

FUERZAS INTERMOLECULARES

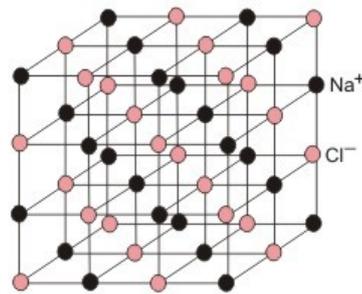
Lic. Lidia Iñigo

Las fuerzas intermoleculares, como su nombre lo indica, son las fuerzas que unen moléculas. Ya deberías saber que no todas las sustancias forman moléculas. Existen tres tipos de sustancias, iónicas, covalentes o metálicas según sea el tipo de unión que presentan.

1 De acuerdo a lo visto en *Uniones Químicas* ¿Qué tipo de sustancias están formadas por moléculas?



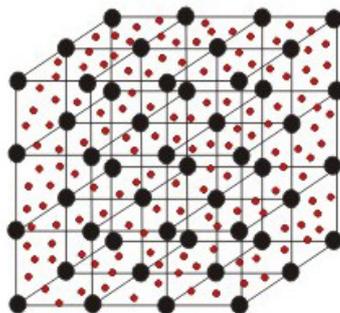
Las sustancias iónicas no están formadas por moléculas, sino por una red cristalina en donde se van alternando iones positivos y negativos. Existen diversos tipos de redes cristalinas, cuyo estudio abarca la cristalografía. La más sencilla es la red del cloruro de sodio:



Red Cristalina de NaCl

En la red de cloruro de sodio cada ión está rodeado en el espacio por seis iones de signo contrario. Cuando se ve un cristal de una sustancia iónica, por ejemplo un granito de sal gruesa, todo ese cristal es una inmensa unidad.

Las sustancias metálicas tampoco están formadas por moléculas. La interpretación de la unión metálica se estudió en *Uniones Químicas*.



Representación de la unión metálica
En negro los cationes y en rojo los electrones

Lo mismo que en el caso de una red cristalina, cuando vemos por ejemplo una viga de hierro todo es una inmensa unidad.

Las fuerzas intermoleculares existen solamente en las sustancias formadas por moléculas y se pueden clasificar en tres tipos: fuerzas dipolo – dipolo, fuerzas de London y uniones puente hidrógeno.

Fuerzas dipolo – dipolo o Fuerzas de dipolo permanente.

Cuando una molécula es un dipolo permanente se produce una atracción electrostática entre el extremo positivo de una molécula y el extremo negativo de la molécula vecina. Esta es la fuerza dipolo – dipolo.

2

¿Cuándo una molécula es un dipolo permanente?



Las fuerzas dipolo–dipolo se encontrarán solamente entre moléculas polares.

Fuerzas de London o dipolo temporario o dipolo transitorio o dipolo inducido o fuerzas de dispersión.

Cuando una molécula es no polar, no existe un dipolo, su nube electrónica es simétrica. Pero como los electrones están en continuo movimiento, puede suceder que momentáneamente se deforme y se produzca un dipolo. Esto puede suceder por choques entre moléculas o con las paredes del recipiente. Se dice que la molécula se polariza, y cuando esto sucede en una molécula, inmediatamente induce a la molécula vecina a que también se polarice. Continuamente entonces se están formando y destruyendo estos dipolos temporarios. Cuanto mayor es esa nube electrónica es más fácilmente polarizable y mayor es la fuerza de London. Esto también puede verse por la definición de momento dipolar $\mu = q \cdot d$. Cuanto mayor es la distancia que puede separarse esa fracción de carga, mayor es el momento dipolar de ese dipolo temporario de la fuerza de London y mayor es la fuerza de London. El tamaño generalmente (pero no siempre) está asociado a una mayor masa molecular.

Esos corrimientos momentáneos de la nube electrónica se van a producir también en las moléculas polares.

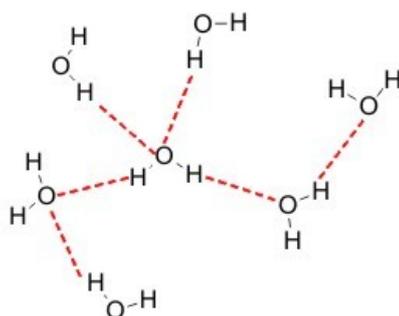
Las fuerzas de London existen en todas las moléculas, sean polares o no. En las moléculas no polares son las únicas fuerzas intermoleculares que existen.

Uniones puente hidrógeno.

No debes confundir la palabra "unión" que suele utilizarse para nombrar esta fuerza intermolecular. No se trata de una unión química sino una fuerza intermolecular.

Para que exista unión puente hidrógeno la molécula debe cumplir una condición: que exista un átomo de hidrógeno unido directamente a un átomo muy electronegativo (F, O ó N).

