

TEMA 4 (Parte III)

EL ENLACE QUÍMICO. METÁLICO



M^a PILAR RUIZ OJEDA
BORJA MUÑOZ LEOZ

Contenidos:

1. Introducción
2. Propiedades de los metales
3. Teoría del mar de electrones
4. Teoría de bandas:
 - 4.1. Conductores
 - 4.2. Semiconductores
 - 4.3. Aislantes

Bibliografía

Libros de Teoría y Problemas

- Chang R. Química. McGraw Hill. México, 2010 (Cap. 20).
- Petrucci R. H., Harwood W.S. Química General. Prentice Hall. Madrid, 2011 (Cap. 11).
- Reboiras M.D. Química. La Ciencia Básica. Thomson. Madrid, 2005 (Cap. 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.

Webs de Interés

Vídeo sobre la metalurgia del aluminio (8 minutos):

<http://www.youtube.com/watch?v=IC2lBix3PeE>

Vídeo sobre la fabricación de latas de aluminio (4:50 min):

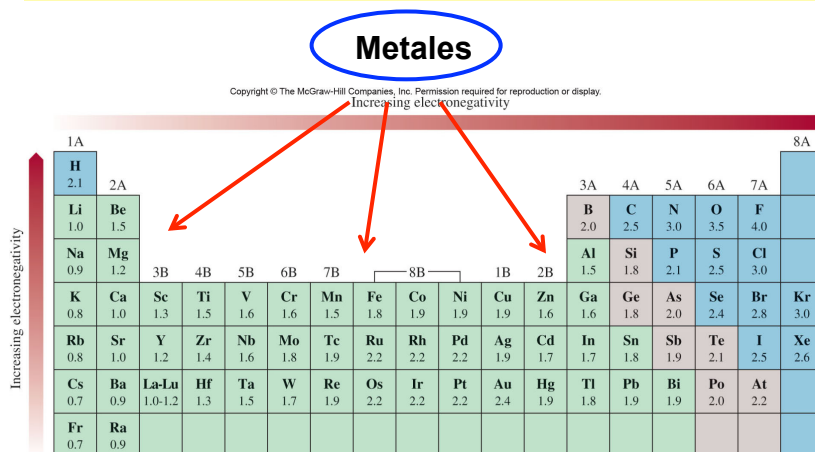
<http://www.youtube.com/watch?v=cYIG-fWpADo&feature=related>

Cómo se hacen ollas de aluminio (4:47 minutos)

<http://www.youtube.com/watch?v=SeL3hD7WxUE&feature=related>

1. Introducción

Los metales representan el 80 % de los elementos de la tabla periódica:



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

5

2. Propiedades de los Metales

Las propiedades **atómicas** de los metales, como hemos visto en temas anteriores, son:

- ✓ Tendencia a perder electrones
- ✓ Baja Energía de Ionización
- ✓ Baja Afinidad Electrónica
- ✓ Baja Electronegatividad
- ✓ Valencias iónicas positivas

Las propiedades **macroscópicas** (observables o medibles) de los metales son:

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

6

2. Propiedades de los Metales

Los metales son **buenos conductores de la electricidad.**



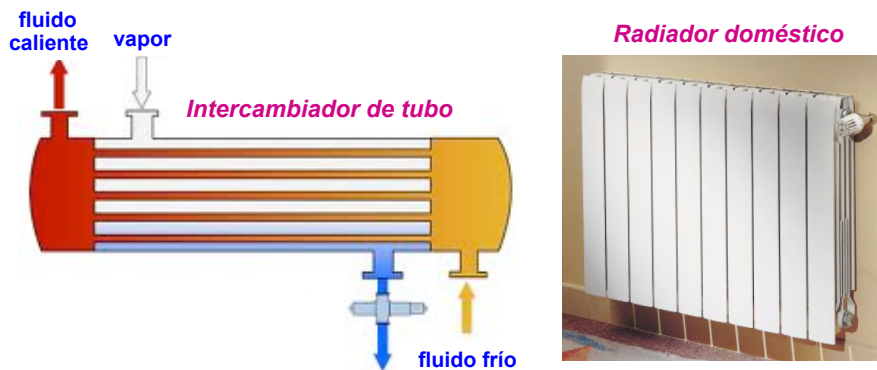
Tendido eléctrico

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

7

2. Propiedades de los Metales

Los metales son **buenos conductores del calor.** Por eso se utilizan en la industria para fabricar intercambiadores de calor:

