



Universidad Autónoma del Estado de México
Unidad Académica Profesional Tianguistenco

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

Unidad Académica Profesional Tianguistenco

Programa educativo:
Ingeniería en Plásticos

Unidad de Aprendizaje: Química Inorgánica

Unidad 2. Sólidos Inorgánicos

Por:
M. en C. Isaias Alcalde Segundo

Febrero de 2016



Universidad Autónoma del Estado de México
Unidad Académica Profesional Tianguistenco

UNIDAD 2.- SOLIDOS INORGÁNICOS

2.1 Celdas unitarias y estructuras cristalinas

2.2 Sólidos iónicos

2.3 Sólidos covalentes

2.4 Sólidos metálicos

2.5 Celdas unitarias y estructuras cristalinas

2.6 Sólidos iónicos

2.7 Sólidos covalentes

2.8 Sólidos metálicos



Universidad Autónoma del Estado de México
Unidad Académica Profesional Tianguistenco

2.1 Celdas unitarios y estructuras cristalinas

2.1.1 Clasificación de las estructuras cristalinas



2.1.1 Clasificación de las estructuras cristalinas

Las sustancias sólidas pueden tener sus átomos y/o moléculas perfectamente ordenados (**sustancia cristalina**) o desordenados (**sustancia amorfa**).

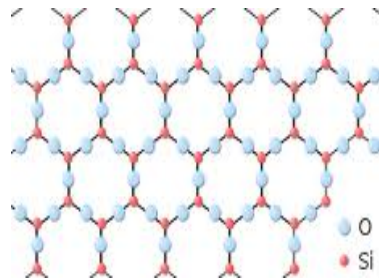


Diagrama molecular del cuarzo (SiO_2) en red cristalina.

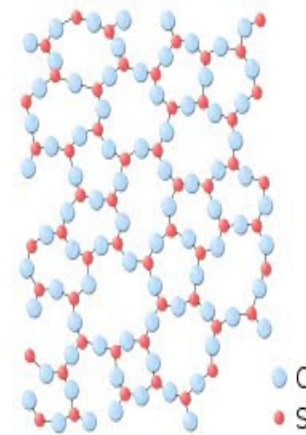


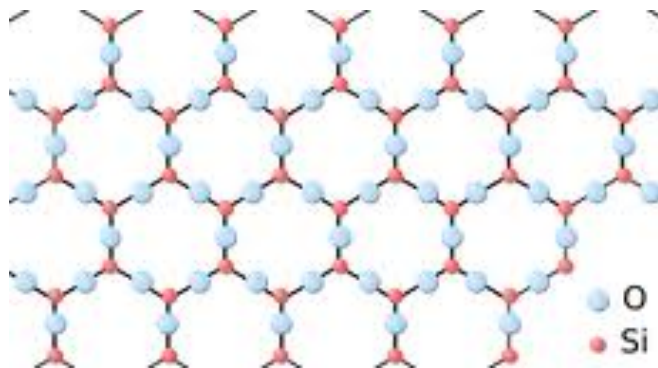
Diagrama molecular del vidrio (SiO_2) en sólido amorfo



Estructura de sólidos

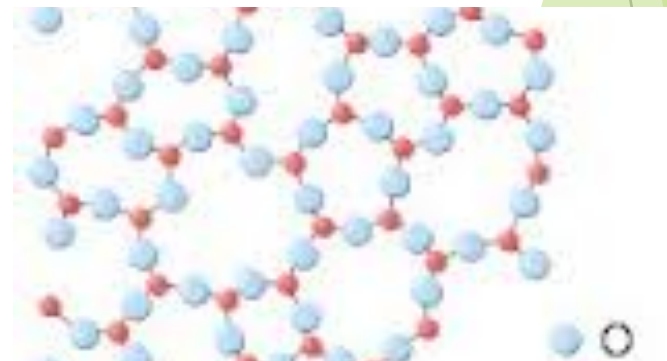
Sólidos cristalinos.

- Partículas ordenadas en el espacio en forma regular.
- Aristas perfectamente rectas y ángulos interfaciales regulares.
- Átomos, moléculas o iones ocupan posiciones específicas.
- Ejemplos: hielo, cloruro de sodio, cuarzo entre otros.



Sólidos amorfos.

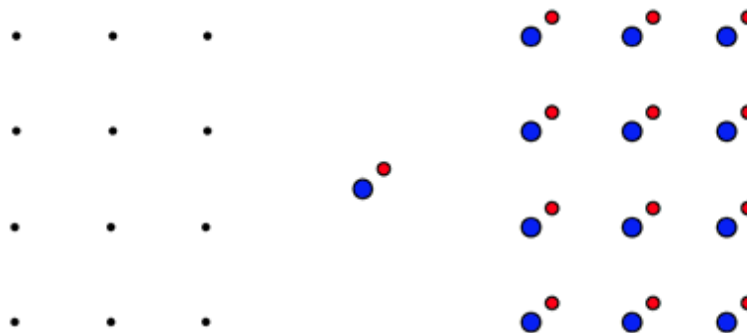
- No tienen estructuras ordenadas y bien definidas.
- Las partículas se distribuyen irregularmente en el espacio.
- Aristas curvas y ángulos interfaciales irregulares.
- Ejemplos: goma, algunos plásticos, el azufre amorfo y el vidrio.





Distribución periódica de los átomos

- Un cristal ideal se construye mediante la infinita repetición de unidades estructurales idénticas
- En los cristales más sencillos la unidad estructural es un solo átomo (Cu, Ag, Au,...)
- En muchos casos la unidad estructural puede contener muchos átomos o moléculas

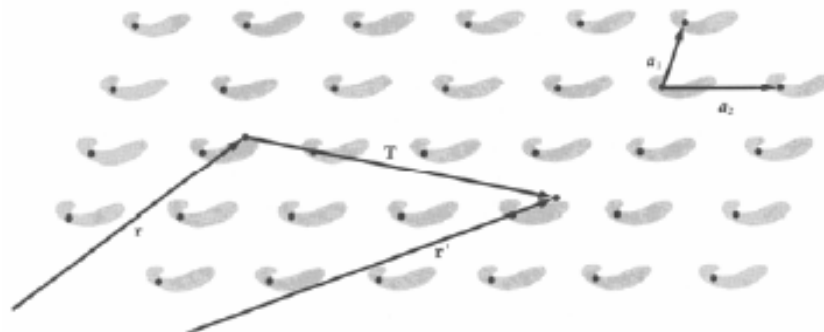




- Una red se caracteriza por que desde cualquier punto de la misma la distribución atómica tiene el mismo aspecto
- Los puntos de la red se definen mediante tres vectores de translación fundamentales o primitivos a_1 , a_2 y a_3

$$r' = r + u_1a_1 + u_2a_2 + u_3a_3$$

- u_1 , u_2 y u_3 son enteros arbitrarios

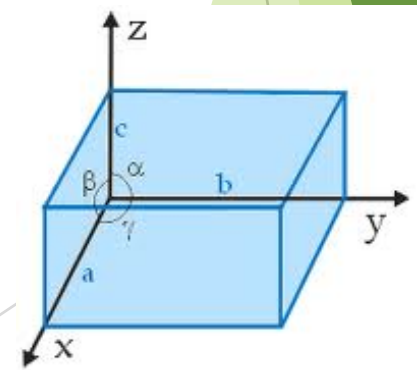




- Cada punto de la red tiene asociada una base de átomos
- Todas las bases de un mismo cristal tiene idéntica composición, distribución y orientación
- El número de átomos de la base puede ser 1 o más
- La posición de un átomo j de la base respecto al punto asociado de la red es:

