



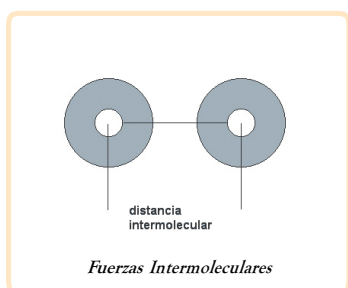
ENLACE QUIMICO II

Fuerzas de Enlaces Intermoleculares

Las fuerzas de enlaces intermoleculares fueron introducidas por el físico Van der Waals para explicar la diferencia del comportamiento entre un gas real y un gas perfecto, es decir, aquel que obedece a la Teoría cinética de los gases. En un gas perfecto, se supone que las moléculas no interaccionan unas con otras, mientras que Van der Waals debió admitir que entre las moléculas de un gas real existían unas fuerzas de interacción que reducían la presión ejercida por este gas.

Estas fuerzas a menudo se designan con el nombre de "fuerzas de Van der Waals", las cuales desempeñan un papel importante en la cohesión de moléculas líquidas o en cristales moleculares.

Los líquidos moleculares constituyen la mayor parte de los compuestos orgánicos en estado líquido y de algunos compuestos orgánicos formados por enlaces covalentes. En ellos las moléculas están presentes de un modo individualizado y se desplazan unas con respecto a las otras. En los cristales moleculares, la red cristalina no está formada por iones sino por moléculas covalentes.



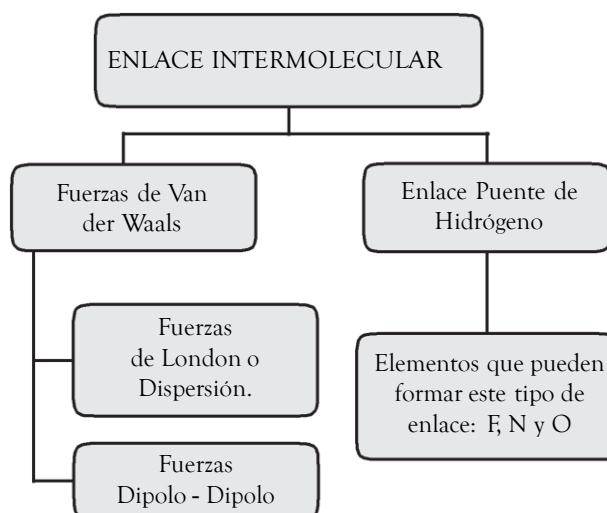
NATURALEZA DE LAS FUERZAS INTERMOLECULARES

Las fuerzas que existen entre átomos y moléculas tienen prácticamente un origen eléctrico, es decir, de naturaleza electrostática, consistente en atracciones y repulsiones. Las repulsiones son debidas a las nubes electrónicas y las atracciones se explican fácilmente en el caso de las

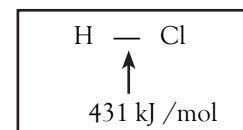
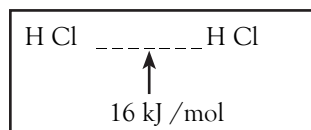
moléculas polares. La naturaleza de estas interacciones son de tres clases poco diferentes en su origen, pero que actúan simultáneamente constituyendo las fuerzas de Van der Waals.

¿QUÉ SON FUERZAS DE VAN DER WAALS?

Son fuerzas intermoleculares que mantienen unidas a moléculas covalentes no polares, estas fuerzas aparecen como consecuencia de un desarreglo electrónico momentáneo que inducen la aparición de "polos". Estas fuerzas son momentáneas y relativamente débiles.



Las fuerzas intermoleculares son las principales responsables de las propiedades macroscópicas de la materia, por ejemplo: punto de ebullición y punto de fusión. Las fuerzas intermoleculares generalmente son más débiles que los enlaces iónicos y covalentes.