En realidad la unión puente hidrógeno es un caso particular de la fuerza dipolo permanente, en el cual al ser mayor la fracción de carga que se separa, es más intensa. Las moléculas que presentan la posibilidad de unión puente hidrógeno presentarán entonces las tres fuerzas intermoleculares (London, dip-dip y pte. Hidrógeno). Es el caso del agua. Es importante que notes que la unión puente Hidrógeno es la que se produce entre el átomo electronegativo de una molécula y el hidrógeno de otra molécula, porque se trata de una fuerza intermolecular (aunque existen también uniones puente hidrógeno intramoleculares).



No es la unión entre el átomo electronegativo y el hidrógeno dentro de la molécula, como muchas veces suelen confundir los alumnos. Las uniones puente hidrógeno son las responsables de que exista el agua líquida a temperatura ambiente, y con ello de que exista la vida tal cual la conocemos. Además son muy importantes a nivel biológico.

Las fuerzas puente hidrógeno son 10 veces más intensas que las dipolo permanente y éstas son 10 veces más intensas que las fuerzas de London. Pero hay que tener en cuenta un factor que puede hacer aumentar mucho las fuerzas de London y es el tamaño. Cualquiera de estas tres fuerzas intermoleculares es mucho menos intensa que cualquier unión química, sea iónica, metálica o covalente. En realidad se trata en todos los casos de interacciones de tipo electrostático y lo que diferencia una unión química de las fuerzas intermoleculares es precisamente la intensidad de la fuerza que mantiene unidas a las partículas (átomos, iones o moléculas).

Además de estas interacciones que son las que pueden darse en sustancias puras, existen interacciones entre partículas diferentes; pueden ser entre ión y dipolo permanente, como en el caso de la solubilidad de un compuesto iónico en agua; o entre dipolo permanente y dipolo

inducido, como en el caso de la solubilidad de un compuesto no polar como cloro o dióxido de carbono en agua.

Las fuerzas intermoleculares son las responsables de mantener unidas a las moléculas cuando una sustancia molecular se encuentra en el estado líquido o sólido.

3

Las fuerzas intermoleculares están directamente relacionadas con el punto de fusión o ebullición de las sustancias. ¿De qué manera? ¿Qué son el punto de fusión y ebullición de una sustancia?



4

¿Existen fuerzas intermoleculares en una sustancia iónica? ¿Qué fuerzas hay que vencer para fundir y eventualmente llevar al estado gaseoso los cristales de una sustancia iónica?



Podemos ahora relacionar todo y llegar a comparar propiedades como los puntos de fusión o ebullición de distintas sustancias simplemente conociendo su fórmula química. Fíjate que el tipo de fuerza intermolecular depende de la polaridad de la molécula, para saber si una molécula es polar o no necesitamos conocer su geometría y para determinar su geometría tenemos que partir de su fórmula de Lewis.

Recorriendo el camino:

Lewis → **geometría** → **polaridad** → **fuerzas intermoleculares**

podemos llegar a decir en muchos casos si una determinada sustancia tendrá mayor o menor punto de ebullición que otra, u ordenar varias sustancias con respecto a su punto de fusión o ebullición.

Es importante que comprendas que al analizar se deben tener en cuenta todos los factores, y que no siempre es posible predecir, pero si es posible, teniendo los datos, dar una explicación. Es posible predecir en los casos en que tengo masa molecular (o tamaño) similar, en los cuales la diferencia estará dada por las fuerzas intermoleculares. O en el caso de tener las mismas fuerzas intermoleculares, en el cual la diferencia estará dada por la masa molecular (o tamaño), que hará aumentar las fuerzas de London. También en los casos en que las diferencias sean exageradamente grandes.

5

¿Podrías explicar ahora por que el amoníaco (NH_3) tiene un punto de ebullición de $-33\text{ }^\circ\text{C}$ mientras que el tetracloruro de carbono (CCl_4) tiene un punto de ebullición de $77\text{ }^\circ\text{C}$?



De la misma manera que se pueden analizar puntos de fusión o ebullición también se puede analizar la solubilidad.

Para que dos sustancias A y B sean solubles entre sí, las fuerzas intermoleculares que unen a las moléculas de cada sustancia por separado deben ser similares.

Si las fuerzas son similares podríamos decir que: "a una molécula de A le dará mas o menos lo mismo unirse con otra de A que con una de B, y a una molécula de B le dará mas o menos lo mismo unirse con otra de B que con una de A".

Por eso se dice que lo similar disuelve lo similar, las sustancias polares se disuelven en solventes polares y las no polares se disuelven en solventes no polares. Las sustancias iónicas se disolverán en solventes muy polares, como el agua. La atracción entre los dipolos y los iones externos de la red cristalina es tan importante que logra "arrancarlos" y solubilizarlos.