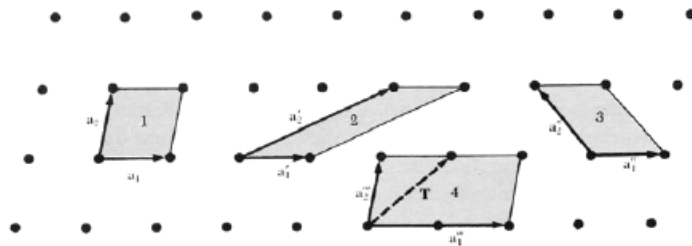
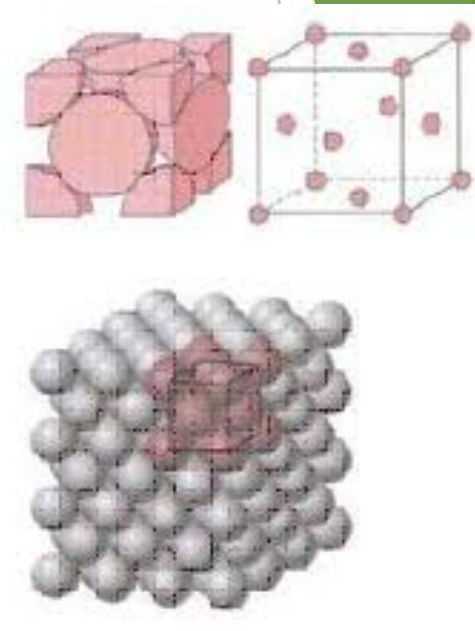
$$r_j = x_j a_1 + y_j a_2 + z_j a_3 \quad (0 \leq x_j, y_j, z_j \leq 1)$$

- Al paralelepípedo formado por los ejes primitivos a_1 , a_2 y a_3 se le denomina celda primitiva





- Una celda primitiva es una celda de volumen mínimo
- Dicho volumen se calcula aplicando el producto mixto sobre sus ejes primitivos
- Empleando celdas primitivas es posible llenar todo el espacio mediante operaciones de traslación

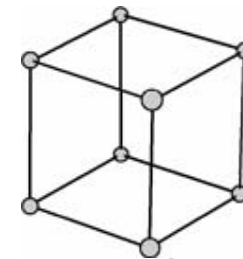




- Para una estructura cristalina fija es posible escoger distintas celdas primitivas, pero todas ellas contendrán el mismo número de átomos
- La celda unidad convencional se elige de forma que refleje la simetría del cristal
- Como ejemplo; una celda que posea un átomo en cada vértice (cada uno compartido con 8 vecinos) tendrá:



$$8 \times \frac{1}{8} = 1$$

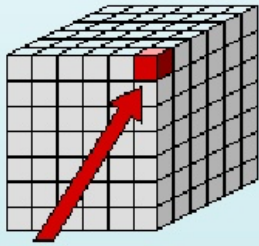




Arreglo cristalino y celda unitaria

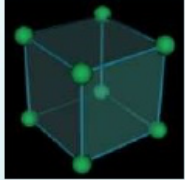
Se define como **celda unitaria**, la porción más simple de la estructura cristalina que al repetirse mediante traslación reproduce todo el cristal.

Celdas unitarias

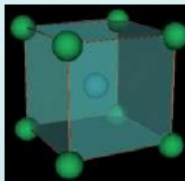


Celda unitaria


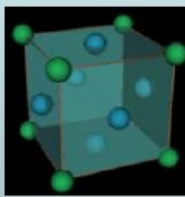
Celda unitaria cúbica simple o primitiva



Celda unitaria cúbica centrada en el cuerpo

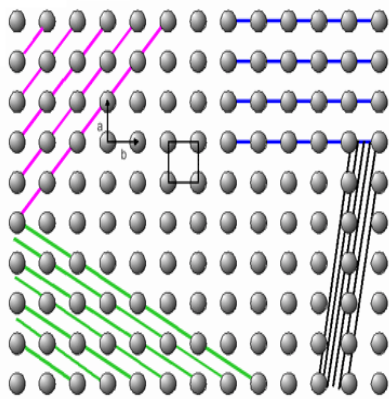


Celda unitaria cúbica centrada en las caras

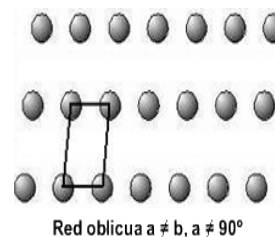
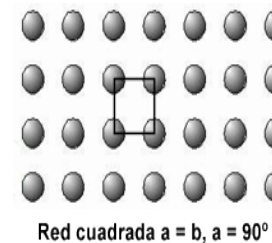
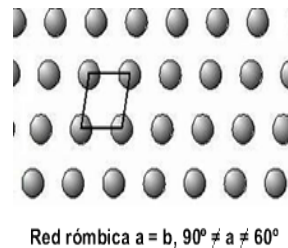
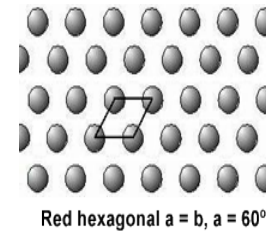
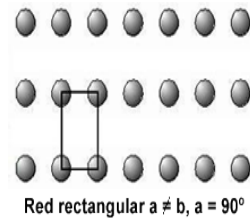




la propiedad característica y definidora de la materia cristalina es ser **periódica**.



Cada celda unidad viene definida por la magnitud de sus traslaciones y de los ángulos que forman entre ellas.



