

Capítulo 8 Fuerzas intermoleculares.

En este tema se estudian las propiedades físicas de las sustancias moleculares en base a la magnitud de las fuerzas intermoleculares: fuerzas de van der Waals y enlace de puente de hidrógeno. Se plantean ejercicios de como estas fuerzas o interacciones dependen de la masa molecular (o de la polarizabilidad), de los momentos dipolares o de la capacidad de formar enlaces de puente de hidrógeno; también se estudia la dependencia de las propiedades físicas (punto de ebullición, presión de vapor, solubilidad) de las sustancias moleculares con el tipo y magnitud de estas interacciones. En muchos ejercicios aparecen sustancias orgánicas, ya que estas son típicamente sustancias moleculares; en estos casos se ha dado la fórmula molecular y el nombre de la sustancia para aquellos que aún no hayan estudiado la formulación y nomenclatura química orgánica.

8.1 Fuerzas intermoleculares y propiedades físicas

Ejercicio 8.1. Ordenar de menor a mayor la magnitud de los siguientes tipos de interacciones entre dos átomos:

- enlace covalente
- fuerzas de van der Waals
- enlace de puente de hidrógeno

Ejercicio 8.2. Responder Cierto o Falso: Las fuerzas de London dependen de la polarizabilidad de los átomos y moléculas. Cuanto mayor sea la polarizabilidad, mayores serán las fuerzas de London.

Ejercicio 8.3. Responder Cierto o Falso: En una sustancia polar, la contribución a las fuerzas intermoleculares de las interacciones dipolo inducido-dipolo inducido, puede ser mayor que la de las interacciones dipolo permanente-dipolo permanente.

Ejercicio 8.4. ¿Cuál de las siguientes sustancias presenta un punto de ebullición más alto?

- a. F_2 b. Br_2 c. Cl_2 d. I_2

Ejercicio 8.5. Ordena las siguientes sustancias por orden creciente de su punto de ebullición:

- a. SiF_4 b. $SiCl_4$ c. $SiBr_4$ d. SiI_4

Ejercicio 8.6. De los siguientes compuestos, indica los que presentan enlace de puente de hidrógeno:

- a. CH_3-O-CH_3 b. CH_3-CH_2OH c. H_2O
d. NH_3 e. CH_2NH_2 f. $CH_3-CO-CH_3$

Ejercicio 8.7. ¿Cuál de los siguientes compuestos orgánicos, de similar masa molecular, presenta un punto de ebullición más alto?

- a. dietileter ($CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$) b. n-butanol ($CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$)
c. pentano ($CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$) d. 1-cloropropano ($CH_3-CH_2-CH_2-Cl$)

Ejercicio 8.8. ¿Cuál de las siguientes sustancias presenta un punto de ebullición más alto?

- a. fenol (C_6H_5-OH) b. tolueno ($C_6H_5-CH_3$)
c. benceno (C_6H_6) d. p-dihidroxibenceno ($HO-C_6H_4-OH$)

Ejercicio 8.9. Ordena las siguientes sustancias por orden creciente de su punto de ebullición:

- a. HI b. HCl c. HBr

Ejercicio 8.10. Ordena las siguientes sustancias por orden decreciente de su punto de ebullición.

- a. H_2O b. H_2S c. H_2Se d. H_2Te

Ejercicio 8.11. Responder Cierto o Falso: Los cambios de estado que se producen al aumentar la temperatura, son debidos a que el aumento de la energía o agitación térmica contrarresta parcialmente las atracciones intermoleculares y permite una mayor libertad de movimiento de las moléculas.

Ejercicio 12. ¿Cuál de los siguientes compuestos orgánicos es más soluble en agua?

- a. 1-bromopropano ($CH_3-CH_2-CH_2-Br$) b. etilmetileter ($CH_3-CH_2-O-CH_3$)
c. 1-propanol ($CH_3-CH_2-CH_2-OH$) d. propano ($CH_3-CH_2-CH_3$)

Ejercicio 8.13. En cada uno de los siguientes pares de sustancias indica, razonándolo, cuál de las dos tiene un punto de ebullición más alto:

- a. N_2 , CO b. SiH_4 , PH_3 c. GeH_4 , AsH_3 d. Br_2 , ICl

Ejercicio 8.14. Ordena las siguientes sustancias por orden creciente de su punto de ebullición:

- a. CH_3OH b. H_2O c. $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$

Ejercicio 8.15. ¿Cuál de estas sustancias presenta una mayor presión de vapor, a una temperatura dada?