Se requiere menor energía para vaporizar un líquido o fundir un sólido que para romper los enlaces covalentes de las moléculas. Así, cuando el HCl pasa de líquido a gas las moléculas quedan intactas. Algunas propiedades sobre las que influyen las fuerzas intermoleculares (FIM) son:

PUNTO DE EBULLICIÓN

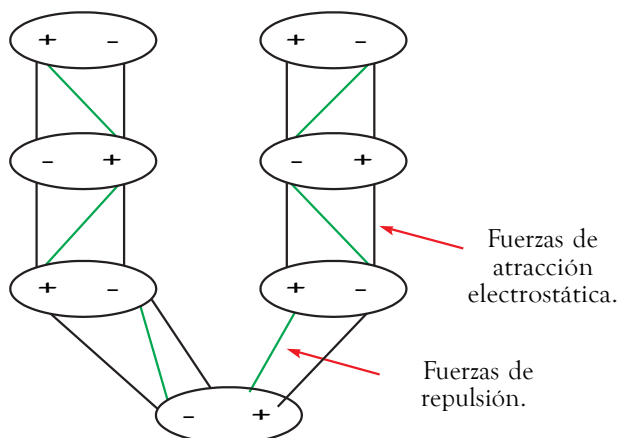
El punto de ebullición de las sustancias reflejan la magnitud de las fuerzas intermoleculares que actúa entre las moléculas.

PUNTO DE FUSIÓN

El punto de fusión de las sustancias aumenta con la intensidad de las fuerzas intermoleculares.

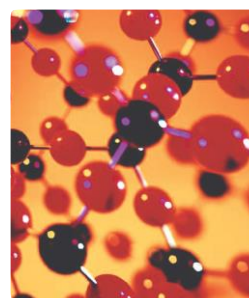
FUERZAS DIPOLO - DIPOLO

Se produce en moléculas polares neutras. Las moléculas polares se atraen cuando el extremo positivo de una de ellas está cerca del extremo negativo de la otra. Para moléculas con masas molares y tamaños parecidos, la intensidad de las atracciones intermoleculares aumenta al aumentar la polaridad. Las fuerzas dipolo-dipolo son comúnmente más débiles que los enlaces iónicos o covalentes.

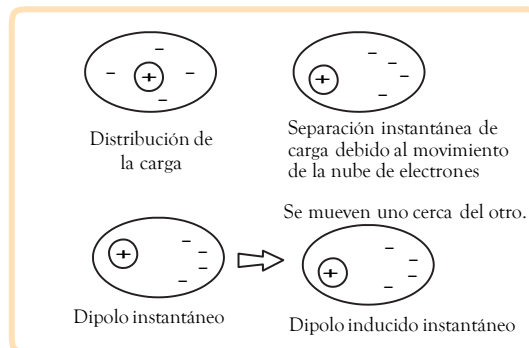


Las fuerzas de dispersión son las fuerzas de atracción que se generan por los dipolos temporales inducidos en los átomos o moléculas. La intensidad de las fuerzas de dispersión de London tienden a aumentar conforme aumenta el tamaño molecular o el peso molecular.

En muchos casos las fuerzas de London son comparables o mayores que las fuerzas dipolo - dipolo que existen en moléculas polares. Dependen en parte de la facilidad de distorsión de la nube de carga de una molécula, es decir, de la polarizabilidad de la molécula. En general, mientras más grande sea la molécula y más electrones tengan, más polarizable será y por ello las fuerzas de London pueden ser mayores. No obstante, la forma molecular y otros factores también son importantes.



Fuerza de Dispersión de London



FUERZAS DE DISPERSIÓN DE LONDON

Si un ion o molécula polar se acerca a un átomo (o molécula no polar), la distribución electrónica del átomo (o molécula) se distorsiona por la fuerza que ejerce el ion a la molécula polar, dando lugar a una clase de dipolo. Se dice que el dipolo del átomo (o molécula no polar) es un dipolo inducido porque la separación de sus cargas positivas y negativas se debe a la proximidad de un ion o una molécula polar.

La atracción entre un ion y el dipolo inducido se conoce como interacción ion- dipolo inducido, en tanto que la atracción entre una molécula polar y el dipolo inducido se conoce como interacción dipolo - dipolo inducido.