Por repetición de esta celda unidad podemos reconstruir la **red cristalina**

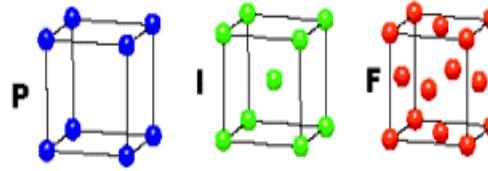


7 Sistemas cristalinos

Del apilamiento de estas redes se obtienen las **redes tridimensionales**. Existen 14 tipos diferentes de redes tridimensionales (**redes de Bravais**) que se agrupan en 7 sistemas cristalinos diferentes.

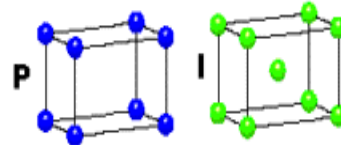
CÚBICO

$$a = b = c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



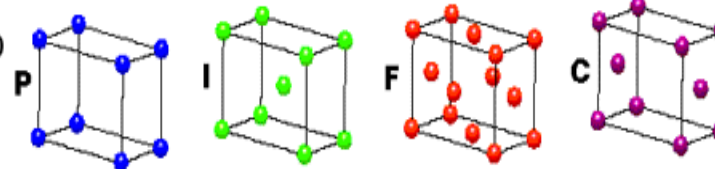
TETRAGONAL

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



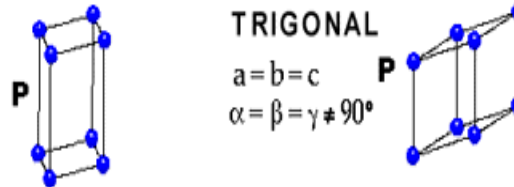
ORTORÓMBICO

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



HEXAGONAL

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = 90^\circ$$
$$\gamma = 120^\circ$$

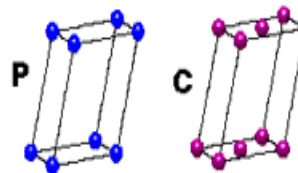


TRIGONAL

$$a = b = c$$
$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$

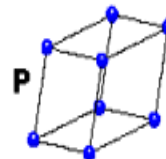
MONOCLÍNICO

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \gamma = 90^\circ$$
$$\beta \neq 120^\circ$$



TRICLÍNICO

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$



Tipos de celdas:

P = Primitiva

I = Centrada en interior

F = Centrada en todas las caras

C = Centrada en dos caras

14 redes de Bravais



Sistemas cristalinos

Sistema cristalinos	Ejes	Ángulos entre ejes
Cúbico	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Tetragonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Ortorrombico	$a \neq b \neq c \neq a$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Hexagonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ; \gamma = 120^\circ$
Trigonal (o romboédrico)	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
Monoclinico	$a \neq b \neq c \neq a$	$\alpha = \gamma = 90^\circ; \beta \neq 90^\circ$
Triclínico	$a \neq b \neq c \neq a$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$ $\alpha, \beta, \gamma \neq 90^\circ$



2.2 Solidos iónicos

- 2.2.1.- Características estructurales y propiedades generales de compuestos con enlace iónico.
- 2.2.2.- Tendencias de las propiedades de los compuestos iónicos
- 2.2.3.- Polarización y covalencia
- 2.2.4.- Solubilidades de los compuestos iónicos
- 2.2.5.- Red iónica: Estructuras características de los sólidos iónicos



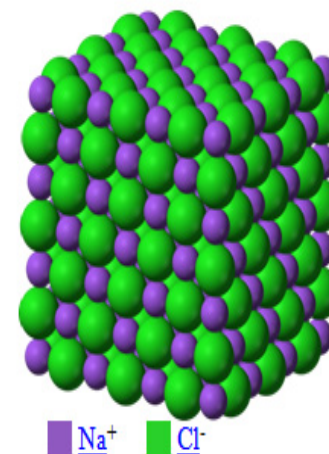
2.2.1 Características estructurales y propiedades generales de los compuestos iónicos

Características:

- Está formado por metal + no metal.
- No forma moléculas verdaderas, existe como un agregado de aniones y cationes.
- Los metales ceden electrones formando cationes, los no metales aceptan electrones formando aniones.

Propiedades:

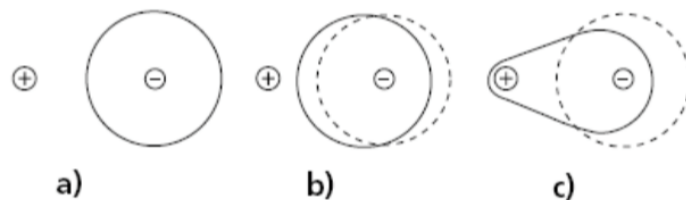
- Son malos conductores del calor y de la electricidad.
- En solución su conductividad es alta.
- Son sólidos a temperatura ambiente.
- Tienen altos puntos de fusión y ebullición.
- Son solubles en solventes polares como el agua.





2.2.3 Polarización y covalencia

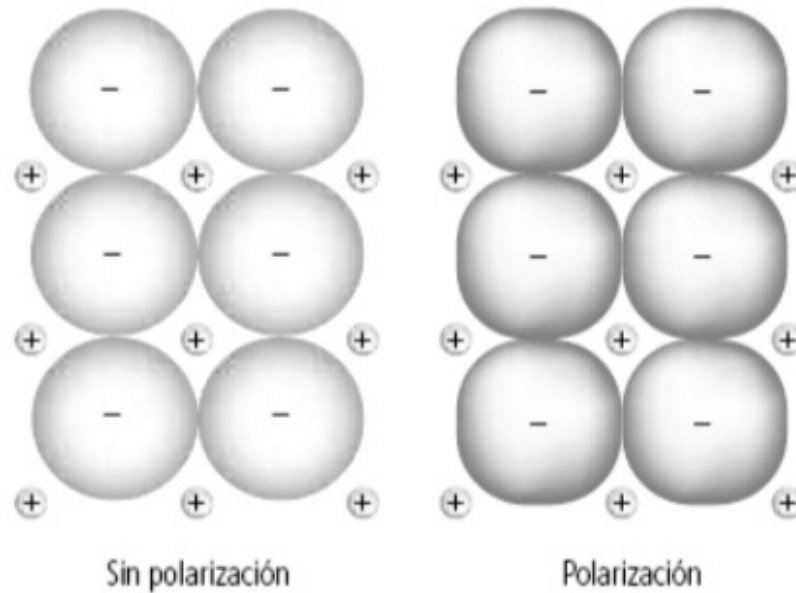
- Cualquier especie cargada puede provocar polarización en una especie vecina.
- los cationes son más pequeños, su densidad de carga es mayor, con lo cual su poder polarizante también es mayor.
- Un catión puede polarizar a otra especie más fácilmente que un anión, pero un anión se puede polarizar más fácilmente que un catión.



