n} \right)$$

## Ecuación de Born-Landé

... constante de Born (depende de la  
... configuración electrónica externa de los iones).

Configuración del ión	n
He	5
Ne	7
Ar, Cu <sup>+</sup>	9
Kr, Ag <sup>+</sup>	10
Xe, Au <sup>+</sup>	12

## Aspectos Energéticos: Energía Reticular

le  $U_0$  de NaCl: 
$$U_0 = \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} A \frac{N_A Z_+ Z_- e^2}{d_0} \left(1 - \frac{1}{\tilde{n}}\right)$$

$$6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$1.74756$$

$$8.854 \times 10^{-19} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-1}$$

$$8.988 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

$$d_0 = 0.281 \text{ nm}$$

$$n(\text{Na}^+) = 7$$

$$n(\text{Cl}^-) = 9$$

$$\tilde{n} = (7+9)/2 = 8$$

$$U_0(\text{teórico}) = -754.1 \text{ kJmol}^{-1}$$

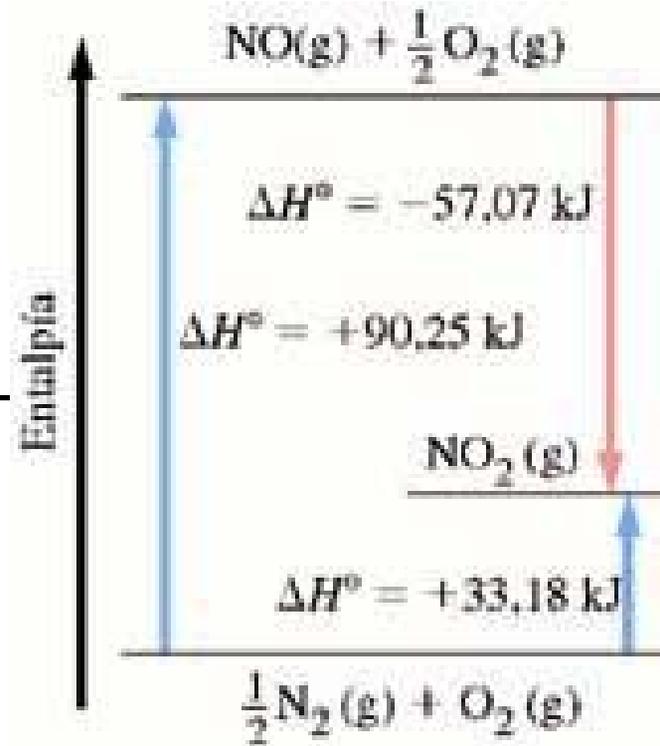
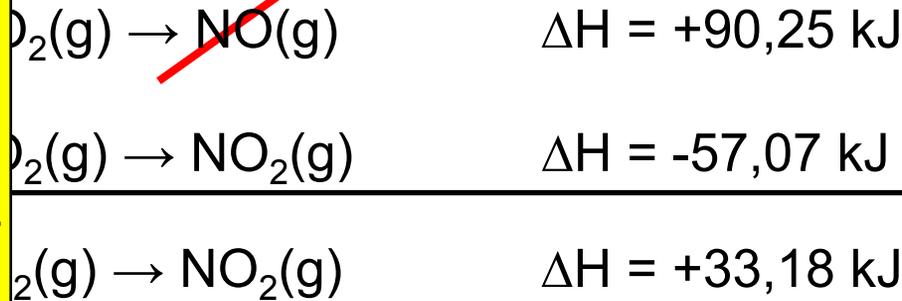
$$U_0 = [U_0(\text{teórico}) - U_0(\text{exp.})] / U_0(\text{exp.}) = 3.5 \%$$

¿Cómo se obtiene la  $U_0$  experimental?

# Aspectos Energéticos: Ley de Hess y Ciclo de Born-Haber.

La ley de Hess establece que la suma del calor constante:

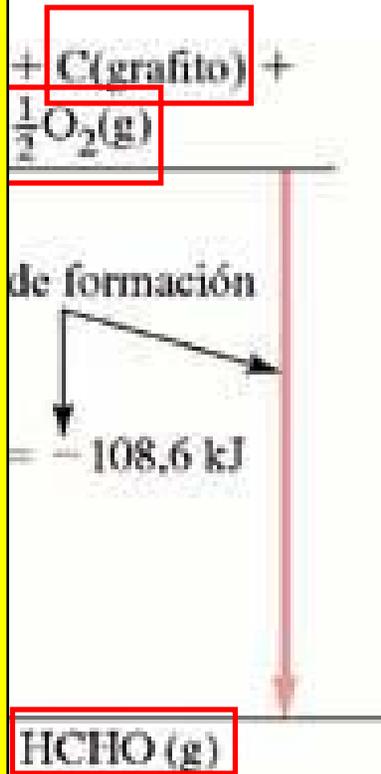
de un proceso que transcurre en varias etapas o pasos (incluso sólo uno), la variación de entalpía del proceso global (neto) es igual a la suma de las variaciones de entalpía de las etapas individuales.