PUNTOS DE FUSIÓN DE COMPUESTOS NO POLARES SEMEJANTES	
COMPUESTO	PTO. DE FUSIÓN(°C)
CH ₄	-182,5
CF ₄	-150,0
CCl ₄	-23,0
CBr ₄	90,0
Cl ₄	171,0



PUENTE DE HIDRÓGENO

El enlace puente de hidrógeno es una fuerte atracción intermolecular en la que los átomos de hidrógeno(H) forman enlaces puentes entre átomos de alta electronegatividad en moléculas adyacentes. Se presenta en compuestos en los que los átomos de H están enlazados con átomos electronegativos tales como el N, O y F (como el NH₃, H₂O, HF etc.). El enlace hidrógeno es una fuerza más débil que el enlace iónico o el covalente, pero generalmente más fuerte que las fuerzas de London y las de atracción dipolo-dipolo.

En general, el punto de ebullición se eleva al aumentar las fuerzas de dispersión (son más grandes). La excepción más notable a esta regla es el H₂O, NH₃, HF (agua, amoníaco y fluoruro de hidrógeno). Estas anomalías en las tendencias generales se deben a la presencia de puentes de hidrógeno.



Puentes de Hidrógeno

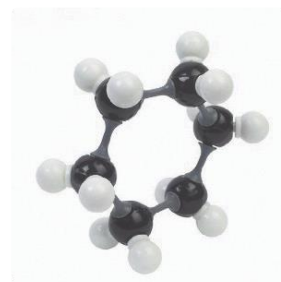


Puntos de ebullición de los compuestos hidrogenos binarios de los grupos IVA, VA, VIA y VIIA de la tabla periódica.

GRUPO IVA		GRUPO VA		GRUPO VIA		GRUPO VIIA	
Compuesto	Punto de Ebullición(°C)	Compuesto	Punto de Ebullición(°C)	Compuesto	Punto de Ebullición(°C)	Compuesto	Punto de Ebullición(°C)
C H ₄ Si	- 161,5	N H ₃ P	- 33,4	H ₂ O	100	H F	- 19,6
H C ₆ Si	- 111,8	H A ₃ P	- 88,0	H ₂ S	- 61,8	H Cl	- 83,7
H Sn ₄	- 90,0	H Sb ₃	- 55,0	H ₂ Se	- 42,0	H Br	- 67,0
H ₄	- 52,0	H ₃	- 17,0	H ₂ Te	- 2,0	H I	- 36,0

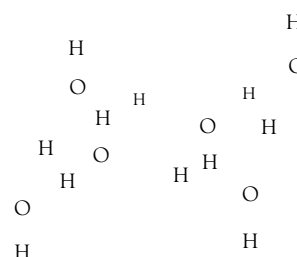


*Interacción
Dipolo - Dipolo*



Interacción Ion - Dipolo

Puente de Hidrógeno

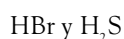


Puente de Hidrógeno del agua

Como se puede apreciar los datos de la tabla anterior para los compuestos del grupo IVA, el punto de ebullición aumenta a medida que aumenta el peso molecular.

Para los compuestos del grupo VA, VIA y VIIA se debería cumplir lo mismo, sin embargo, el NH_3 , el H_2O y el HF presentan punto de ebullición mucho mayores de los que les corresponderían debido a que en ello está presente la unión intermolecular de tipo puente de hidrógeno, la que determina la presencia de una mayor fuerza intermolecular.

- 1) ¿Qué tipo de fuerzas intermoleculares existen en las siguientes moléculas?



Solución:

Para identificar las fuerzas intermoleculares conviene clasificar a las especies participantes como:

- a) Moléculas no polares
- b) Moléculas polares
- c) Iones

Recuerda:

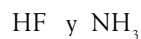
Las fuerzas de dispersión o llamadas fuerzas de London existen entre todas las especies. Tanto el HBr como el H_2S son moléculas polares, de modo que en ellas se establece fuerza dipolo-dipolo, además de las fuerzas de dispersión.

- 2) ¿Qué fuerza intermolecular tiene el CO_2 ?

Solución:

El CO_2 es apolar, entonces tendrá fuerza de dispersión (London).