Diferentes grados de polarización del anión por la presencia del catión. a) Enlace iónico sin polarización. b) Enlace iónico parcial (con polarización) c) Enlace covalente polar.



Universidad Autónoma del Estado de México
Unidad Académica Profesional Tianguistenco

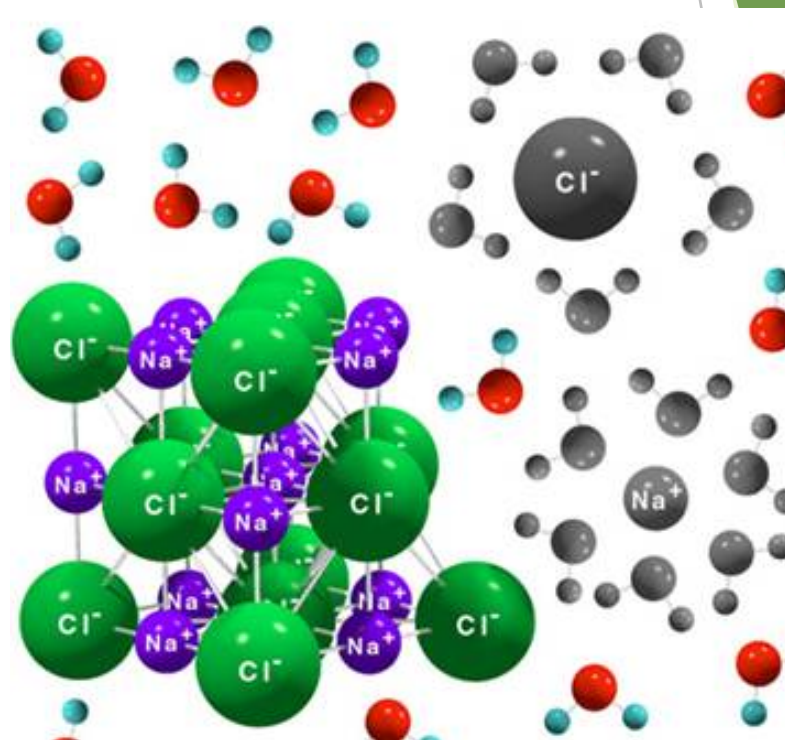


Polarización de un enlace en una red cristalina y sus efectos sobre los otros iones.



2.2.4 Solubilidad de los compuestos iónicos

Disolver un compuesto iónico implica separar los iones que forman la red (romper la interacción electrostática) al solvatarlos con moléculas de agua.





Universidad Autónoma del Estado de México
Unidad Académica Profesional Tlanguistenco

En función de su **solubilidad**, las sales se pueden clasificar como:

- Solubles, si $s > 0,02 \text{ mol/L}$
- Ligeramente solubles, si $s \cong 0,02 \text{ mol/L}$
- Poco solubles o insolubles, si $s < 0,02 \text{ mol/L}$



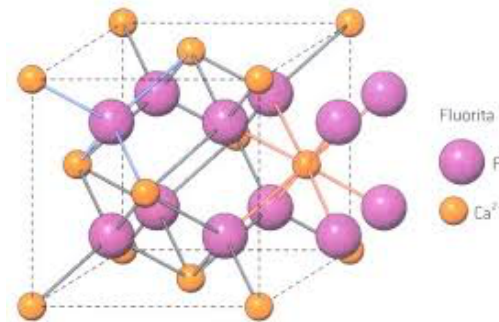
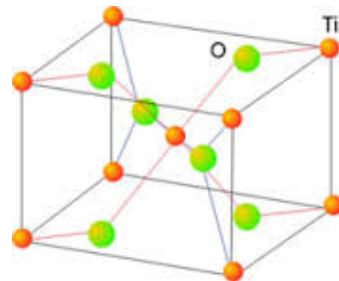
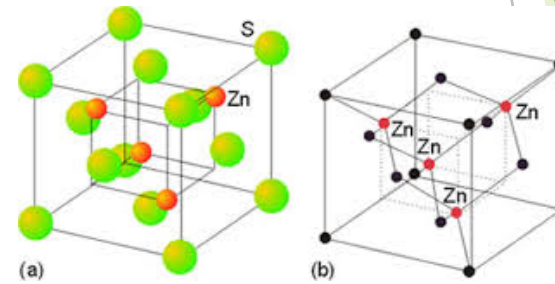
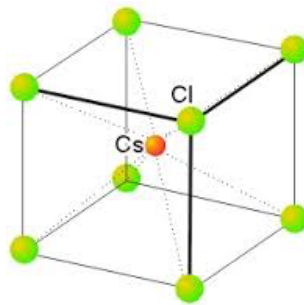
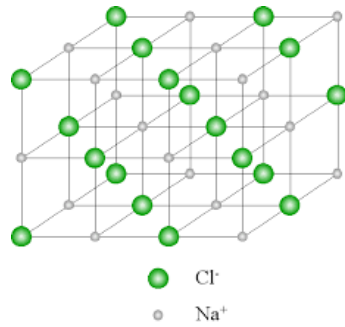
Universidad Autónoma del Estado de México
Unidad Académica Profesional Tianguistenco

REGLAS DE LA SOLUBILIDAD

- Los nitratos y acetatos son solubles. El acetato de plata es insoluble
- Los compuestos de metales alcalinos son solubles y también los de amonio.
- Yoduros, cloruros y bromuros son solubles. Los de Plata, Pomo y Mercurio insolubles
- Los sulfatos son solubles. Los de metales alcalinos y el de amonio son solubles
- Sulfitos y Carbonatos son solubles. Los alcalinos y los de amonio son solubles
- Los sulfuros son insolubles. Los alcalinos y los de amonio son solubles
- Los hidróxidos y óxidos son insolubles. Los alcalinos y los de amonio son solubles



2.2.5 Red iónica. Estructura características de los sólidos iónicos





Universidad Autónoma del Estado de México
Unidad Académica Profesional Tianguistenco

2.3 Sólidos covalentes

2.3.1 Características estructurales y propiedades generales de compuestos con enlace covalente

2.3.2 Geometría molecular

2.4.3 Fuerzas intermoleculares



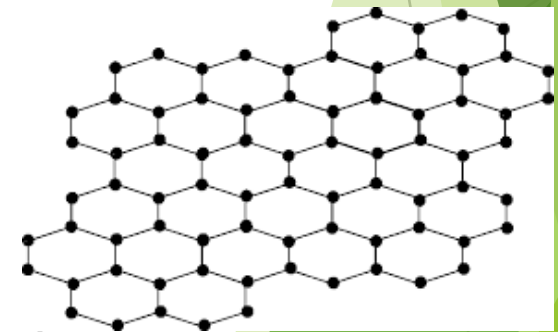
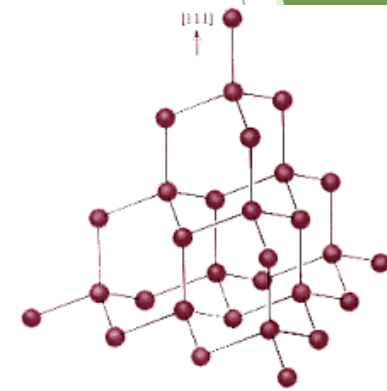
2.3.1 Características estructurales de cristales covalentes

Características:

- Están formados por no metales + no metal.
- Forman moléculas verdaderas.
- Los átomos de estos cristales se mantienen unidos en una red tridimensional.
- Los no metales comparten electrones.