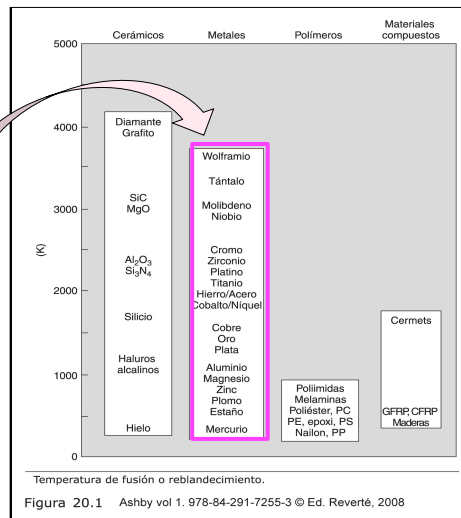


OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

8

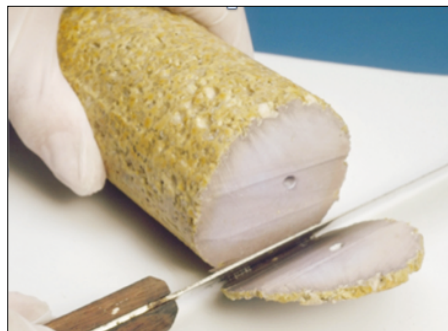
2. Propiedades de los Metales

- Los metales, en general, tienen **puntos de fusión y ebullición elevados**, si los comparamos con otro tipo de materiales.
- Por eso son sólidos a temperatura ambiente, salvo dos excepciones: Hg (-39°C) y Ga (30°C).



2. Propiedades de los Metales

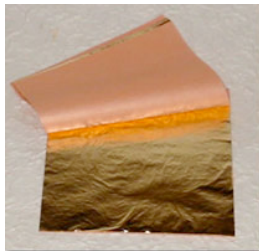
En general, **son duros**, pero hay excepciones como el sodio, que se parte fácilmente con un cuchillo.



El sodio metálico se parte con un cuchillo como si fuera embutido

2. Propiedades de los Metales

Los metales son dúctiles (hilos) y maleables (láminas)

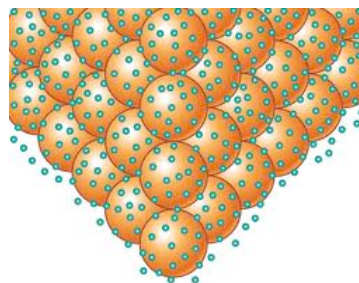
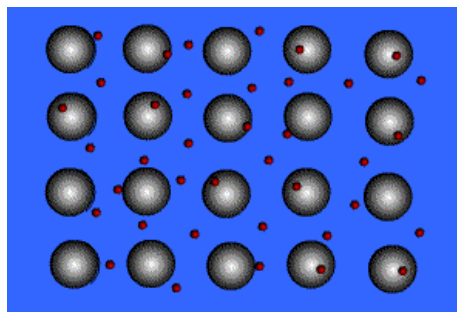


OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

11

3. Teoría del Mar de Electrones

Según la teoría del mar de e^- , los nudos de la red cristalina de los metales están ocupados por restos $+$ y los e^- se mueven por entre la red.



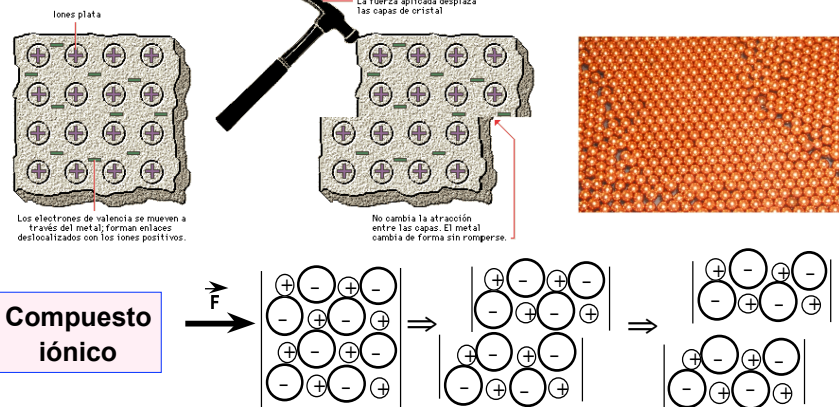
OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

12

3. Teoría del Mar de Electrones

Esta teoría explica por qué los metales resisten los impactos y, por eso, son dúctiles y maleables.

