

Enlace metálico

Es el enlace mediante el cual se combinan entre sí dos o más átomos metálicos, o sea, átomos de elementos de electronegatividades bajas y con tendencia a ceder electrones.

Este enlace implica la formación de estructuras tridimensionales compactas, lo que les otorga a las especies metálicas sus altas densidades.

Hay dos modelos que tratan de explicar la formación del enlace metálico: el modelo del mar de electrones y la teoría de bandas. A continuación se expone sólo el primero de ellos.

Modelo del mar de electrones o de la nube de electrones

Según este modelo, los átomos metálicos que se van a combinar ceden sus electrones de valencia a una “nube electrónica”. Así, los átomos de metal pasarán a ser cationes y los electrones que donaron formarán una nube que luego rodeará completamente y por igual a todos los cationes, (figura 3.3.). Así, el enlace metálico resulta de la atracción entre los cationes formados y los electrones móviles.

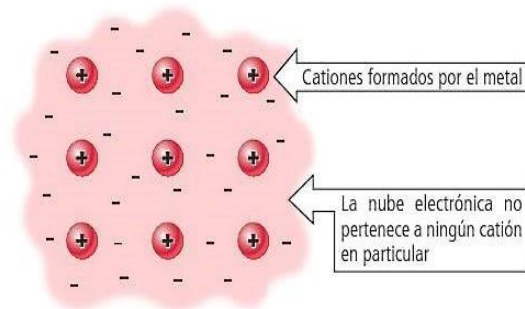


FIGURA 3.3. Modelo del mar de electrones. Las esferas rojas representan a los cationes que se formaron cuando los átomos donaron sus electrones de valencia; mientras que el fondo rosado corresponde a la nube de electrones formada por el giro de los electrones donados.

Como la nube electrónica es compartida por todos los cationes, los electrones no pertenecen a ningún átomo determinado, lo que origina un enlace que se extiende en todas direcciones. Esta característica permite explicar muchas de las propiedades de los metales, como por ejemplo su conductividad eléctrica, su maleabilidad y su ductilidad.

Desafío



Teoría de bandas

El modelo del mar de electrones resultó insuficiente para explicar ciertas diferencias entre algunos metales, lo que motivó el desarrollo de una teoría más compleja para el enlace metálico, que se conoce con el nombre de teoría de bandas.

Junto a dos compañeros más, ¿pueden descubrir qué es lo que el modelo del mar de electrones no puede explicar y en qué consiste –muy a grandes rasgos– la teoría de bandas?

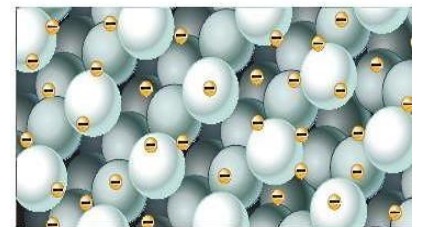


FIGURA 3.4. Representación tridimensional del modelo del mar de electrones del enlace metálico. Las esferas grises representan a los cationes y las amarillas (-) representan a los electrones.

Actividad 2: Aplica lo aprendido



Objetivo: Relacionar las características del enlace metálico con las propiedades de los metales y sus usos.

- 1 Explica, de acuerdo con el modelo propuesto, la conductividad eléctrica de los metales.
- 2 Según el modelo propuesto, explica las uniones entre átomos metálicos de sodio.
- 3 ¿Qué implicaciones tuvo para la humanidad el descubrimiento de metales como el cobre (Cu) y el hierro (Fe) en conjunto con el desarrollo de técnicas para extraerlos y trabajarlos?

Química en la web

En el siguiente link puedes encontrar una animación del modelo del mar de electrones. ¡Te invitamos a verla!

<http://www.drkstreet.com/resources/metallic-bonding-animation.swf>

Averígualo...

