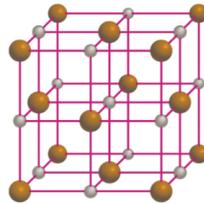
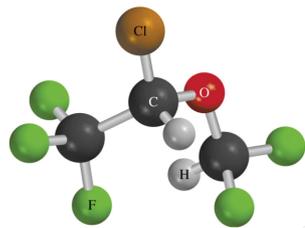
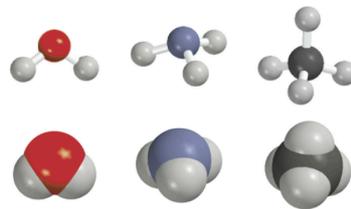


TEMA 4 (Parte I)

EL ENLACE QUÍMICO. IÓNICO



M^o PILAR RUIZ OJEDA
BORJA MUÑOZ LEOZ



Contenidos:

1. Introducción
2. Representaciones de Lewis. Regla del Octeto
3. El enlace iónico
 - 3.1. Redes iónicas
 - 3.2. Energía reticular
 - 3.3. Ciclo de Börrn-Haber
4. Propiedades de las sustancias iónicas
5. Resumen del enlace iónico

Bibliografía

Libros de Teoría y Problemas

- Chang R. Química. McGraw Hill. México, 2010 (Cap. 9 y 10).
- Petrucci R. H., Harwood W.S. Química General. Prentice Hall. Madrid, 2011 (Cap. 10 y 11).
- Reboiras M.D. Química. La Ciencia Básica. Thomson. Madrid, 2005 (Cap. 10 y 11).

Libros de Problemas Resueltos

- Fernández M.R., Fidalgo J.A. 1000 Problemas de Química General. Everest. León, 1996.
- Reboiras M.D. Problemas Resueltos de Química. La Ciencia Básica. Thomson. Madrid, 2007.

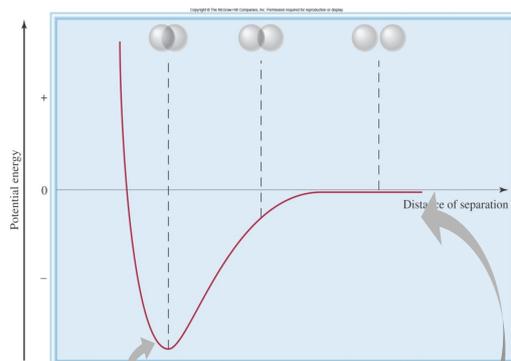
1. Introducción

¿Qué es un enlace?

"Una fuerza lo suficientemente intensa que actúa entre dos átomos o grupos de átomos para mantenerlos unidos originando especies diferenciadas, estables durante el tiempo suficiente como para que puedan ser determinadas sus características físicas y químicas"

1. Introducción

¿Qué es un enlace?



- Se origina un sistema estable cuyo estado energético es inferior al de los átomos aislados.

OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

5

1. Introducción

Tipos de Enlaces Interatómicos

Enlaces **interatómicos** o **intramoleculares**: mantienen unidos entre sí a los átomos de una molécula.

- Enlace iónico**: Atracción entre iones + y -
- Enlace covalente**: Compartición de electrones.
- Enlace metálico**: Gran movilidad de electrones.

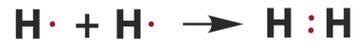
Hay gran cantidad de compuestos cuyos enlaces son intermedios entre el iónico y el covalente.

OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

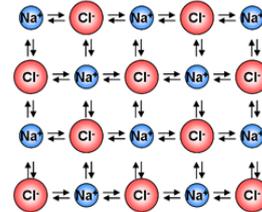
6

1. Introducción

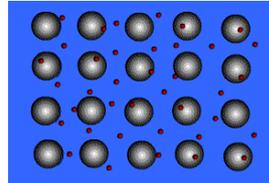
Enlace Covalente



Enlace Iónico



Enlace Metálico



OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

7

1. Introducción

Enlaces o Fuerzas Intermoleculares

Los enlaces o fuerzas intermoleculares:

- Son los que mantienen unidas entre sí a las moléculas de una misma sustancia.
- Estas fuerzas intermoleculares son **más débiles** que las interatómicas.
- Pueden ser:
 - a) Fuerzas de Van der Waals
 - b) Enlace o Puente de Hidrógeno

OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

8

2. Representaciones de Lewis. Regla del Octeto

Electrones de Valencia: son los que están en la última capa cuántica y son los responsables del enlace químico.

Notación de Lewis para un átomo de un elemento:

- Se escribe el símbolo químico que representa el núcleo y los electrones internos de un átomo.
- Se colocan puntos alrededor del símbolo para representar a los electrones de valencia.

Ejercicio: Escribir la notación de Lewis para el Na, C, N, O, F, Ne, Cl, S, K, ...

2. Representaciones de Lewis. Regla del Octeto

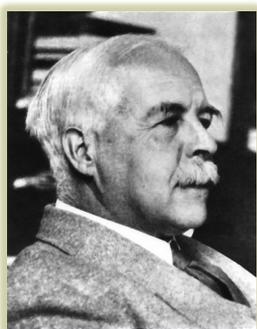
Representaciones de Lewis para los elementos representativos

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

1 1A	2 2A	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B	9	10	11 1B	12 2B	13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 8A
•H	•Be											•B	•C	•N	•O	•F	•He
•Li	•Mg											•Al	•Si	•P	•S	•Cl	•Ar
•Na	•Ca											•Ga	•Ge	•As	•Se	•Br	•Kr
•K	•Sr											•In	•Sn	•Sb	•Te	•I	•Xe
•Rb	•Ba											•Tl	•Pb	•Bi	•Po	•At	•Rn
•Cs	•Ra																
•Fr																	

2. Representaciones de Lewis. Regla del Octeto

El enlace según Lewis

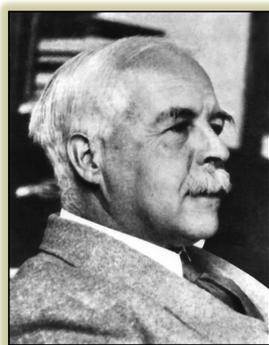


- Los **electrones de valencia** juegan un papel fundamental en el enlace químico.
- La **transfere**ncia de electrones conduce a los enlaces iónicos.
- La **comp**artición de electrones lleva a los enlaces covalentes.
- Los electrones se transfieren o se comparten de manera que los átomos adquieren la **configuración estable** de gas noble: **El octeto**.

OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

11

2. Representaciones de Lewis. Regla del Octeto



Gilbert Newton Lewis (1916)

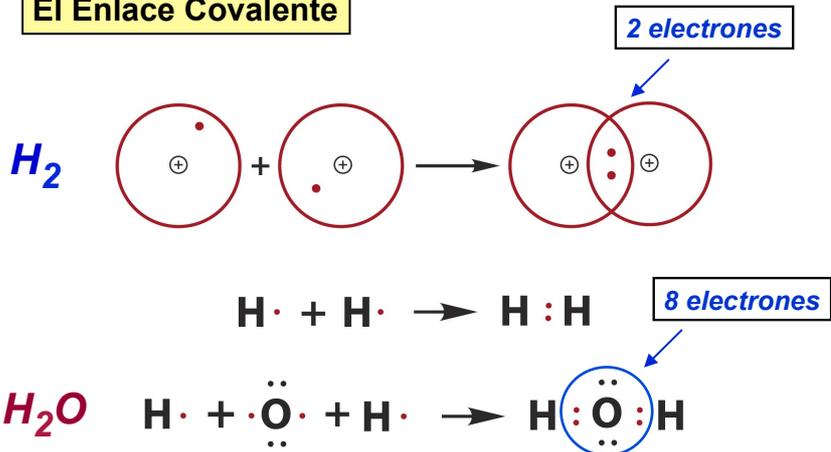
“Los átomos tienden a combinarse mediante ganancia-pérdida (enlace iónico) o compartición (enlace covalente) de electrones de modo que el nivel de energía más externo de cada átomo tenga cuatro pares de electrones, con una configuración $ns^2 np^6$.”

OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

12

2. El Enlace Covalente según Lewis

El Enlace Covalente

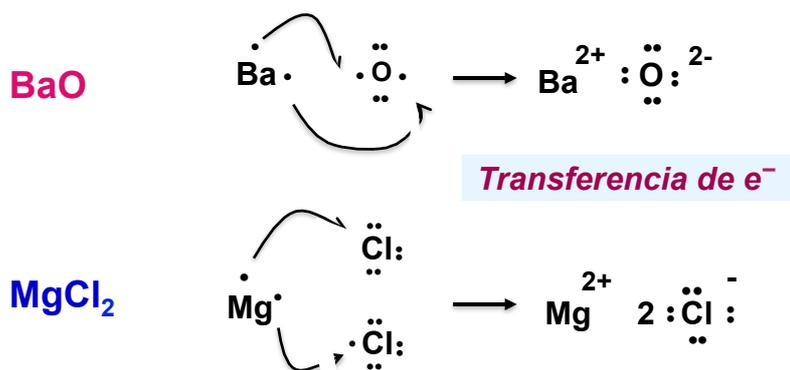


OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

13

2. Representaciones de Lewis. Regla del Octeto

El Enlace Iónico

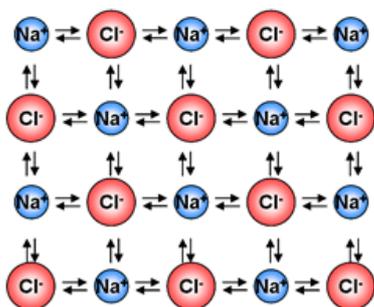


OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

14

3. El Enlace Iónico

- ¿Qué clase de elementos participan en el enlace iónico?
- ¿Qué compuestos químicos presentan este tipo de enlaces?



Representación
Bidimensional del NaCl

OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

15

3. El Enlace Iónico

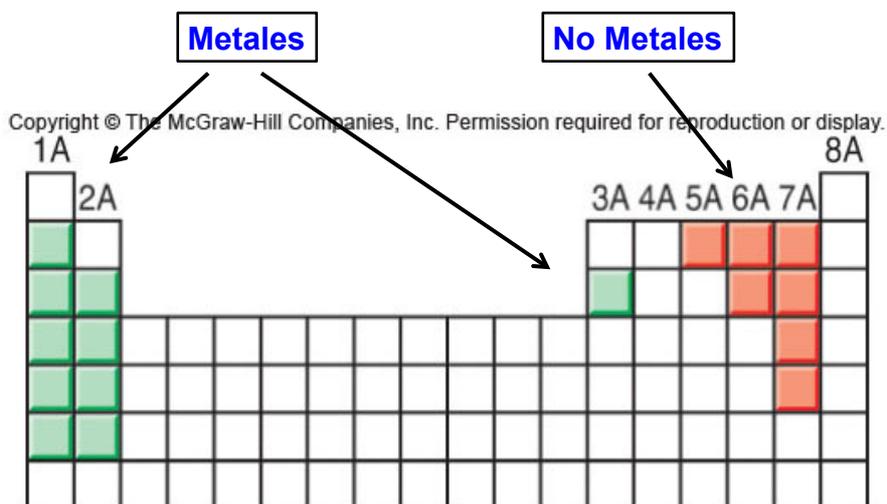
En el enlace iónico participan:

- **Metales:** Tendencia a perder electrones y formar **cationes**. Son elementos poco electronegativos.
- **No metales:** Tendencia a ganar electrones y formar **aniones**. Son elementos muy electronegativos.
- El enlace iónico se forma cuando la diferencia de **EN** entre los átomos enlazados es **> 2**.

OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

16

3. El Enlace Iónico

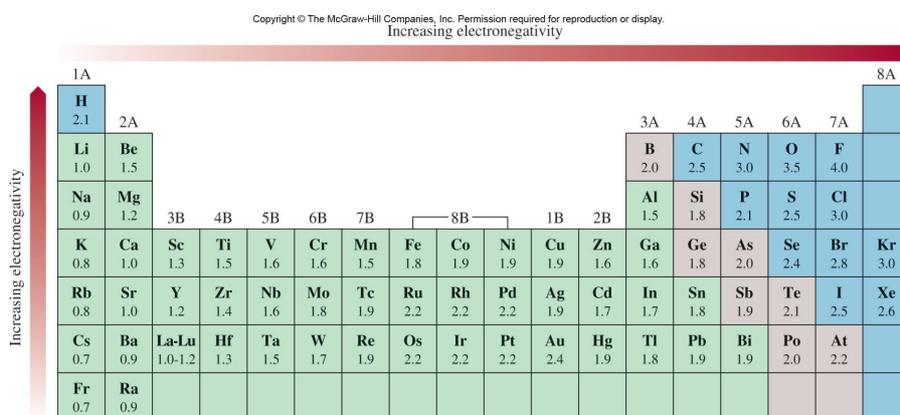


OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

17

3. El Enlace Iónico

Variación de la EN en la Tabla Periódica

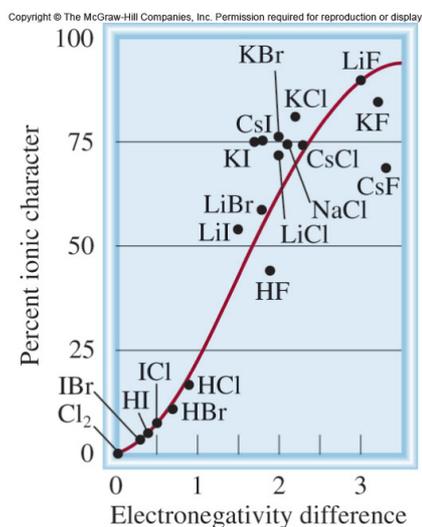


OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

18

3. El Enlace Iónico

El enlace iónico se forma cuando la diferencia de EN entre los átomos enlazados es > 2 .



3. El Enlace Iónico

Por tanto, los compuestos que tienen enlaces iónicos son:

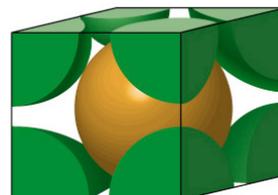
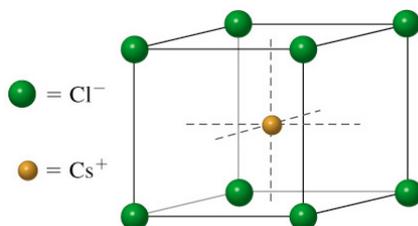
- **Las sales:** KF , NaCl , MgCl_2 , NaNO_3 , CaSO_4 , ...
- **Los óxidos metálicos:** Al_2O_3 , CaO , Li_2O , ...
- **Algunas bases:** NaOH , KOH , $\text{Al}(\text{OH})_3$, ...

3.1. El Enlace Iónico. Redes Cristalinas

- **Índice de Coordinación:** N° de iones de un signo que rodean a otro de signo contrario.
- **La geometría** de la red viene dada por:
 - **Neutralidad eléctrica:**
N° cargas positivas = N° cargas negativas
 - **Tamaño relativo de aniones y cationes:** Los iones de signo contrario se empaquetan procurando un empaquetamiento compacto, según sus tamaños iónicos.