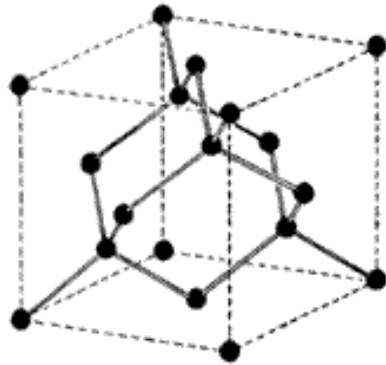
Propiedades:

- Pueden estar en estado gaseoso, líquido y sólidos,
- Sus puntos de fusión y ebullición no son elevados.
- Son solubles en solventes apolares.
- Son malos conductores del calor y la electricidad.
- Este tipo de cristal son extremadamente duros y difíciles de deformar.

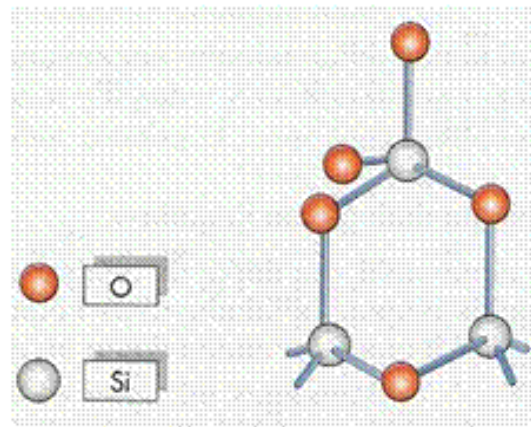




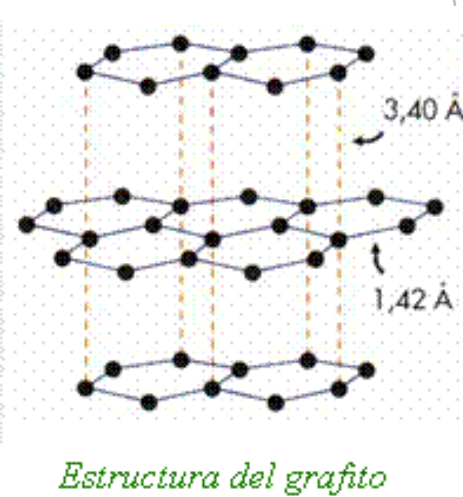
2.3.2 Geometría molecular



Estructura del diamante



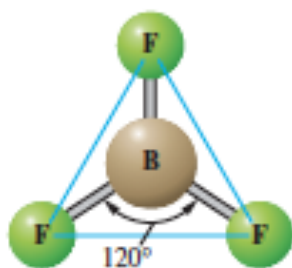
Estructura del cuarzo



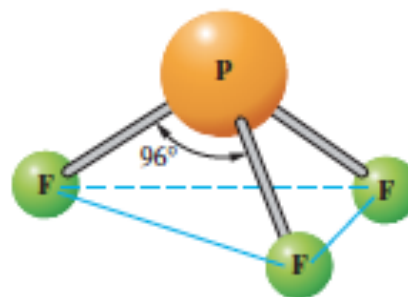
Estructura del grafito



Geometría de moléculas covalentes



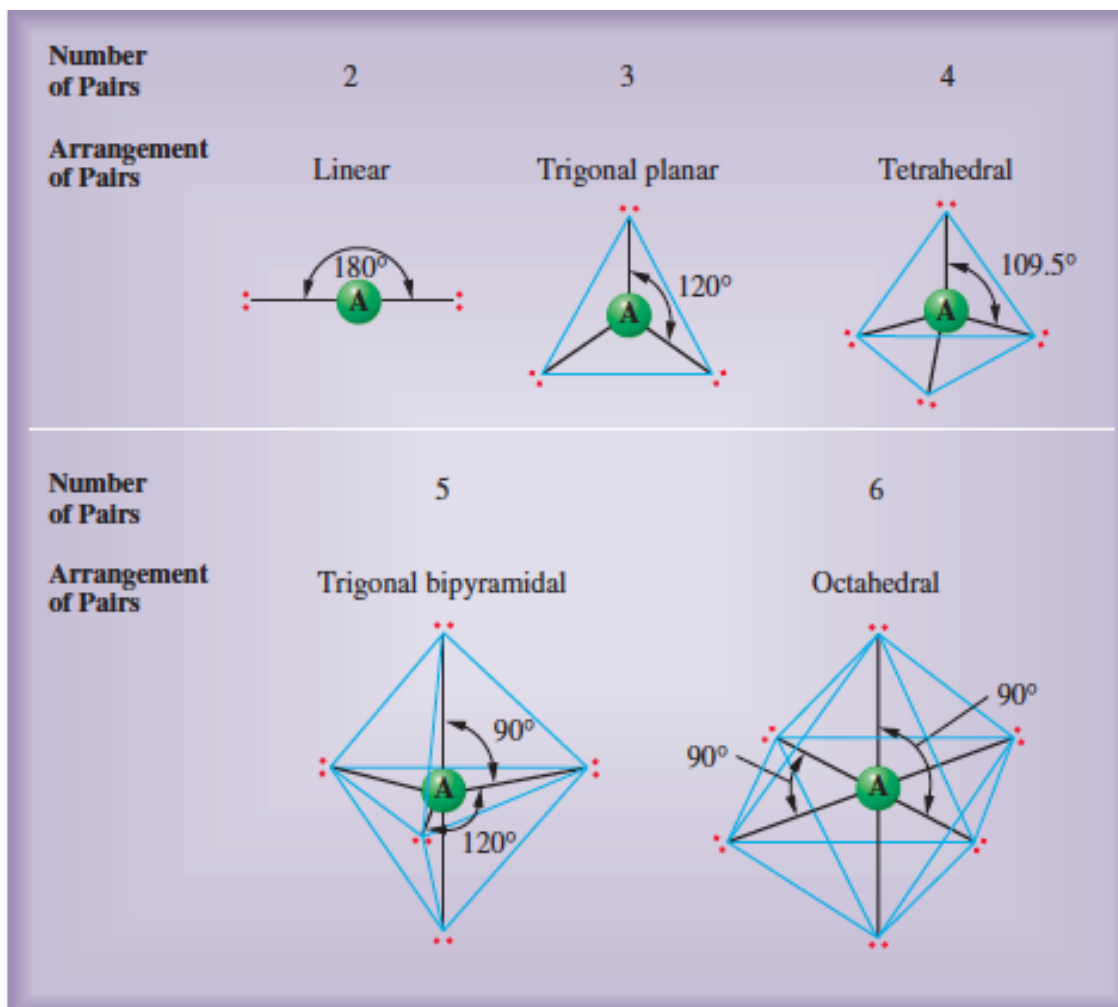
BF_3



PF_3

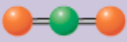
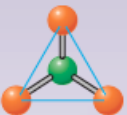
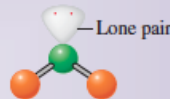
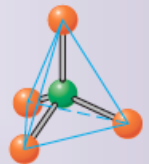
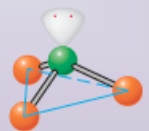
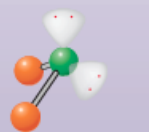


Universidad Autónoma del Estado de México
Unidad Académica Profesional Tlanguistenco



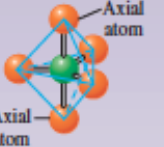
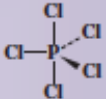
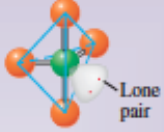
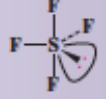
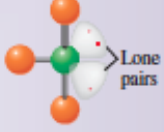
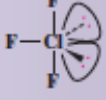
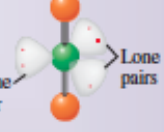


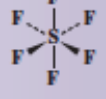