# Aspectos Energéticos: Ley de Hess y Ciclo de Born-Haber.

Aplicando la ley de Hess a la reacción de formación de un compuesto iónico se construye el ciclo de Born-Haber.

de formación estándar.



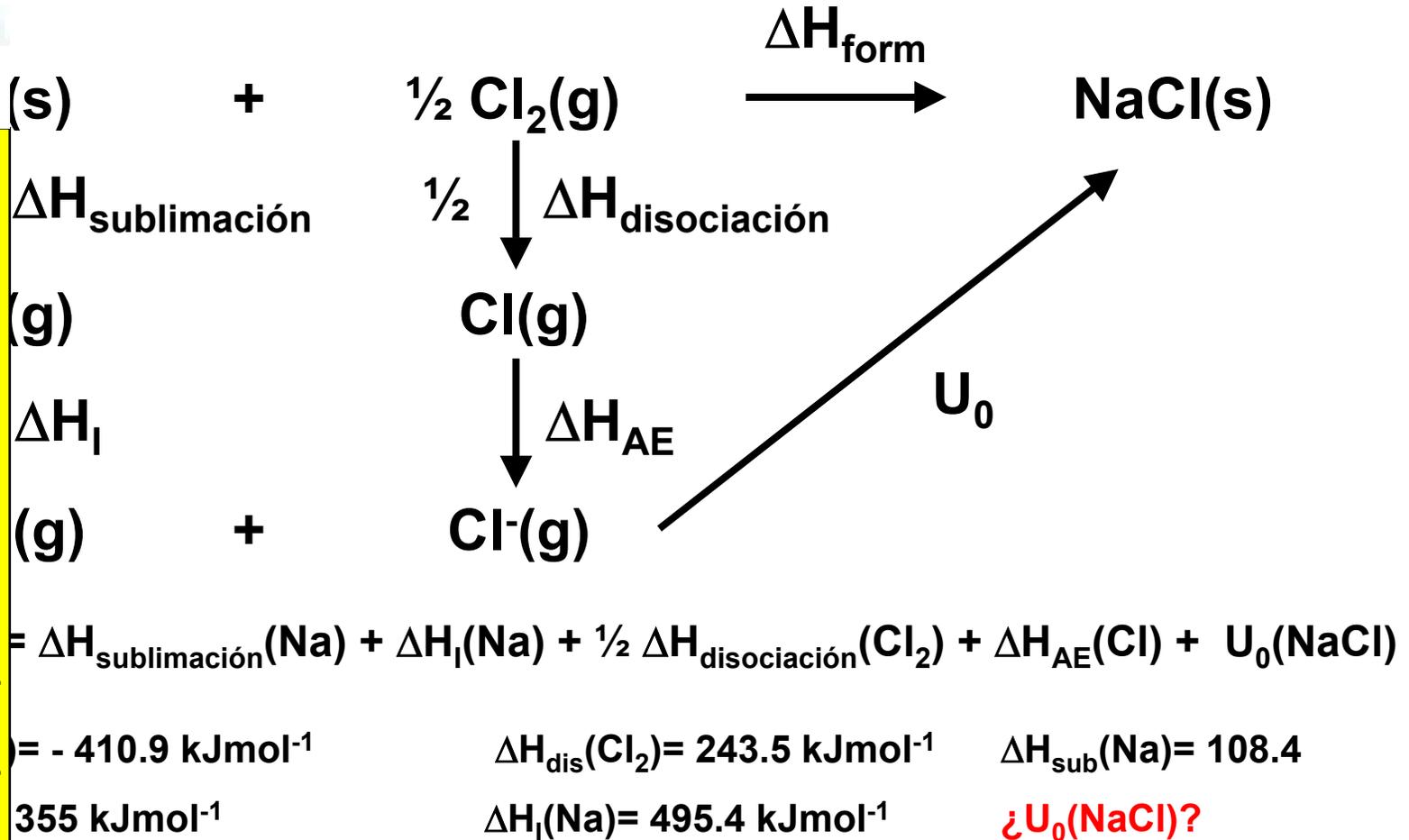
La entalpía de formación estándar de una sustancia es la variación de entalpía correspondiente a la formación de 1 mol de la sustancia en el estado estándar a partir de sus elementos en los estados estándar de sus formas de referencia.

La entalpía de formación estándar de un elemento puro en su estado de referencia es 0.