3.1. El Enlace Iónico. Redes Cristalinas

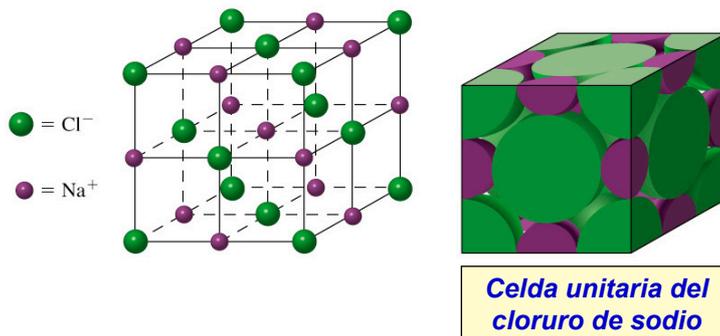
- Tipo de red **Cloruro de Cesio**
- Índice de Coordinación **8:8**. Cada ión de Cs^+ se rodea de 8 iones Cl^- y cada ión Cl^- se rodea de 8 de Cs^+



Celda unitaria del cloruro de cesio

3.1. El Enlace Iónico. Redes Cristalinas

- Tipo de red **Cloruro de Sodio**.
- Índice de Coordinación **6:6**. Cada ión de Na^+ se rodea de 6 iones Cl^- y cada ión Cl^- se rodea de 6 de Na^+

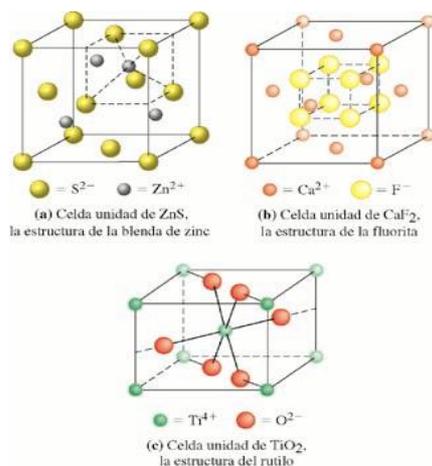


OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

25

3.1. El Enlace Iónico. Redes Cristalinas

Otros tipos de celdas unitarias más complejas:



OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

26

3.2. El Enlace Iónico. Energía Reticular

- La energía reticular, U_o , es la energía desprendida cuando los iones positivos y negativos necesarios, en estado gaseoso, se condensan para formar un mol de cristal iónico.
- En los compuestos iónicos la U_o tiene valores elevados como corresponde a **enlaces fuertes**.

3.2. El Enlace Iónico. Energía Reticular

- Se expresa por:
$$U_o = - \frac{N \cdot A \cdot e^2 \cdot z_1 \cdot z_2}{r} (1-1/n)$$

- e = carga del electrón
- N = n^o de Avogadro
- z_1 y z_2 son las valencias iónicas de ambos iones
- r , es la suma de los radios iónicos de iones adyacentes positivos y negativos
- A , constante de Madelung (es un valor propio de cada estructura cristalina y vale entre 1,6 y 25)
- n , es el exponente de Born. Puede valer entre 5-11

3.2. El Enlace Iónico. Energía Reticular

- Como es lógico, cuanto mayor sea U_o en un compuesto iónico, mayor será su punto de fusión (punto de ebullición, dureza, ...).

Relación entre la energía de red y los puntos de fusión de varias sustancias iónicas

Compound	U_o Lattice Energy (kJ/mol)	T^a fusión Melting Point (°C)
LiF	1017	845
LiCl	828	610
LiBr	787	550
LiI	732	450

OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

29

3.2. El Enlace Iónico. Energía Reticular

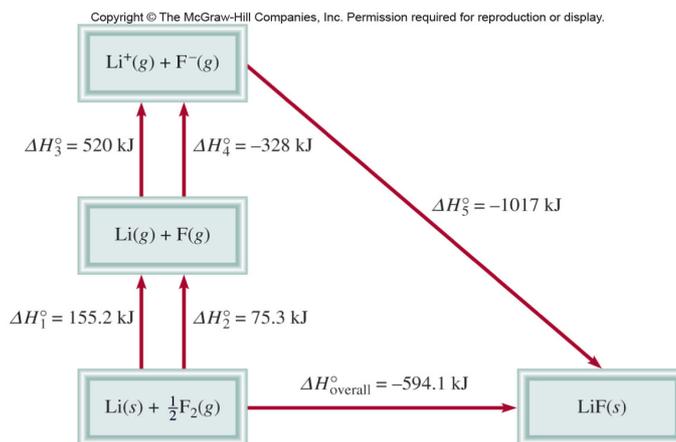
- Conviene conocer el valor de U_o porque es una buena medida de la estabilidad de los compuestos iónicos.
- En muchos casos el cálculo directo de la energía reticular mediante la ecuación anterior resulta imposible por no disponerse de todos los datos necesarios.
- Cuando esto sucede, se recurre a un artificio teórico conocido como **ciclo de Börn-Haber**, que se basa en la Ley de Hess.

OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

30

3.3. El Enlace Iónico. Ciclo de Born-Haber

Ciclo de Börn-Haber para el LiF

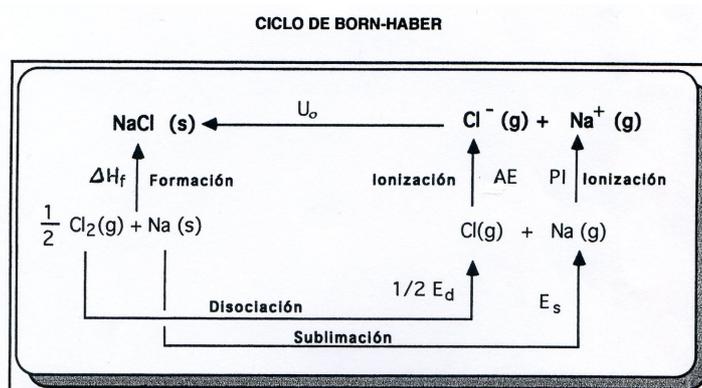


OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

31

3.3. El Enlace Iónico. Ciclo de Born-Haber

Ciclo de Born-Haber para el NaCl



OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

32

4. Propiedades de las Sustancias Iónicas

Puntos de Fusión

	NaF	NaCl	NaBr	NaI
P_f (°C)	988	801	740	660
r (Å)	2,31	2,81	2,94	3,18

Cuestión: Los puntos de fusión de la tabla, ¿son coherentes con la variación de U_o con la distancia internuclear entre iones contiguos enlazados?

4. Propiedades de las Sustancias Iónicas

Dureza

	BeO	MgO	CaO	SrO	BaO
Dureza	9	6,5	4,5	3,5	3,3
r (Å)	1,65	2,10	2,40	2,57	2,77

Cuestión: Los valores de la dureza de compuestos iónicos que aparecen en la tabla, ¿son coherentes con la variación de U_o con la distancia internuclear entre iones contiguos enlazados?

4. Propiedades de las Sustancias Iónicas

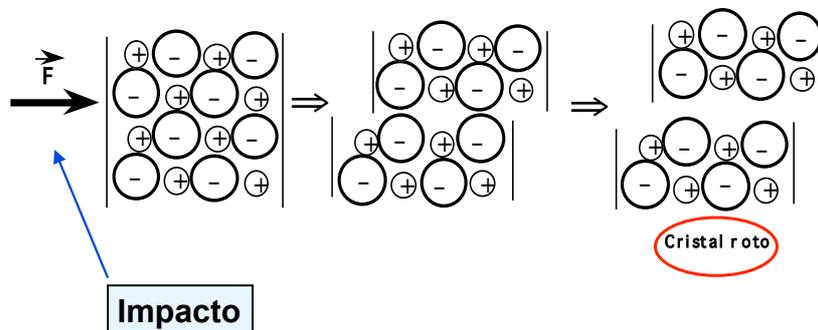
Dureza

	NaF	MgO	ScN	TiC
Dureza	3,2	6,5	7-8	8-9
r (Å)	2,31	2,10	2,23	2,23

Cuestión: Los valores de la dureza de los compuestos iónicos que aparecen en la tabla, ¿son coherentes con la variación de U_0 en esos mismos compuestos?