Metal



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

13

3. Teoría del Mar de Electrones

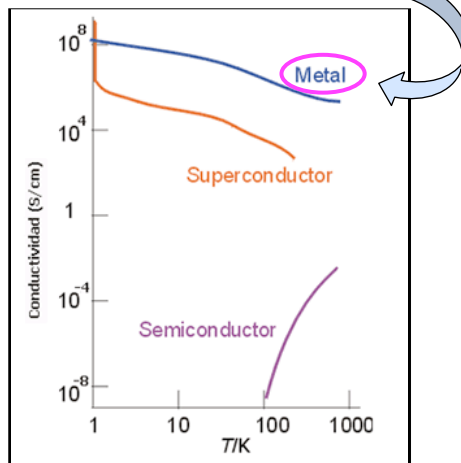
- Esta teoría permite explicar que los metales sean muy buenos **conductores de la electricidad**, ya que contienen muchos electrones bastante libres (portadores de carga con posibilidad de desplazarse, si se establece una diferencia de potencial).
- Ahora bien, **la conductividad disminuye con la temperatura** (ver figura).
- ¿Cómo explicarías este fenómeno?

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

14

3. Teoría del Mar de Electrones

Variación de la Conductividad de los metales con la T^a



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

15

3. Teoría del Mar de Electrones

- También es posible explicar la **conductividad térmica** debido a que al aumentar la temperatura aumenta la velocidad media del gas electrónico, que se difunde a puntos remotos con más rapidez.
- Además, el foco calorífico induce un aumento en la amplitud y frecuencia de la vibración de los restos positivos próximos, que transmiten por “contacto” la vibración.

16

4. Teoría de Bandas

- La Teoría de Bandas es una teoría **mecano-cuántica** que describe el comportamiento eléctrico de los sólidos, en general.
- Esta teoría se basa en la formación de **orbitales moleculares**. El cristal sólido se trata como una molécula gigante en la que los orbitales moleculares pertenecen a todos los átomos del cristal.
- Como recordamos, se forman tantos OM como orbitales atómicos se solapan:
 - ✓ Si se juntan **2 átomos de Li**, se solaparán sus dos orbitales 2s y se formarán 2 OM.
 - ✓ Si se aproximan **3 átomos de Li** se formarán, por solapamiento de los 3 orbitales atómicos 2s, 3 OM y así sucesivamente...

17

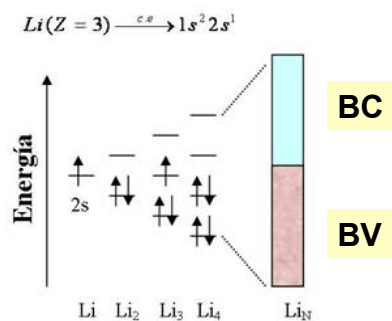
OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

4. Teoría de Bandas

- Al aumentar el nº de átomos de **Li** el cristal crece, se van añadiendo niveles de energía adicionales, de manera que el espaciado entre los niveles es cada vez más pequeño: se forman **Bandas de Energía**.

N átomos de Li dan **N orbitales** con una separación extremadamente pequeña entre cada par de niveles de energía sucesivos:

- ✓ **N/2** forman la **Banda de Valencia (BV)**: **llenos de e⁻**.
- ✓ **N/2** forman la **Banda de Conducción (BC)**: **vacíos de e⁻**.

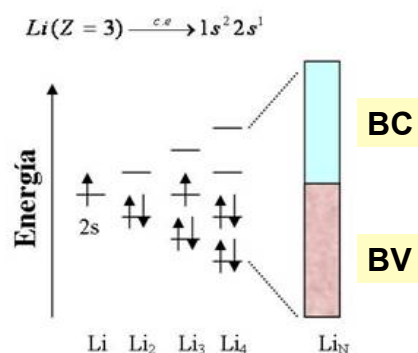


18

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

4. Teoría de Bandas

- En el caso del **metal Li**, la conductividad se explica por el movimiento de los e^- desde la BV hacia la BC, que está vacía.
- Una vez que los e^- alcanzan la BC se pueden mover libremente en ella.
- Además, se generan huecos en la BV y se favorece el movimiento de los e^- de niveles inferiores de la BV.