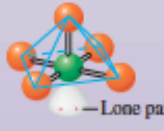

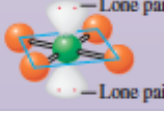



Átomo central con dos, tres o cuatro pares de electrones en la capa de valencia

Electron Pairs			Arrangement of Pairs	Molecular Geometry	Example
Total	Bonding	Lone			
2	2	0	Linear	Linear AX_2	 BeF_2 $F-Be-F$
3	3	0	Trigonal planar	Trigonal planar AX_3	 BF_3 $F-B-F$
	2	1		Bent (or angular) AX_2	 SO_2 $O-S-O$
4	4	0	Tetrahedral	Tetrahedral AX_4	 CH_4 $H-C-H$
	3	1		Trigonal pyramidal AX_3	 NH_3 $H-N-H$
	2	2		Bent (or angular) AX_2	 H_2O $H-O-H$



Universidad Autónoma del Estado de México
 Unidad Académica Profesional Tlanguistenco

Electron Pairs			Arrangement of Pairs	Molecular Geometry	Example
Total	Bonding	Lone			
5	5	0	Trigonal bipyramidal	Trigonal bipyramidal AX_5 	PCl_5 
	4	1		Seesaw (or distorted tetrahedron) AX_4 	SF_4 
	3	2		T-shaped AX_3 	ClF_3 
	2	3		Linear AX_2 	XeF_2 
6	6	0	Octahedral	Octahedral AX_6 	SF_6 
	5	1		Square pyramidal AX_5 	IF_5 
	4	2		Square planar AX_4 	XeF_4 



Universidad Autónoma del Estado de México
Unidad Académica Profesional Tlanguistenco

Cristales moleculares

Son sustancias cuyas moléculas son no polares, la característica fundamental de este tipo de cristal es que las moléculas están unidas por las denominadas fuerzas de Van der Waals.

Su conductividad es nula; es decir no son conductores ni del calor y la electricidad y son bastante deformables.