4. Propiedades de las Sustancias Iónicas

Fragilidad



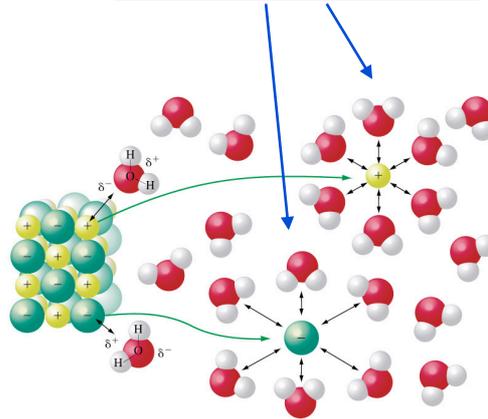
4. Propiedades de las Sustancias Iónicas

Solubilidad en H_2O

En general, los compuestos iónicos son solubles en **agua** (**disolvente polar**).

Hay excepciones: el **AgCl** es una sustancia iónica y, sin embargo, es muy poco soluble en agua.

Iones solvatados por moléculas de agua

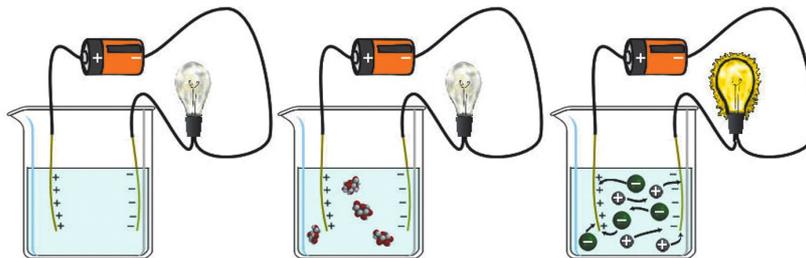


OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

37

4. Propiedades de las Sustancias Iónicas

Conductividad de las disoluciones iónicas



Agua pura

Disolución
de Glucosa

Disolución
de NaCl

Cuestión: Valora y discute lo que expresan esos dibujos

OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

38

4. Propiedades de las Sustancias Iónicas

- Las disoluciones iónicas tienen una conductividad bastante inferior a la de los metales.
- Además, al aumentar la **temperatura** aumenta la velocidad de los iones (agitación térmica) y, por tanto, **aumenta la conductividad**.
- Las disoluciones de electrolitos se dicen que son **conductores de segunda especie**.

5. Resumen del Enlace Iónico

- Los símbolos de puntos de Lewis representan el nº de electrones de valencia que posee un átomo de un elemento dado. Estos símbolos se usan principalmente para los elementos representativos.
- Los elementos que tienden a formar compuestos iónicos tienen valores bajos de energías de ionización (como los metales alcalinos y alcalinotérreos, que forman cationes) o afinidades electrónicas elevadas (como los halógenos y el oxígeno, que forman aniones).
- El enlace iónico se produce por la atracción entre iones positivos y negativos.

5. Resumen del Enlace Iónico

- Los compuestos iónicos forman redes cristalinas donde está asegurada la neutralidad eléctrica. En la estructura cristalina de un compuesto iónico sólido la fuerza de atracción neta entre los iones es máxima.
- La Energía Reticular es una medida de la estabilidad de un sólido iónico.
- Las propiedades de los compuestos iónicos son:
 - 1 *Son sólidos a temperatura ambiente.*
 - 2 *Tienen puntos de fusión y ebullición elevados.*
 - 3 *Son frágiles.*
 - 4 *En general, se disuelven bien en agua (disolvente polar).*
 - 5 *En estado sólido no conducen la electricidad, pero fundidos o en disolución, sí.*