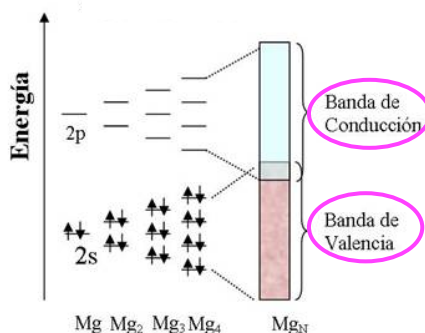
19

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

4. Teoría de Bandas

Para el caso del **metal Mg ($2s^2$)**, se tiene el siguiente diagrama de Bandas de Energía:

Banda de Valencia solapa con la banda de conducción



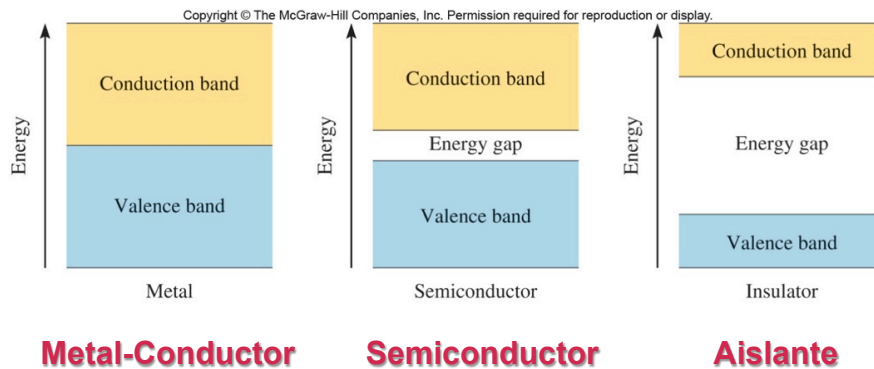
- En el caso del **metal Mg**, la BV solapa con la BC.
- La conductividad se explica por el movimiento de los electrones desde la BV hacia los niveles más bajos de la BC.

20

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

4. Teoría de Bandas

La **Teoría de Bandas** clasifica los sólidos, según su conductividad, en:



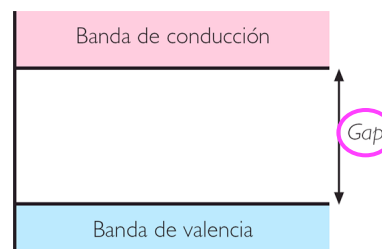
OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

21

4. Teoría de Bandas

- En los **aislantes**, la BV está llena de e^- y la BC está vacía.
- Ambas bandas están separadas por una **banda prohibida** o “**gap**” de energía muy grande, de manera que, prácticamente, **no es posible la conducción eléctrica**.
- Un **ejemplo** típico de material aislante es **el diamante**, cuyos e^- están fijos en los fuertes enlaces covalentes, sin posibilidad de desplazamiento, ni aún a temperaturas elevadas.

Diagrama de Bandas para un Aislante



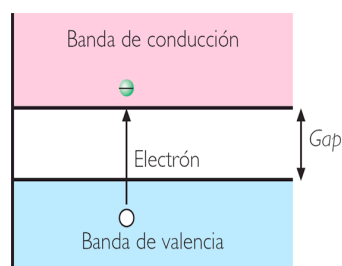
OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

22

4. Teoría de Bandas

- En los **semiconductores**, la BV y la BC están separadas por un “**gap**” de energía (menor que en los aislantes), de manera que a muy bajas T^a tampoco conducen la electricidad, porque los e^- no tienen suficiente energía térmica para alcanzar la BC.
- Sin embargo, a medida que aumenta la temperatura algunos e^- pueden alcanzar suficiente energía térmica para saltar desde la BV a la BC, donde sí hay movilidad electrónica (conductividad).
- Ejemplos de semiconductores: Si, Ge.**