¿Cuál es el punto de fusión del:

- i) Mercurio (Hg)
- ii) Galio (Ga)
- iii) Cesio (Cs)
- iv) Cobre (Cu)
- v) Oro (Au)
- vi) Hierro (Fe)

Las sustancias que presentan enlace metálico tienen las siguientes propiedades:

- Tienen brillo.
- Son sólidos a temperatura ambiente, excepto el mercurio (Hg) que es líquido.
- Tienen altos puntos de fusión y ebullición, excepto el mercurio, el cesio y el galio.
- Son buenos conductores del calor y la electricidad.
- Son maleables, es decir, pueden formar láminas o planchas finas.
- Son dúctiles, es decir, pueden formar alambres o hilos delgados.
- Resisten grandes tensiones sin romperse, es decir, son tenaces.
- En general son más densos que el agua, menos el sodio (Na), el litio (Li) y el potasio (K).

Es importante notar, que las aleaciones (mezclas de metales), también se mantienen unidas entre sí por medio de enlace metálico.

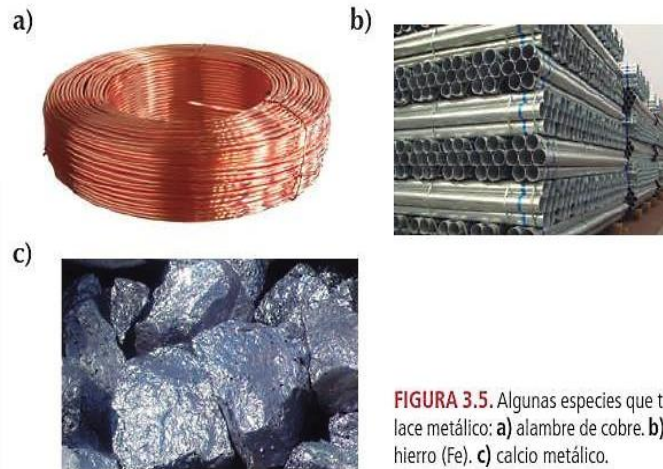
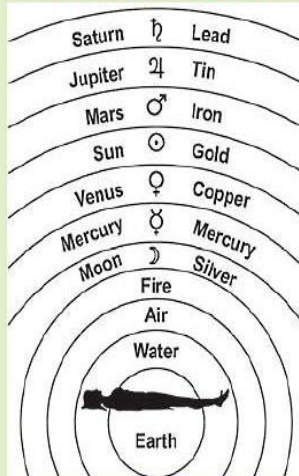


FIGURA 3.5. Algunas especies que tienen enlace metálico: a) alambre de cobre. b) tubos de hierro (Fe). c) calcio metálico.

Practice your English



"These are the alchemical or astrological symbols for the planets and other celestial bodies. The metals were 'ruled' by planets and had the same symbols".

Puedes encontrar la traducción y explicación en el solucionario de la Unidad.

Actividad 3: Relacionando lo aprendido con tu vida

Objetivo: Relacionar las propiedades del enlace metálico con sustancias de uso cotidiano.

En grupos de tres estudiantes, respondan en sus cuadernos las respuestas de las siguientes preguntas.

- 1 ¿Qué especies que tienen enlace metálico utilizas con frecuencia en tu vida?
- 2 De las especies metálicas antes mencionadas, analiza solo tres de ellas, y para cada una de ellas contesta la siguiente pregunta:
- 3 ¿Dicha sustancia tiene las propiedades de los metales mencionadas más arriba? Justifiquen su respuesta.

Una vez que hayan terminado sus respuestas, elaboren una respuesta grupal breve que luego será comentada al resto del curso.

Actividad grupal

Símbolos de puntos de Lewis, regla del octeto y regla del dueto

El desarrollo de la tabla periódica y el concepto de configuración electrónica dieron a los químicos los fundamentos para entender cómo se forman las moléculas ya sean elementos o compuestos. La explicación propuesta por Gilbert Lewis¹ es que **los átomos se combinan para alcanzar una configuración electrónica más estable y la estabilidad máxima se logra cuando un átomo es isoelectrónico con un gas noble.**

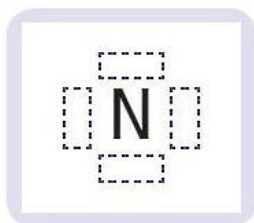
Cuando los átomos interactúan para formar un enlace químico, solo entran en contacto sus regiones más externas. Por esta razón, cuando estudiamos los enlaces químicos consideramos sobre todo los electrones de valencia de los átomos. Los químicos utilizan un sistema de puntos desarrollado por Lewis, donde *se dibujan los electrones de valencia de un elemento como puntos o cruces*. Esta representación recibe el nombre de **símbolo de Lewis**.