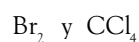
- 3) Indica qué tipo de fuerza intermolecular tiene:



Solución:

Son moléculas polares, pero el H está enlazado con átomos muy electronegativos (F , N) entonces, la fuerza intermolecular será puente de hidrógeno.

- 4) ¿Qué tipo de fuerzas intermoleculares existen en las siguientes moléculas?



Solución:

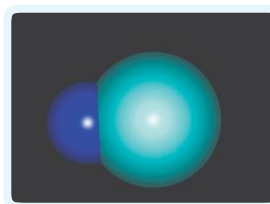
Para identificar la fuerza intermolecular se utiliza los pasos que anteriormente se hizo referencia (en el problema 1). Tanto el Br_2 como el CCl_4 son moléculas no polares.

- 5) ¿En qué sustancia no existe enlace puente de hidrógeno?

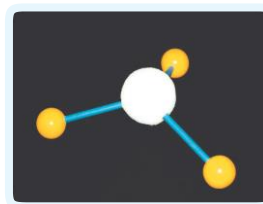
- a) H_2O
- b) NH_3
- c) CH_3OH
- d) H F
- e) H_2

El hidrógeno se enlaza con: F , O o N , entonces el H_2 no existe fuerza intermolecular puente de hidrógeno.

Molécula de HCl

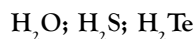


Molécula de NH_3



Resolviendo en clase

- 1 De los ejemplos citados, ¿cuál presenta mayor temperatura de ebullición?



Resolución:

Rpta:

- 2 De las siguientes moléculas, ¿cuáles son solubles en el agua?

- I. BF_3
- II. CS_2
- III. NH_3
- IV. HCl

Resolución:

Rpta:

- 3 Respecto a las siguientes proposiciones, indique lo incorrecto:

- El agua es un líquido que disuelve a las moléculas polares.
- El hecho de que el hielo flote sobre el agua líquida se debe al enlace puente de hidrógeno.
- El CO_2 forma enlace puente de hidrógeno.
- Los gases N_2 , O_2 , CH_4 se pueden licuar.
- El enlace puente de hidrógeno se presenta en moléculas de alta polaridad.

Resolución:

Rpta:

- 4 En la nave espacial MENTOR utilizan como combustible en H_2 , ya que su combustión libera gran cantidad de energía. Si al estado libre el H_2 y O_2 son gaseosos, ¿qué fuerzas intermoleculares han permitido su licuación?

Resolución:

Rpta:

5 Respecto a los enlaces intermoleculares, indique verdadero (V) o falso (F) según corresponda:

- Son más intensos que los enlaces interatómicos
- El enlace dipolo-dipolo es el que mantiene unidas a las moléculas con dipolo permanente
- Permite explicar las propiedades físicas de las sustancias covalentes.

Resolución:

6 Señalar verdadero (V) o falso (F) según corresponda:

- En el hielo las moléculas de agua se encuentran unidas mediante las fuerzas de Van Der Waals
- Las sustancias con enlace iónico fundidas o en solución acuosa son buenos conductores eléctricos.
- El amoníaco (NH_3) no puede disolverse en agua.

Resolución:

Rpta:

Rpta:

Ahora en tu cuaderno

7. ¿Cuál de los siguientes enlaces es relativamente más débil?

- a) Iónico
- b) Covalente polar
- c) Covalente apolar
- d) Puente de hidrógeno
- e) Van Der Waals

8. De las siguientes sustancias, señale cuáles presentan polaridad molecular

- I. BCl_3 II. SO_3
III. CO_2 IV. NH_3

- a) Sólo I b) Sólo II c) I y II
- d) II y IV e) Solo IV

9. Señale el compuesto que podría presentar la interacción dipolo-dipolo

- a) H_2 b) CO_2 c) CH_4
- d) H_2O e) N_2

10. ¿Qué sustancias es más soluble en agua?

- a) BCl_3 b) CF_4 c) H_2
- d) Cl_2 e) NH_3

11. ¿Qué pares de sustancias son solubles entre si?