Diagrama de Bandas Semiconductor

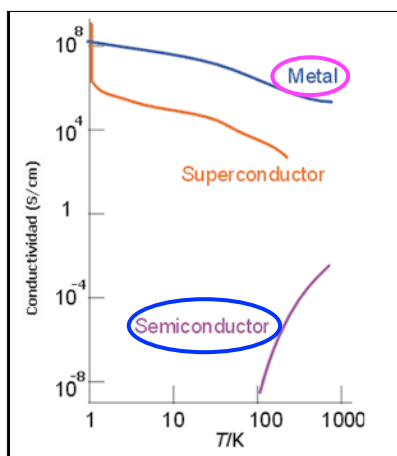


OCW 2011 © M^o Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

23

4. Teoría de Bandas

Variación de la Conductividad de los metales y de los semiconductores con la T^a



Al aumentar la T^a (K):

- Disminuye la conductividad de los metales.**
- Aumenta la conductividad de los semiconductores.**

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

24

4. Teoría de Bandas

Los semiconductores pueden ser de dos tipos:

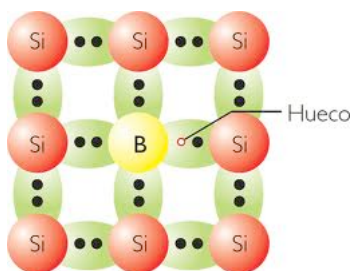
- **Semiconductores intrínsecos (puros): Si, Ge**
 - Están formados por átomos de un sólo tipo.
 - La conductividad es proporcional al nº de e^- que se excitan térmicamente y pueden pasar de la BV a la BC.
- **Semiconductores extrínsecos: Si, Ge con impurezas**

Unos pocos átomos se sustituyen por impurezas y así se mejora de forma significativa la conductividad (se multiplica por 10^5). Los hay de dos tipos:

 - **Semiconductores tipo n** (impurezas donadoras, grupo 15)
 - **Semiconductores tipo p** (impurezas aceptoras, grupo 13)

4. Teoría de Bandas

- Así, la conductividad de un semiconductor puro se puede aumentar por la adición de pequeñas cantidades de impurezas: **Dopado**.
- Si el Silicio se dopa con **Boro** (trivalente) por cada átomo de B falta un e^- en el enlace con Si. Se ha generado un “hueco” (+).
- El semiconductor así formado se llama de “tipo p” (positivo).

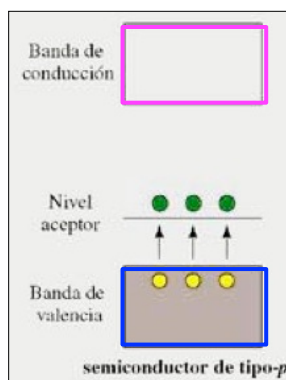


4. Teoría de Bandas

- El aumento de la conductividad de los semiconductores de “tipo p” se explica mediante el siguiente diagrama.

El boro genera un nivel aceptor de energía vacío (huecos), de manera que los e^- de la BV del Si pueden saltar a estos niveles vacíos introducidos por el B.

Como estos niveles son más accesibles y se favorece la conductividad.

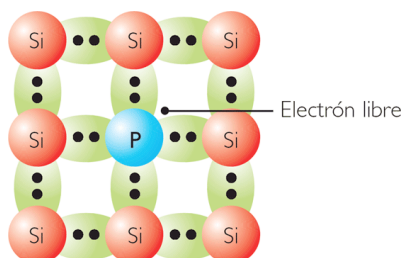


OCW 2011 © M^º Pilar Ruiz Ojeda y Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

27

4. Teoría de Bandas

- Si el Silicio se dopa con **Fósforo** (valencia covalente 5) por cada átomo de P sobra un e^- en el enlace con Si. Se ha generado un exceso de e^- (-).
- El semiconductor así formado se llama de “tipo n” (negativo).



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

28

4. Teoría de Bandas

- El aumento de la conductividad de los semiconductores de “tipo n” se explica mediante el siguiente diagrama.

El fósforo genera un nivel dador de energía con e^- dentro de la banda prohibida (gap) del Si, de manera que pueden saltar a los niveles inferiores de la BC que están vacíos.

Como estos niveles son más accesibles para los e^- que incorpora el P, se favorece la conductividad.