Los metales de transición, los lantánidos y los actínidos tienen capas internas de electrones incompletas, y por tanto, no es posible, escribir símbolos de Lewis para ellos.

El símbolo de Lewis es una herramienta útil para los elementos de grupos A, donde la cantidad de electrones de valencia coincide con el número del grupo del elemento.

Entonces, para realizar el símbolo de Lewis de un elemento:

1. Escribimos el símbolo del elemento, supongamos nitrógeno (N), sabiendo que para dibujar solo dispondremos de cuatro zonas (arriba, abajo, izquierda y derecha, que se muestran como rectángulos), cada una de las cuales puede aceptar solo dos puntos (dos electrones):



2. Determinamos la cantidad de puntos (o cruces) que dibujar alrededor del símbolo del elemento. En este caso, de acuerdo a la configuración electrónica más externa ($2s^2 2p^3$), el N tiene 5 electrones de valencia (pertenece al grupo V-A) y por tanto cinco puntos.

¹ **Gilbert Newton Lewis (1875-1946)**. Químico estadounidense. Lewis realizó importantes contribuciones en el área del enlace químico, termodinámica, ácidos y bases, y espectroscopía. A pesar de la importancia del trabajo de Lewis, nunca se le otorgó el Premio Nobel.

Recordando...

Isoelectrónicos:

Especies que poseen el mismo número de electrones, y por tanto la misma configuración electrónica del estado basal.

Aclarando conceptos

Los electrones de valencia son aquellos electrones ubicados en el último nivel de energía y también corresponden al grupo en el que se sitúa el elemento químico.



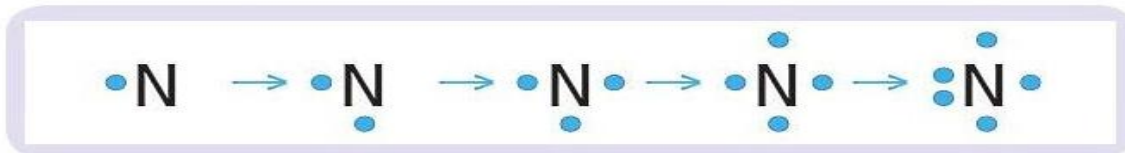
Desafío

¿Electrones de valencia?

Demuestra que has comprendido ese concepto indicando en tu cuaderno la cantidad de electrones de valencia de los siguientes elementos químicos. Puedes apoyarte en la tabla periódica del texto (página 240).

- | | |
|-------|-------|
| a) Cs | e) P |
| b) Sr | f) S |
| c) B | g) I |
| d) C | h) Xe |

3. Dibujamos los cinco puntos alrededor del símbolo del nitrógeno, teniendo presente que las zonas permitidas para dibujar se llenan primero con un electrón y solo cuando ya no quedan espacios vacíos, se dibujan dos electrones juntos. Por pasos:



Debes tener presente que el símbolo de Lewis no cambia por haber comenzado a dibujar puntos en otra zona, o por haber dejado dos electrones juntos en cualquier otra posición. Lo que queremos decir, es que todos los símbolos de Lewis de un elemento son equivalentes entre sí mientras tengan la misma cantidad de electrones “solos” (desapareados) y la misma cantidad de electrones apareados (de a dos). En el caso del nitrógeno, todos los siguientes símbolos de Lewis son equivalentes entre sí y significan lo mismo:



Los electrones que quedan de a dos reciben el nombre de “pares libres” de electrones y se pueden representar también mediante líneas. Luego, la imagen anterior se puede dibujar también como se muestra a continuación:



Al dibujar los pares libres de electrones como líneas es más fácil notar que todos los símbolos anteriores son equivalentes entre sí, pues en todos los casos el Nitrógeno tiene un par libre y tres electrones desapareados (“solos”).

Actividad 4: Aplica lo aprendido



Objetivo: Desarrollar los símbolos de Lewis de diferentes elementos químicos.

Utilizando la tabla periódica de los elementos que aparece en la página 240, escribe en tu cuaderno los símbolos de Lewis para los siguientes elementos:

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| a) C | c) As | e) Br | g) Na | i) O |
| b) Ne | d) Ca | f) P | h) F | j) Li |

Una vez que hayas terminado, responde: ¿Cómo son los símbolos de Lewis de elementos que pertenecen a un mismo grupo? y ¿qué significará eso?