**Las sustancias con entalpías de formación negativas son termodinámicamente estables.**

# spectos Energéticos: Ciclo de Born-Haber.

Born-Haber para NaCl.



$U_0(\text{exp.}) = -781.4 \text{ kJmol}^{-1}$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# Propiedades de los compuestos iónicos.

## Coeficiente de dilatación térmica:

pequeño y disminuye al

NaF	NaCl	NaBr	NaI
914.2	770.3	728.4	680.7
39	40	43	48

## Conductividad eléctrica:

baja en estado sólido porque los iones están “fijos” en sus posiciones en el cristal

alta en fundido; la red se desmorona y los iones pueden moverse y conducir

La solubilidad de un compuesto iónico depende de dos factores:

## La energía reticular y la naturaleza del disolvente

Se puede descomponer el proceso global de disolución de una sustancia iónica en dos etapas hipotéticas:

- 1.- Disociación de la sal en estado gaseoso
- 2.- Los iones gaseosos pasan al seno del disolvente

Diagram showing the solution of NaCl in Water.

Diagram showing the solution of NaCl in Water.

# Propiedades de los compuestos iónicos.

sociación de la sal en estado gaseoso

$$\Delta H^\circ_u = -U_0 = A \frac{N_A Z_+ Z_- e^2}{r_+ + r_-} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \quad \Delta H^\circ_u > 0$$

Los iones gaseosos pasan al seno del disolvente

$$\Delta H^\circ_h = \Delta H^\circ_{h+} + \Delta H^\circ_{h-} = -N_A \left( \frac{Z_+^2 e^2}{2r_+} + \frac{Z_-^2 e^2}{2r_-} \right) \left(1 - \frac{1}{D}\right) \quad \Delta H^\circ_h < 0$$

**Para estimar la solubilidad de un compuesto iónico**

$|\Delta H^\circ_h| \uparrow$  y  $|\Delta H^\circ_u| \downarrow$  la solubilidad será elevada:

Las sales con valores muy negativos de energía reticular son poco solubles

Disminuyen al aumentar  $Z_+$  y  $Z_-$  y disminuir  $r_+$  y  $r_-$

$(r_+ + r_-) = \text{cte}$  y  $Z_+, Z_-$  constantes

Disminuye si  $r_+/r_-$  aumenta

Es mínimo si  $(r_+/r_-) \approx 1$

Las sales con cationes y aniones de tamaño similar son poco solubles.

Para una sal sea  $D$  (constante dieléctrica) del disolvente **mayor** será la **solubilidad**.

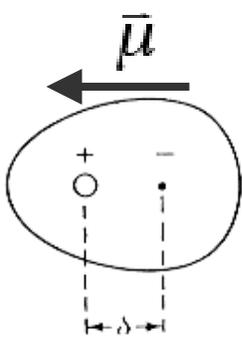
# Formación del enlace iónico por participación de enlace covalente.

El modelo iónico supone que la carga eléctrica de los iones posee **distribución esférica**

En ciertas circunstancias la carga del ión **NO** tiene **distribución esférica**:  
**POLARIZACIÓN**

La polarización se puede producir por:

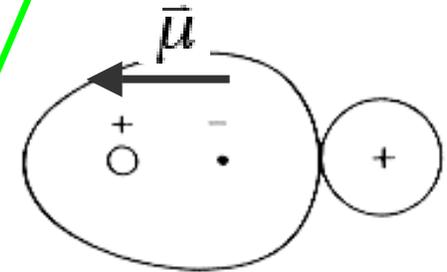
campo eléctrico externo



$$\bar{\mu} = \alpha \bar{E}$$

**POLARIZABILIDAD**

el campo eléctrico creado por un ión próximo



**Capacidad o PODER POLARIZANTE**

**ión del enlace iónico por participación de enlace covalente.**

**o PODER POLARIZANTE es la capacidad que tiene un ion para la distribución de carga de otro ion cercano.**

por el valor del cociente

$$\frac{Z e}{r^2}$$

*Valores relativos de la capacidad de polarización de algunos iones (en  $Ze/r^2$ , según Goldschmidt).*