- a. octano (C_8H_{18}) b. pentano (C_5H_{12}) c. hexano (C_6H_{14}) d. heptano (C_7H_{16})

Ejercicio 8.16. ¿Cuál de estas sustancias es menos volátil?

- a. cloroformo (CHCl_3) b. yodoformo (CHI_3)
c. 1,1,1-tricloroetano ($\text{CCl}_3\text{-CH}_3$) d. etano

Ejercicio 8.17. Una de las siguientes sustancias es sólida a 0°C ¿Cuál?

- a. metanol (CH_3OH) b. etilenglicol ($\text{CH}_2\text{OH-CH}_2\text{OH}$)
c. etanol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$) d. glicerina ($\text{CH}_2\text{OH-CHOH-CH}_2\text{OH}$)

Ejercicio 8.18. Explica el hecho de que el o-dihidroxibenceno presente un punto de ebullición inferior al de su isómero el p-dihidroxibenceno.

8.2 Respuestas a los ejercicios.

8.1. $b < c < a$

El enlace covalente entre dos átomos es el más fuerte, el que mantiene unidos o ligados a éstos más firmemente, y tiene un carácter direccional. El enlace por puente de hidrógeno tiene un cierto carácter covalente, con una cierta direccionalidad, que hace que su magnitud sea mayor que las fuerzas de van der Waals. El enlace por puente de hidrógeno se da entre un átomo de H perteneciente a una molécula y unido a O, F o N, y un átomo de O, F o N perteneciente a otra molécula. En último lugar están las fuerzas de van der Waals; para los átomos de los gases nobles estas fuerzas dependen de la polarizabilidad, pero para moléculas también dependen de la polaridad de éstas.

8.2. Cierto

8.3. Cierto

Si bien la interacción del tipo dipolo permanente-dipolo permanente entre dos moléculas polares puede ser mayor que la interacción dipolo inducido-dipolo inducido, la consideración del conjunto de todas las moléculas y la distribución estadística de los dipolos puede hacer que éstas últimas contribuyan más que las primeras; esto se explica porque las moléculas están en continuo movimiento debido a la agitación térmica y entonces los dipolos permanentes no pueden adquirir la orientación óptima para que su interacción sea máxima.

8.4. d. I_2

Cuando tenemos moléculas no-polares y que no forman enlace de puente de hidrógeno, entonces las fuerzas de London son las únicas que contribuyen. Las fuerzas de London se hacen más importantes a medida que aumenta la polarizabilidad de la molécula; para moléculas de la misma estructura, esto quiere decir que las fuerzas de London aumentan al aumentar el tamaño o la masa molecular.

8.5. punto ebullición $SiF_4 < SiCl_4 < SiBr_4 < SiI_4$

Siguiendo las mismas consideraciones que en el ejercicio 4, la molécula menos polarizable será el SiF_4 mientras que la más polarizable será el SiI_4 . Como las fuerzas de London aumentan con la polarizabilidad, el SiI_4 presentará el punto de ebullición

más elevado.

8.6. b, c, d, e

La formación del enlace de puente de hidrógeno se da cuando tenemos un átomo de hidrógeno enlazado a un átomo muy electronegativo, como F, O o N.

8.7. b. n-butanol

Ya que estas sustancias presentan una masa molecular similar, por tanto fuerzas de London similares, habremos que observar la polaridad o la capacidad de formar enlace de puente de hidrógeno. Puesto que el n-butanol es el único que puede formar enlace de puente de hidrógeno, presentará el punto de ebullición más elevado.

8.8. d. p-dihidroxibenceno

El p-dihidroxibenceno presenta mayores posibilidades de formar enlace de puente de hidrógeno, puesto que tienen dos grupos OH; el fenol también forma enlaces de puente de hidrógeno, pero solo tiene un grupo OH, mientras que el benceno y el tolueno no forman tales enlaces. En consecuencia, el p-dihroxibenceno presentará unas fuerzas intermoleculares más grandes y un punto de ebullición más alto.