Como se ha comentado en reiteradas ocasiones a lo largo de este libro, los elementos buscan parecerse al gas noble más cercano, pues al tener las subcapas llenas consiguen su “anhelada” estabilidad.

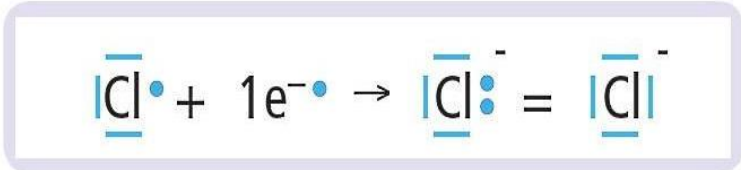
Ahora, si lo analizas con detención, notarás que todos los gases nobles tienen ocho electrones en su última capa, salvo el helio que tiene solo dos. A partir de esto, se crearon dos reglas:

- a) **Regla del octeto:** Dice que un elemento se combinará con otro con el fin de quedar rodeado de ocho electrones.
- b) **Regla del dueto:** Dice que un elemento se combinará con otro con el fin de quedar rodeado de dos electrones.

Aunque la regla del octeto tiene excepciones, resulta muy útil para predecir la mayoría de las combinaciones de muchos elementos. Por su parte, la regla del dueto es la regla que sigue el hidrógeno y otros pocos elementos en sus combinaciones.

Por ejemplo:

El cloro ($Z = 17$) de acuerdo a su configuración electrónica más externa $3s^2 3p^5$ pertenece al grupo VIIA, o sea, tiene siete electrones en su última capa, por lo que tenderá a ganar un electrón para quedar rodeado de ocho electrones (para parecerse al argón ($Z = 18$)), cumpliendo así la regla del octeto. En símbolos de Lewis:



Actividad 5: Aplica lo aprendido

Objetivo: Comprender y aplicar la regla del dueto y del octeto en elementos químicos.

Utilizando la tabla periódica (pág. 240), escribe en tu cuaderno los símbolos de Lewis de los siguientes elementos y luego predice el ion que tiende a formar para cumplir la regla del octeto o dueto según corresponda, dibujando también el símbolo de Lewis de éste. Ten presente que en algunos casos la regla del octeto y dueto se cumplen liberando electrones para quedarse solo con las capas anteriores que están completas y que no se dibujan en el símbolo de Lewis.

- | | | | |
|------|-------|-------|-------|
| a) O | c) Be | e) Sr | g) N |
| b) H | d) K | f) I | h) Li |



Desafío

¿Cuáles serían las excepciones?

Junto a dos compañeros más, ¿pueden descubrir cuáles son las mencionadas excepciones a la regla del octeto, en qué consisten y dar un ejemplo?



Desafío

¡Compruébalo!

Escribe en tu cuaderno la configuración electrónica de los gases nobles y usándola, demuestra que ellos no tienen la necesidad de enlazarse para cumplir con la regla del dueto o del octeto. Puedes apoyarte en la tabla periódica del texto (página 240).

Recordando...

Fuerza electrostática:

Fuerza de atracción que se da entre especies de cargas opuestas (positivas con negativas).

Química y salud

Muchos compuestos iónicos tienen aplicaciones en el área de la salud. Uno de ellos es el sulfato de bario (BaSO_4), que se utiliza para obtener imágenes del sistema digestivo mediante rayos X.



Enlace iónico

Se define como la fuerza electrostática que mantiene unidos a dos o más iones.

En los enlaces iónicos, los electrones se transfieren completamente de un átomo a otro. Durante este proceso de perder o ganar electrones, los átomos forman iones de cargas opuestas que después se atraen entre sí. Para que suceda la transferencia de electrones, es necesario que uno de los elementos tenga baja electronegatividad y otro alta electronegatividad, es decir, un metal con un no metal, respectivamente.