6 *¿Podrías explicar ahora porqué el formaldehído (H_2CO) es soluble en agua mientras que el metano (CH_4) no lo es?*



Podemos ahora ver las propiedades de los distintos tipos de sustancias.

Sustancias covalentes:

- 1) Están formadas por moléculas, salvo excepciones.*
- 2) Tienen puntos de fusión y ebullición relativamente bajos. A temperatura ambiente pueden ser gaseosas, líquidas o sólidas dependiendo de la intensidad de sus fuerzas intermoleculares.*
- 3) Serán solubles en solventes polares si son polares y en solventes no polares si son no polares*
- 4) No conducen la corriente eléctrica, ya que no existen cargas eléctricas que puedan moverse.*

El agua es una sustancia covalente. Es bien conocido que conduce la corriente y que uno se puede electrocutar:

7

¿cómo se explica esto?



Sustancias iónicas:

- 1) *No están formadas por moléculas sino por redes cristalinas donde se alternan cationes y aniones.*
- 2) *Tienen puntos de fusión y ebullición muy altos. A temperatura ambiente son sólidos cristalinos.*
- 3) *Son solubles en solventes muy polares, principalmente en agua.*
- 4) *No conducen la corriente eléctrica en estado sólido, pero sí lo hacen en estado líquido (fundidos) o en solución. Al conducir la corriente en solución se descomponen, se denominan electrolitos de segunda especie.*

8

¿Por qué las sustancias iónicas no conducen la corriente en estado sólido?



Sustancias metálicas:

- 1) *No están formadas por moléculas sino por una red de cationes dentro de la cual pueden moverse libremente los electrones.*
- 2) *Sus puntos de fusión son en general altos, pero existen metales de bajo punto de fusión. A temperatura ambiente son sólidos, excepto el mercurio. No se puede decir que una sustancia metálica siempre tendrá mayor o menor punto de fusión o ebullición que una iónica o una covalente. No se puede generalizar.*
- 3) *Son insolubles en todo tipo de solventes, tanto polares como no polares. En ciertos casos se producen reacciones químicas.*
- 4) *Conducen la corriente eléctrica tanto en estado sólido como líquido. Son los mejores conductores de la electricidad, denominados electrolitos de primera especie porque no se descomponen al conducirla.*
- 5) *Son dúctiles y maleables, o sea, pueden deformarse para hacer hilos o láminas.*
- 6) *Tienen brillo. Todos los metales son plateados, excepto el oro que es dorado, y el cobre que es rojizo.*

9

¿Quiénes serán los encargados de conducir la corriente eléctrica en las sustancias metálicas?



El que los metales puedan deformarse sin que se rompan es consecuencia de la particularidad de la unión metálica:

10

¿podrías explicar por qué?



El denominado brillo metálico también es consecuencia del tipo de unión, y por lo tanto de la movilidad de los electrones. Teniendo en cuenta lo que se estudió en el modelo atómico actual en cuanto a absorción y emisión de energía:

11

¿Podrías explicarlo?



Respuestas

R 1

Las sustancias que están formadas por moléculas son las sustancias covalentes, en su inmensa mayoría y salvo casos excepcionales como el diamante.

[Volver](#)

R 2

Cuando la molécula es polar y tiene un momento dipolar distinto de cero. Por eso necesitábamos conocer si una molécula era polar o no, para poder saber qué tipo de fuerzas intermoleculares van a actuar entre dichas moléculas.

[Volver](#)

R 3

Cuanto más intensas sean las fuerzas intermoleculares, mayor será el punto de fusión y el punto de ebullición de una sustancia. El punto de fusión es la temperatura a la cual una sustancia pasa del estado sólido al líquido a una presión determinada. Si esa presión es la presión atmosférica normal se denomina punto de fusión normal. Análogamente el punto de ebullición es la temperatura a la cual la sustancia pasa del estado líquido al gaseoso.

[Volver](#)

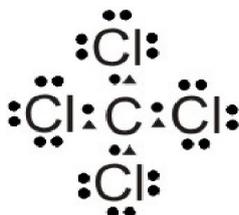
R 4

En una sustancia iónica no existen fuerzas intermoleculares, ya que no existen moléculas. Para fundir los cristales es necesario vencer las fuerzas que mantienen unidos a los iones en la red cristalina, o sea que estamos rompiendo la unión iónica, y se necesita entregar mucha energía para esto. Por eso las sustancias iónicas tienen muy elevados puntos de fusión o ebullición, mucho más altos que cualquier sustancia molecular, en la que sólo necesitamos vencer las fuerzas intermoleculares.