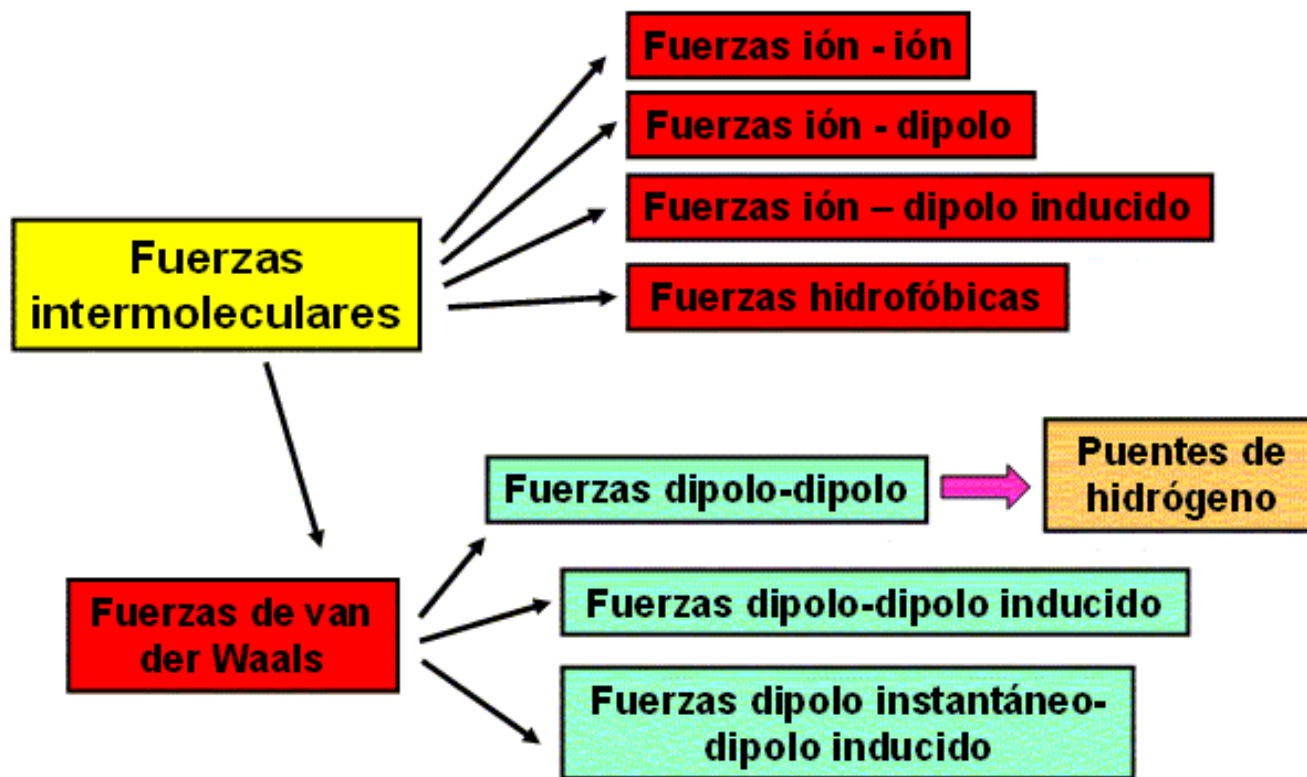




2.4.3 Fuerzas intermoleculares

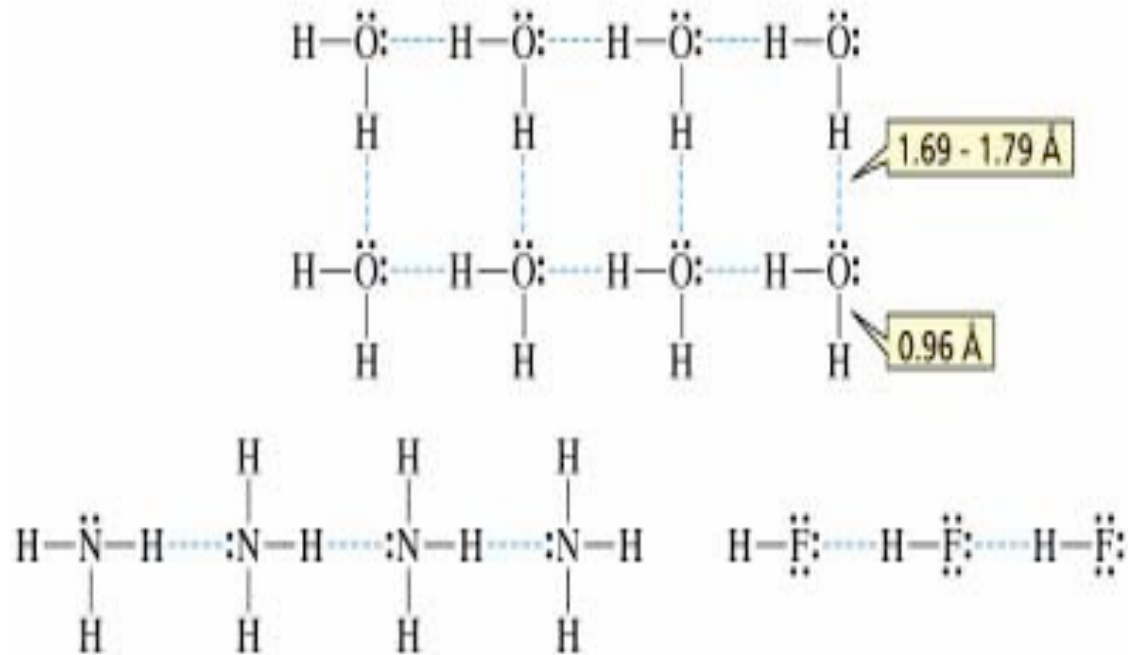
Dentro de una molécula, los átomos están unidos mediante **fuerzas intramoleculares** (enlaces iónicos, metálicos o covalentes, principalmente).

Estas son las fuerzas que se deben vencer para que se produzca un cambio químico. Son estas fuerzas, por tanto, las que **determinan las propiedades químicas** de las sustancias.





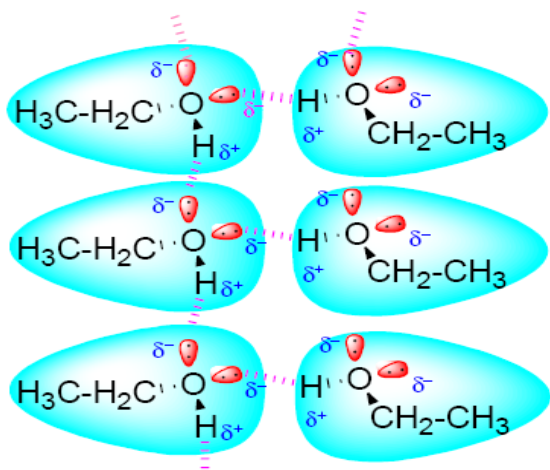
Interacciones por puente de hidrógeno en la molécula de H_2O , NH_3 y HF



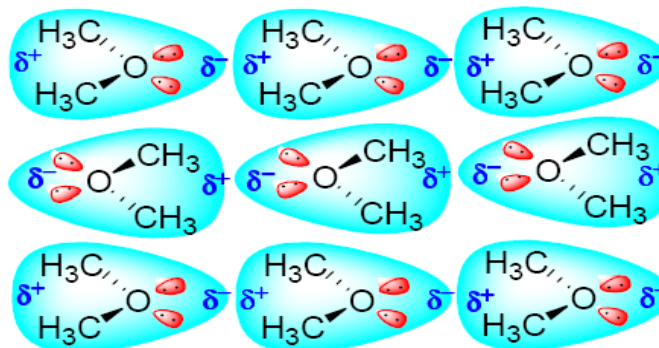


Interacciones de moléculas

Interacciones por puente de hidrógeno en el etanol



Interacciones dipolo-dipolo en el dimetil éter





2.4 Sólidos metálicos

2.4.1 Características estructurales y propiedades generales de compuestos con enlace metálico.

2.4.2 Modelo de enlace metálico: Mar de electrones y teoría de bandas

2.4.3 Ordenamiento de los átomos en los metales

2.4.4 Aleaciones



2.4.1 Características estructurales y propiedades generales de compuestos con enlaces metálicos

Características:

- Se da entre átomos metálicos.
- Se conforma con átomos de igual o parecida electronegatividad de carga positiva.
- Todos son donadores de electrones, y el conjunto de iones ocupan posiciones de máximo empaquetamiento.
- Los cationes forman una estructura cristalina y los electrones ocupan los intersticios que quedan libres en ellos sin estar fijados en ningún catión concreto (mar de electrones)
- Los electrones están, pues, bastante libres pero estabilizan la estructura al tener carga contraria a los cationes.
- Se caracterizan por tener pocos electrones débilmente ligados a sus capas más externas.