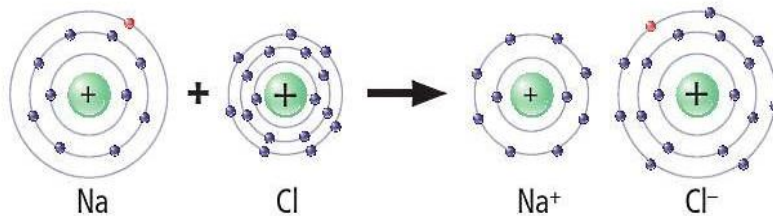
Para la formación de un enlace iónico la diferencia de electronegatividad ($\Delta \text{E.N.}$) entre los elementos que debe ser superior a 1,7. En símbolos: $\Delta \text{E.N.} > 1,7$.

Un ejemplo:

El sodio tiene una electronegatividad de 0,9 mientras que el cloro tiene una electronegatividad de 3,0. La diferencia entre ellas ($\Delta \text{E.N.}$) se tiene que:

$$\Delta \text{E.N.} = \text{E.N. Cl} - \text{E.N. Na} = 3,0 - 0,9 = 2,1$$

Como el valor obtenido para la diferencia de electronegatividad (2,1) es mayor que 1,7, podemos asegurar que el enlace que se formará entre el sodio (Na) y el cloro (Cl) será iónico. Entonces, el metal (sodio) cederá un electrón al no metal (cloro), formándose un catión sodio (Na^+) y un anión cloruro (Cl^-), como se muestra a continuación.



En símbolos de Lewis:



Desafío

Menciona un compuesto iónico y la aplicación de éste.



Actividad 6: Aplica lo aprendido

Objetivo: Comprender el proceso de formación del enlace iónico.

- 1 Utilizando las estructuras de Lewis, dibuja el diagrama para la formación del MgCl_2 (cloruro de magnesio) a partir del ión cloruro, Cl^- , y el ión magnesio, Mg^{2+} .
- 2 Utilizando la tabla periódica de la figura 2.22 (página 109) que contiene los valores de electronegatividad, indica cuál o cuáles de los siguientes compuestos es (son) iónico(s): LiF , MgO , HCl , HI , K_2S , AlH_3 , Cl_2 , CF_4 , MgI_2 .



Una vez formados los iones, estos se atraen para formar una red tridimensional que recibe el nombre de red cristalina, tal como se muestra en la figura 3.6.

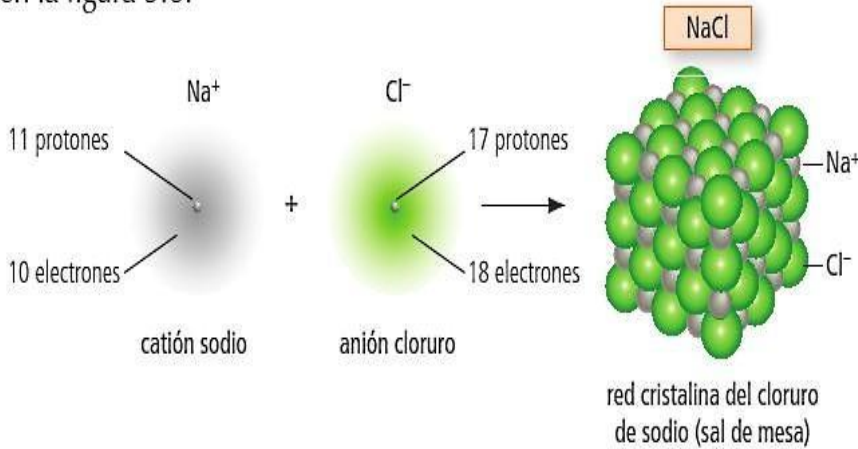


FIGURA 3.6. Formación de la red cristalina del cloruro de sodio (NaCl) a partir de muchos cationes sodio (Na^+ , representados por las esferas plomas) y muchos aniones cloruro (Cl^- , representados por las esferas verdes).

Como se puede apreciar en la figura 3.6., el cloruro de sodio, NaCl (sal de mesa, la sal que usamos comúnmente), es un compuesto iónico donde sus iones se organizan formando cubos compactos. Esta organización cúbica es la que le da a los cristales de sal la forma cúbica que podemos observar a nivel macroscópico. ¿Habías notado alguna vez que los cristales de la sal de mesa eran cúbicos?