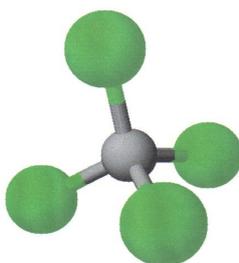
[Volver](#)**R** 5

Tomamos el amoníaco como ejemplo en el tema Geometría Molecular, tiene GE = tetraédrica y GM = piramidal con ángulos $< 109^\circ$. Es una molécula POLAR porque a pesar de que los tres momentos dipolares de las uniones con los hidrógenos son iguales en módulo, no están dispuestos en forma simétrica y su suma es distinta de cero. Además el nitrógeno tiene un par de electrones sin compartir que también afecta la polaridad. Por ser polares existirán entre sus moléculas fuerzas de London y fuerzas dipolo permanente. Pero además el amoníaco puede formar uniones puente hidrógeno entre sus moléculas. Posee los tres tipos de fuerzas intermoleculares.

El CCl_4



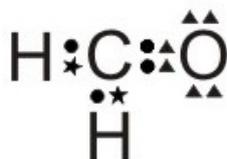
Tiene GE = GM = tetraédrica con ángulos $= 109^\circ$. Es una molécula NO POLAR, ya que los cuatro momentos dipolares de las uniones C-Cl son iguales en módulo y como están dispuestos en forma simétrica su suma da cero. Entre sus moléculas sólo existirán fuerzas de London.



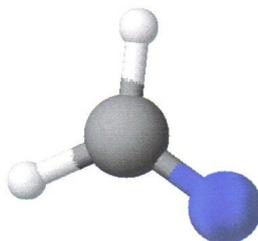
A pesar de que el CCl_4 presenta solamente fuerzas de London, que son las más débiles de las fuerzas intermoleculares, es una molécula de gran tamaño, mucho mayor que el amoníaco. Al poder separar una distancia mucho mayor la fracción de carga que se separa en el dipolo temporario de la fuerza de London, el momento dipolar aumenta mucho y la fuerza de London es muy intensa. Ésta logra superar a las tres fuerzas presentes en el amoníaco dando una enorme diferencia en los puntos de ebullición.

Volver

R 6



En el formaldehído Por el 4to. postulado de TRePEV se deben contar 3 pares de electrones compartidos, lo que da $\text{GE} = \text{GM} =$ plana triangular con ángulos = 120° .



Los tres momentos dipolares de las uniones, por más que están dispuestos en forma simétrica, no son iguales en módulo; su suma es distinta de cero y es una molécula POLAR. Presenta entre sus moléculas fuerzas de London y de dipolo permanente.

El metano también fue visto como ejemplo en Geometría Molecular. Presenta $\text{GE} = \text{GM} =$ tetraédrica con ángulos = 109° y es NO POLAR. Presenta entre sus moléculas solamente Fuerzas de London.

El agua, que también fue vista, presenta $\text{GE} =$ tetraédrica $\text{GM} =$ angular con ángulo $<$ a 109° . Es una molécula POLAR. Presenta entre sus moléculas Fuerzas de London, de dipolo permanente y uniones puente hidrógeno.

La fuerzas intermoleculares que unen a las moléculas de formaldehído son más semejantes a las que unen a las moléculas de agua, ya que es una molécula polar. Esto ya determinaría que fuera más soluble que el metano. Pero además el formaldehído puede formar uniones puente hidrógeno con el agua, entre el oxígeno del formaldehído y el hidrógeno del agua, lo que lo hace más soluble todavía.

Volver

R 7

Es agua que se encuentra en la naturaleza o la que bebemos no es agua pura. Tiene disueltas sales, que son sustancias iónicas, al disolverse los iones se separan y tienen movilidad pudiendo conducir la corriente. A pesar de que las concentraciones de sales son muy bajas si el voltaje de la corriente es alto se produce la conducción.

[Volver](#)

R 8

Se debe a que en estado sólido los iones se encuentran fijos en la red cristalina, "aprimionados" por los iones de signo contrario y no tienen movilidad para conducir la corriente eléctrica. Esa movilidad la adquieren al fundir el sólido o al solubilizarse. Los que conducen la corriente en este caso son los iones.

[Volver](#)

R 9

Los electrones son los encargados de conducir la corriente ya que presentan una gran movilidad.

[Volver](#)

R 10

Esa red de cationes puede deformarse, porque como los electrones tienen movilidad siempre siguen manteniendo la unión. No sucede lo mismo con una sustancia iónica. Al tratar de deformar una red iónica se enfrentarán iones de igual signo de carga eléctrica, que se repelen, y eso llevará a que el cristal se quiebre.

[Volver](#)

R 11

Los electrones pueden pasar a niveles y subniveles de energía muy superiores, habiendo una infinidad de posibilidades de "saltos" de energía. Cuando regresan y emiten esa energía en forma de luz, existen prácticamente todas las posibilidades de longitudes de onda en el espectro visible, por eso emiten luz blanca y se ven plateados.

[Volver](#)