8.9. punto ebullición $\text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI}$

En este caso las sustancias son polares. Pero a pesar de que la polaridad del HCl es la mayor, resulta que el HI tiene mayor polarizabilidad (ya que la molécula es mayor). Las fuerzas de London contribuyen más que las interacciones de dipolo permanente, y en consecuencia el HI presenta el punto de ebullición mayor.

8.10. punto ebullición $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{Te} > \text{H}_2\text{Se} > \text{H}_2\text{S}$

A excepción del agua, los demás compuestos de la serie siguen la misma variación que los haluros de hidrógeno del ejercicio anterior. Es decir, a mayor masa atómica del elemento del grupo VI (o mayor masa molecular del compuesto), mayor punto de ebullición. El agua no solo no sigue la tendencia, sino que incluso presenta un punto de ebullición muy alto, superior al del H_2Te . Esto es debido a la formación de enlace de puente de hidrógeno. Ya que el HF también forma enlaces de puente de hidrógeno, el HF tampoco sigue la tendencia indicada en el ejercicio anterior, y presenta un punto de ebullición más alto que sus homólogos.

8.11. Cierto

8.12. c. propanol

Para que una sustancia orgánica sencilla sea soluble en agua ha de presentar un grupo polar en su molécula o bien un grupo capaz de formar enlace de puente de hidrógeno con las moléculas de agua, y a su vez tener la cadena hidrocarbonada pequeña. La posibilidad de formación de enlace de puente de hidrógeno con el agua favorece mucho la solubilidad. Con estas premisas la sustancia más soluble en agua será el propanol, ya que puede formar enlace de puente de hidrógeno. Las otras sustancias serán poco o nada solubles.

8.13. a. CO b. PH₃ c. AsH₃ d. ICl

En cada par se comparan sustancias de similar masa molecular pero una es polar y la otra no. Ya que las fuerzas de London serán parecidas, aquella que sea polar tendrá la contribución adicional de las interacciones tipo dipolo permanente, y por tanto las fuerzas de van der Waals serán mayores y presentará un punto de ebullición mayor.

8.14. punto ebullición CH₃-CO-CH₃ < CH₃OH < H₂O

A mayor capacidad de formación de enlace de puente de hidrógeno, mayor punto de ebullición. En el agua ambos hidrógenos pueden formar éste enlace, en el metanol solo hay un hidrógeno que lo puede formar, mientras que en el dimetiléter no hay ningún hidrógeno que lo pueda formar.

8.15. b. pentano

La presión de vapor sigue una tendencia opuesta a las fuerzas intermoleculares y al punto de ebullición. A menor fuerza intermolecular mayor presión de vapor, puesto que las moléculas en el estado líquido no están tan ligadas entre sí y pueden pasar más fácilmente al estado vapor. Los hidrocarburos indicados pertenecen a la misma serie homóloga, diferenciándose en la longitud de la cadena hidrocarbonada; de ellos el pentano es el de masa molecular menor y por tanto presenta las fuerzas de van der Waals menores, y en consecuencia una mayor presión de vapor.

8.16. b. yodoformo

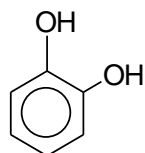
El yodoformo tiene una masa molecular muy superior a los otros compuestos, y por tanto presentará unas fuerzas de van der Waals más altas. En consecuencia tendrá

una presión de vapor menor, es decir es el menos volátil.

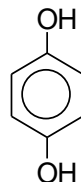
8.17. d. glicerina

La glicerina presenta mayor número de grupos OH y por tanto mayor capacidad de formar enlace de puente de hidrógeno. La glicerina presentará las fuerzas intermoleculares mayores y por tanto el punto de fusión más bajo. Si solo una de las sustancias indicadas es sólida a 0°C, ésta será la glicerina.

8.18. Tanto el p-dihidroxibenceno como el o-dihidroxibenceno pueden formar enlace de puente de hidrógeno, puesto que tienen dos grupos OH; pero el isómero orto (o-) presenta los grupos OH lo suficientemente próximos para permitir la formación de enlace de puente de hidrógeno intramolecular. La formación de éste enlace intramolecular disminuye la posibilidad de la formación del enlace intermolecular y por tanto disminuye la fuerza de las interacciones intermoleculares; en consecuencia, el isómero para (p-) presentará un punto de ebullición superior.



Isómero orto



Isómero para