Otro ejemplo de la formación de un compuesto iónico, esta vez el fluoruro de calcio (CaF_2), utilizado, entre otros gases para fluorar el agua potable, entre otras cosas:

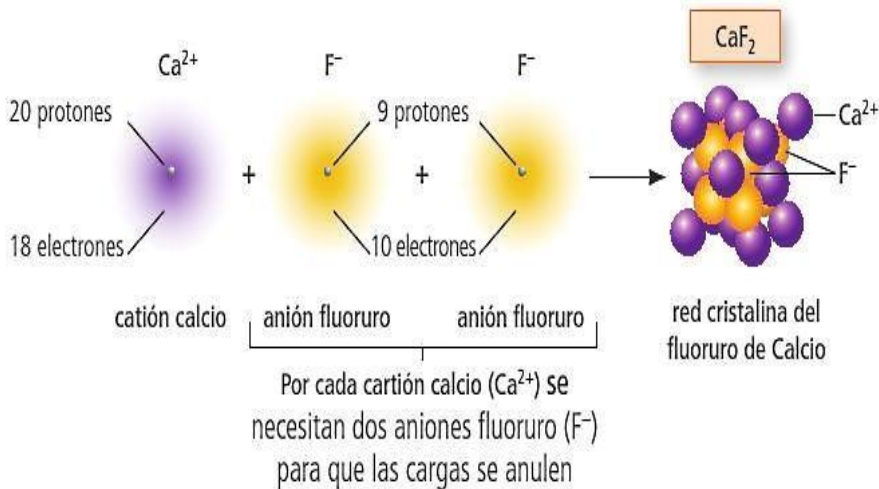


FIGURA 3.7. Formación de la red cristalina del fluoruro de calcio (CaF_2) a partir de muchos cationes calcio (Ca^{2+} , representados por las esferas lilas) y muchos aniones fluoruro (F^- , representados por las esferas amarillas).

Para saber más

Cloruro de sodio (NaCl), mejor conocido como "sal de mesa" es un compuesto iónico típico: sólido, quebradizo, con alto punto de fusión (801°C) que conduce la electricidad fundido o disuelto en agua.

Una fuente de NaCl es la sal de roca, que se encuentra en depósitos subterráneos de cientos de metros de espesor. También se obtiene del agua marina mediante la evaporación solar.

El consumo mundial de esta sustancia es alrededor de 150 millones de toneladas al año.



Averigua qué otros compuestos iónicos existen y sus usos.

Averigüalo...

Existen opiniones divididas sobre la fluoración del agua y de la leche en Chile. Hay personas que

Una vez formados los iones, estos se atraen para formar una red tridimensional que recibe el nombre de red cristalina, tal como se muestra en la figura 3.6.

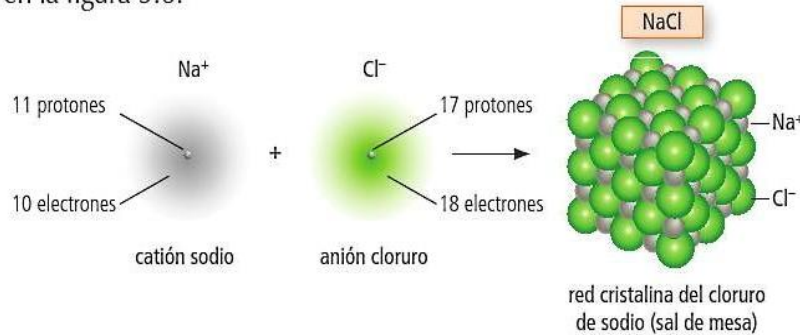


FIGURA 3.6. Formación de la red cristalina del cloruro de sodio (NaCl) a partir de muchos cationes sodio (Na^+ , representados por las esferas plomas) y muchos aniones cloruro (Cl^- , representados por las esferas verdes).

Como se puede apreciar en la figura 3.6., el cloruro de sodio, NaCl (sal de mesa, la sal que usamos comúnmente), es un compuesto iónico donde sus iones se organizan formando cubos compactos. Esta organización cúbica es la que le da a los cristales de sal la forma cúbica que podemos observar a nivel macroscópico. ¿Habías notado alguna vez que los cristales de la sal de mesa eran cúbicos?