									H <sup>-</sup> 0,62
Li <sup>+</sup> 1,64	Be <sup>2+</sup> 17,30							O <sup>2-</sup> 1,15	F <sup>-</sup> 0,57
Na <sup>+</sup> 1,04	Mg <sup>2+</sup> 3,29				Al <sup>3+</sup> 9,23	Si <sup>4+</sup> 26,30		S <sup>2-</sup> 0,66	Cl <sup>-</sup> 0,30
K <sup>+</sup> 0,57	Ca <sup>2+</sup> 1,78	Sc <sup>3+</sup> 4,35	Ti <sup>4+</sup> 4,76		Zn <sup>2+</sup> 2,90	Ga <sup>3+</sup> 7,80	Ge <sup>4+</sup> 20,66	Se <sup>2-</sup> 0,55	Br <sup>-</sup> 0,26
Rb <sup>+</sup> 0,45	Sr <sup>2+</sup> 1,24	Y <sup>3+</sup> 2,67	Zr <sup>4+</sup> 5,28	Nb <sup>5+</sup> 10,50	Cd <sup>2+</sup> 1,88	In <sup>3+</sup> 3,54	Sn <sup>4+</sup> 7,30	Te <sup>2-</sup> 0,45	I <sup>-</sup> 0,21
Cs <sup>+</sup> 0,37	Ba <sup>2+</sup> 0,98	La <sup>3+</sup> 2,01			Hg <sup>2+</sup> 1,59	Tl <sup>3+</sup> 2,72	Pb <sup>4+</sup> 5,67		

**esta tabla observamos que los cationes poseen mayor capacidad de polarización que los aniones**

## ión del enlace iónico por participación de enlace covalente.

**POLARIZABILIDAD** de un ion es la “facilidad” con que la nube de electrones del ion puede deformarse por la presencia de un campo eléctrico próximo.

*Polarizabilidad de algunos iones  
(valores relativos, según Born y Heisenberg).*

Li <sup>+</sup>	Be <sup>2+</sup>	B <sup>3+</sup>		O <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>
0,075	0,028	0,014		3,1	0,99
Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Si <sup>4+</sup>	S <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
0,21	0,12	0,065	0,043	6,15	3,05
K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Sc <sup>3+</sup>	Ti <sup>4+</sup>	Se <sup>2-</sup>	Br <sup>-</sup>
0,85	0,57	0,38	0,27	6,4	4,17
Rb <sup>+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Y <sup>3+</sup>		Te <sup>2-</sup>	I <sup>-</sup>
1,81	1,42	1,04		9,6	6,28
Cs <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	La <sup>3+</sup>			
2,79	2,08	1,56			

En esta tabla observamos que **los aniones son más polarizables que los cationes**

## **ión del enlace iónico por participación de enlace covalente.**

Aunque la polarización de los iones contiguos en un  
puesto iónico es mutua, se puede considerar únicamente  
**efecto polarizante del catión sobre el anión**

### **Reglas de FAJANS**

**Capacidad de polarización de los cationes** es tanto **mayor**  
**mayor es la carga y menor el radio**. A igualdad de carga y radio,  
la capacidad de polarización es mayor en los cationes de elementos de  
segunda y tercera periodos que en los que tienen configuración electrónica de gas noble.

**Polarizabilidad de los aniones aumenta al aumentar la carga y**

El acercamiento de la nube electrónica del anión hacia el catión supone la  
distorsión parcial de los electrones:

**Carácter parcialmente covalente del enlace iónico**

# ión del enlace iónico por participación de enlace covalente.

la contribución covalente sobre el enlace iónico:

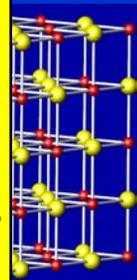
ncias entre  $U_0(\text{exp})$  y  $U_0(\text{teo})$

nución del número de coordinación respecto al previsto por  
de radios  $r_c/r_a$ :

disminución de la dimensionalidad de la estructura

ional

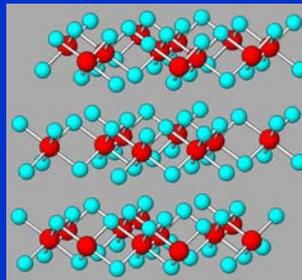
...



6

6

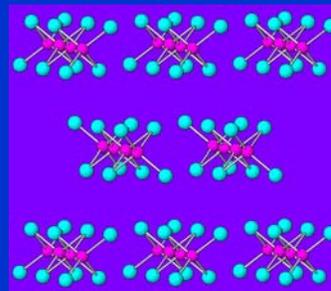
Laminar



i.c.  $\text{Fe}^{3+}$  6

i.c.  $\text{Cl}^-$  2

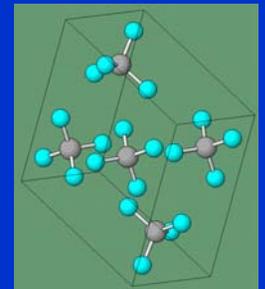
En cadenas



i.c.  $\text{Be}^{2+}$  4

i.c.  $\text{Cl}^-$  2

Moléculas



i.c.  $\text{Si}^{4+}$  4

i.c.  $\text{Cl}^-$  2

Porcentaje de carácter covalente

+