2.4.1 Características estructurales y propiedades generales de compuestos con enlaces metálicos

Propiedades:

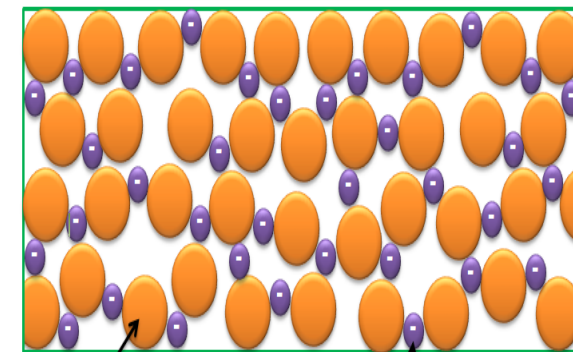
- Suelen ser sólidos a temperatura ambiente.
- Tienen puntos de fusión y ebullición muy variado.
- Las conductividades térmicas y eléctricas son muy elevadas debido a sus electrones libres.
- Presentan brillo metálico.
- Son muy solubles en estado fundido en otros metales formando aleaciones.
- Son dúctiles y maleables (no frágiles).



2.4.2 Modelo de enlace metálico: mar de electrones y teoría de bandas

- Los átomos de los metales tienen pocos electrones en su última capa, por lo general 1, 2 ó 3.
- Estos átomos pierden fácilmente esos electrones y se convierten en iones positivos.
- Los iones positivos resultantes se ordenan en el espacio formando la red metálica. Los electrones de valencia desprendidos de los átomos forman una nube de electrones que puede desplazarse a través de toda la red.
- Los elementos con un enlace metálico están compartiendo un gran número de electrones de valencia (mar de electrones).
- Todo el conjunto de los iones positivos del metal queda unido mediante la nube de electrones con carga negativa que los envuelve.

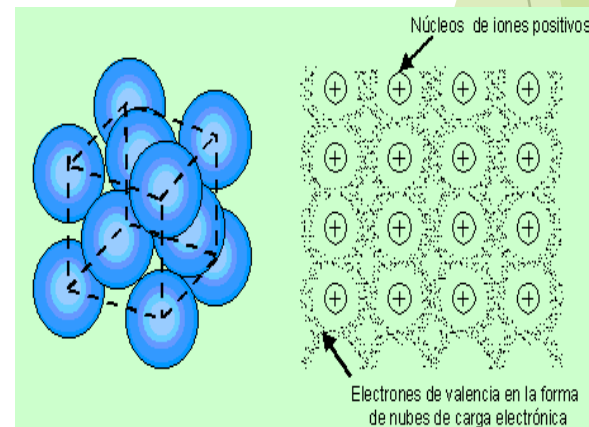
Teoría del mar de electrones



Iones metálicos



Los electrones se mueven libremente



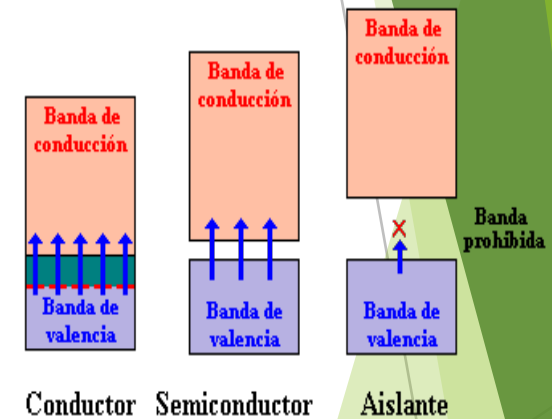
Núcleos de iones positivos

Electrones de valencia en la forma de nubes de carga electrónica



Modelo de enlace metálico: mar de electrones y teoría de bandas

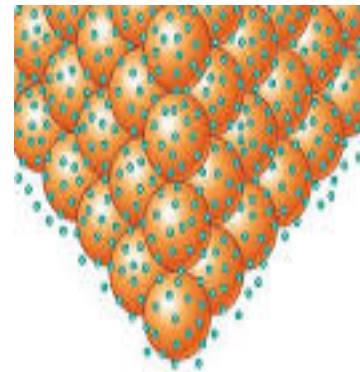
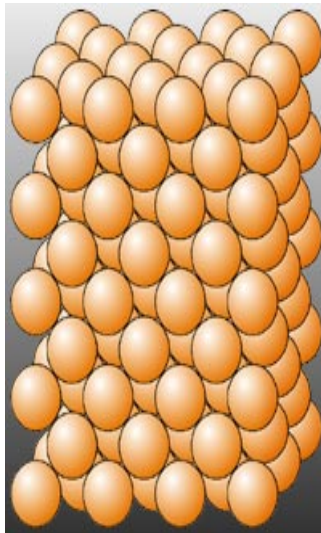
- En esta teoría, se considera el enlace metálico como un caso extremo del enlace covalente, en el que los electrones de valencia son compartidos de forma conjunta y simultánea por todos los cationes.
- Desaparecen los orbitales atómicos y se forman orbitales moleculares con energías muy parecidas, tan próximas entre ellas que todos en conjunto ocupan lo que se denomina una “banda de energía”.
- Aunque los electrones van llenando los orbitales moleculares en orden creciente de energía, estas son tan próximas que pueden ocupar cualquier posición dentro de la banda.
- La banda ocupada por los orbitales moleculares con los electrones de valencia se llama **banda de valencia**, mientras que la banda formada por los orbitales moleculares vacíos se llama **banda de conducción**.
- En los semiconductores y en los aislantes, la banda de valencia no se solapa con la de conducción. Hay una zona intermedia llamada **banda prohibida**.





Universidad Autónoma del Estado de México
Unidad Académica Profesional Tianguistenco

Ordenamiento de los átomos en los metales



Estructura de la red cristalina del cobre: los iones cobre (Cu^{2+}) se hallan ordenados regularmente



2.3.4 Aleaciones



las aleaciones presentan algunas ventajas:

- Mayor dureza y resistencia a la tracción.
- Menor temperatura de fusión por lo menos de uno de sus componentes.

Pero son menores la ductilidad, la tenacidad y la conductividad térmica y eléctrica.



Tipos de aleaciones

1. Aleaciones de hierro, de aplicación en construcción.
- 2 - Aleaciones de cobre:
Bronces,
Latones, etc.
- 3 - Aleaciones ligeras:
Aleaciones de aluminio,
Aleaciones de magnesio,
Aleaciones de titanio.
- 4 - Aleaciones de bajo punto de fusión:
Aleaciones de zinc,
Aleaciones de plomo,
Aleaciones de estaño.
- 5 - Aleaciones especiales:
Aleaciones de níquel,
Aleaciones de cobalto



Universidad Autónoma del Estado de México
Unidad Académica Profesional Tlanguistenco

Bibliografía

- Huheey, J. (2007). Química inorgánica. Editorial Alfaomega. Mexico
- Casabó J. (2007). Estructura atómica y enlace químico. Editorial Reverte. España.
- Guitierrez, R. E. (2010). Química inorgánica. Editorial Reverte. España.
- Atkins, P. (2010). Química inorgánica. Editorial McGraw Hill. Mexico