Otro ejemplo de la formación de un compuesto iónico, esta vez el fluoruro de calcio (CaF_2), utilizado, entre otros gases para fluorar el agua potable, entre otras cosas:

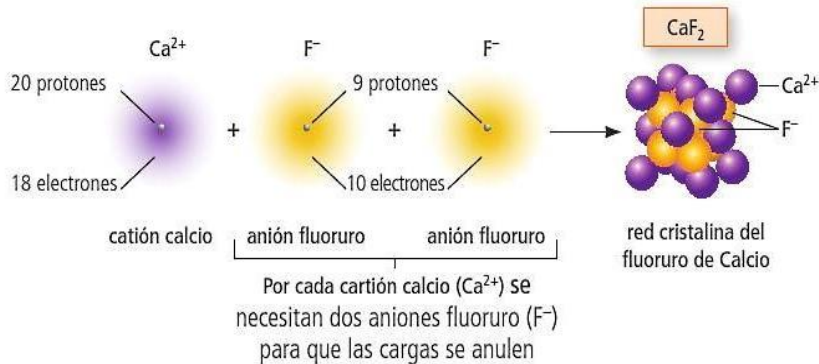


FIGURA 3.7. Formación de la red cristalina del fluoruro de calcio (CaF_2) a partir de muchos cationes calcio (Ca^{2+} , representados por las esferas lilas) y muchos aniones fluoruro (F^- , representados por las esferas amarillas).

Química en la web

En los siguientes link puedes encontrar simulaciones de la formación de enlaces iónicos y de redes cristalinas:

<http://www.educaplus.org/play-77-Enlace-i%C3%B3nico.html>

<http://www.hschickor.de/nacl.swf>

Para saber más

Cloruro de sodio (NaCl), mejor conocido como "sal de mesa" es un compuesto iónico típico: sólido, quebradizo, con alto punto de fusión (801°C) que conduce la electricidad fundido o disuelto en agua.

Una fuente de NaCl es la sal de roca, que se encuentra en depósitos subterráneos de cientos de metros de espesor. También se obtiene del agua marina mediante la evaporación solar.

El consumo mundial de esta sustancia es alrededor de 150 millones de toneladas al año.



Averigua qué otros compuestos iónicos existen y sus usos.

Averígualo...

Existen opiniones divididas sobre la fluoración del agua y de la leche en Chile. Hay personas que consideran conveniente agregar aniones fluoruro (F^-) a esas sustancias, mientras otras hablan de su toxicidad a nivel neuronal. Te invitamos a investigar al respecto e informarte para tener tu propia opinión sobre este importante tema que nos afecta a todos.

Las sustancias que presentan enlace iónico, y que llamaremos compuestos iónicos, tienen las siguientes propiedades:

- Son sólidos cristalinos a temperatura ambiente.
- Tienen altos puntos de fusión y ebullición.
- Generalmente son solubles (se disuelven) en agua y otros solventes polares.
- Al entrar en contacto con el agua se separan en sus iones, o sea, se disocian.
- Fundidos o disueltos son buenos conductores de la electricidad.
- Son duros.
- Son frágiles.

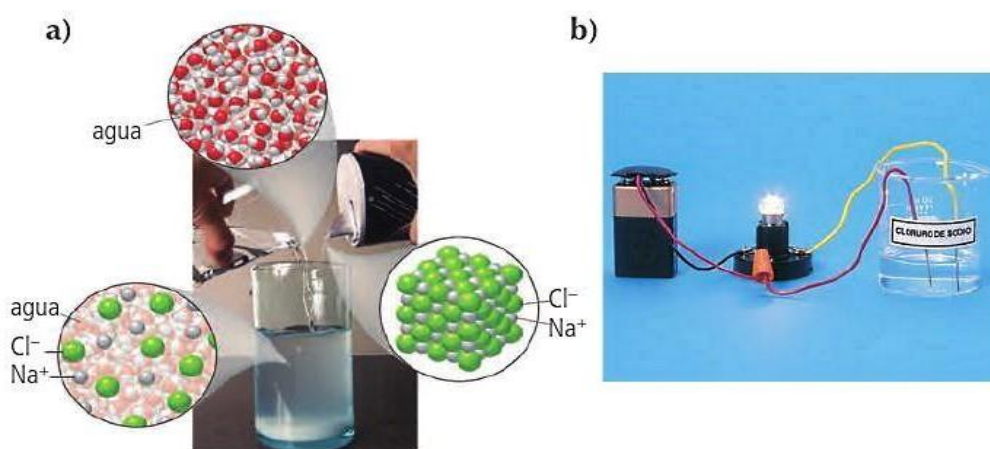


FIGURA 3.8. a) Disolución de la sal en agua. Los iones se separan. b) Al encontrarse los iones de sal separados dentro del agua, la mezcla formada es capaz de conducir la electricidad, cerrando el circuito aunque los cables no se toquen. Esto permite que la ampolleta se prenda.