- a) CCl_4 y NH_3
- b) HNO_3 y HCl
- c) CH_4 y H_2CO_3
- d) CO_2 y H_2SO_4
- e) C_2H_2 y SO_2

12. Indique cual(es) de las siguientes moléculas son polares:

- I. O_2 ; II. HBr ; III. CCl_4

Electronegatividades

$\text{H} = 1,2$; $\text{C} = 2,5$; $\text{Cl} = 3,0$; $\text{Br} = 2,8$

- a) Sólo I b) I, II, III c) Sólo III
- d) I y III e) Sólo II

Para reforzar

1. ¿En cuales de las siguientes moléculas se espera que el momento dipolar sea diferente de cero?

I. H_2O ; H_2S ; H_2Te II. C_2H_2
 III. NH_3 IV. H_2O

a) II y III b) III y IV c) I y II
 d) II y IV e) I y III

2. Señale la sustancia que presenta solamente enlaces covalentes polares pero en una molécula apolar.

a) BF_3 b) CS_2
 c) NH_3
 d) BeCl_2 e)

3. De las siguientes sustancias en estado condensado, ¿en cuales se presentan únicamente fuerzas de London?

I. SO_3 II. CO_2
 III. NH_3 IV. SiH_4

a) I y III b) I y IV c) II y III
 d) II y IV e) I y II

4. ¿Qué sustancias posee fuerzas del tipo dipolo-dipolo?

a) Na_2O b) KHCO_3 c) SO_2
 d) CO_2 e) N_2

5. Señalar verdad (V) o falsedad (F) de las siguientes proposiciones:

() Los gases nobles se enlazan mediante fuerzas de London. ()
 () En enlace más débil es el puente de hidrógeno
 () Todas las moléculas polares forman enlace puente de hidrógeno

a) VVV b) VVF c) VFV
 d) FVV e) VFF

6. Con respecto a la molécula de agua (H_2O) señale las proposiciones correctas: I.

Es una molécula polar

II. El ángulo de enlace es $109,5^\circ$

III. Con una molécula de amoníaco (NH_3) forma enlace puente hidrógeno

a) Sólo I b) I y II c) I y III
 d) II y III e) I, II y III

7. ¿Qué moléculas formarán enlaces puentes de hidrógeno?

I. $\text{O}^{2+} : \text{O}^{1-} : \text{O}^{2-}$;

II. $\text{CH}_3 - \text{CHO}$

III. $\text{CH}_3 - \text{COOH}$

a) Sólo I b) Sólo III c) I y II
 d) II y III e) I y III

8. Que sustancia química es probable que sea soluble en agua:

a) BeCl_2 b) CH_3NH_2
 c) CCl_4
 d) CH_4 e) BF_3

9. Ordena en forma creciente según la intensidad de la interacción molecular.

I. Puente hidrógeno

II. Dipolo - Dipolo

III. Interiónico

IV. Fuerzas de London

Respuesta: _____

10. Marque verdadero (V) o falso (F) para cada proposición:

I. El agua disuelve al $\text{H}=12$; $\text{C}=2,5$; $\text{Cl}=3,0$; $\text{Br}=2,8$ por ser ambas moléculas polares.

II. Las fórmulas: HCOOH , CH_3OH , CH_3NH_2 representan a sustancias cuyo enlace intermolecular es puente de hidrógeno.

III. Las sustancias: N_2 ; O_2 ; H_2 ; interactúan por dipolo - dipolo.

Respuesta: _____

11. Indique verdadero (V) o falso (F) en las siguientes proposiciones:

I. El amoníaco (NH_3) posee mayor punto de ebullición que la fosfina (PH_3).

II. La sublimación de Yodo sólido I_2 se debe a las fuerzas dipolo - dipolo.

III. El agua cuando se congela aumenta su volumen debido al enlace puente hidrógeno.

Respuesta: _____

12. ¿A que se debe el hecho de que los gases pueden ser licuados?

a) enlace puente de hidrógeno
 b) enlace dipolo - dipolo
 c) enlace covalente coordinados
 d) fuerzas atractivas de London e)
 enlaces metálicos