OBSERVACIÓN: Se conoce con el nombre de **sales** a los compuestos formados por cationes metálicos y aniones no metálicos exepctuando el O^{2-} y OH^- . Por este motivo, todas las sales son compuestos iónicos. Existen muchos ejemplos de sales, donde sin duda el más famoso es la sal de mesa (cloruro de sodio, $NaCl$) que ocupamos en nuestras casas.

Actividad 7: Aplica lo aprendido

Objetivo: Predecir la formación de enlaces iónicos a partir de la electronegatividad de algunos elementos.

Utilizando la tabla periódica de la figura 2.22 (página 109 de este texto) que contiene los valores de electronegatividad de muchos elementos, propón al menos 15 compuestos iónicos binarios (de dos elementos) que se pueden formar a partir de ellos.



Ejercitación. Uniones

1 - Linus Pauling recibió el Premio Nobel de Química en 1954 por su trabajo sobre la naturaleza de las uniones químicas.

A través de los valores de las electronegatividades de los elementos químicos, calculados por Pauling, es posible prever si una unión o enlace químico tendrá carácter molecular o iónico.

Sobre la base de los conceptos de electronegatividad y uniones químicas, se pide:

- a) identificar dos grupos de elementos de la tabla periódica que presentan, respectivamente, las mayores y las menores electronegatividades.
- b) ¿qué tipo de unión presentará una sustancia binaria, formada por un elemento de cada uno de los grupos identificados?

2 - Los elementos X e Y, del mismo periodo de la tabla periódica, son representativos y sus átomos poseen 6 y 1 electrones en el último nivel respectivamente.

- a) ¿A qué grupos de la tabla periódica pertenecen los elementos X e Y?
- b) ¿Cuál será la fórmula y el tipo de unión formada en el compuesto constituido por los elementos X e Y? Justificar la respuesta.

3 - Representar la estructura de Lewis de los siguientes compuestos iónicos:

- a) fluoruro de sodio
- b) el compuesto formado por bromo y calcio
- c) óxido de sodio
- d) cloruro cúprico (CuCl_2)

4 - La fórmula del compuesto formado, cuando átomos del elemento genérico M, que forman cationes trivalentes, se unen con átomos del elemento Y, perteneciente al grupo 6A, es:



5 - Los compuestos iónicos poseen las siguientes propiedades: (marcar las opciones correctas)

- a) elevado punto de ebullición y bajo punto de fusión
- b) generalmente son sólidos
- c) son generalmente solubles en agua, presentan estructura cristalina y altos puntos de fusión y ebullición.
- d) buena conductividad eléctrica; solubilidad en agua; son generalmente líquidos.
- e) cuando son solubles, se disuelven en solventes polares.
- f) presentan brillo metálico
- g) en general son solubles en solventes no polares

- 6** – Sobre un compuesto constituido por un elemento del grupo 2 de la tabla periódica y otro del grupo 17, es incorrecto afirmar:
- Cuando está fundido o en solución, es capaz de conducir la corriente eléctrica.
 - Es insoluble en agua.
 - Su fórmula puede ser representada por AB_2
 - Está formado por iones que se atraen.
- 7** – En relación a la formación de sustancias iónicas, marcar la/las opciones correctas.
- Las sustancias iónicas son necesariamente sustancias compuestas.
 - Las sustancias iónicas pueden ser sustancias simples.
 - La fórmula $NaCl$ indica una molécula de cloruro de sodio.
 - Las sustancias iónicas son formadas por una cantidad inmensa e indeterminada de cationes y aniones que se agrupan siguiendo una estructura geométrica definida y son representadas por una fórmula mínima, que es la menor proporción de cationes y aniones cuyas cargas se anulan.