

Tema 11

Fuerzas intermoleculares

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

1

11.1 Concepto de fuerza intermolecular

11.2 Tipos de fuerzas intermoleculares:

11.2.1. FUERZAS DIPOLO-DIPOLO

11.2.2. FUERZAS ION-DIPOLO

11.2.3. FUERZAS DIPOLO INDUCIDO-DIPOLO INDUCIDO (FUERZAS DE DISPERSIÓN o de LONDON)

11.2.4. FUERZAS DIPOLO-DIPOLO INDUCIDO

11.2.5. ENLACES (O PUENTES) DE HIDRÓGENO

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

2

11.1 Concepto de fuerza intermolecular

Las **fuerzas intermoleculares** son **fuerzas de atracción** entre **átomos** o **moléculas diferentes** del **enlace químico**.

Son las **responsables del comportamiento no ideal de los gases**, y de la **licuefacción** de todas las sustancias, incluso de los gases nobles, cuando la temperatura es suficientemente baja.

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

3

ECUACIÓN DE VAN DER WAALS

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2} \right) (V - n b) = n R T$$

Términos debidos a las fuerzas intermoleculares

n = moles de gas; V = volumen de n moles de gas

$\frac{n^2 a}{V^2}$ = término relacionado con las fuerzas intermoleculares de atracción

b = volumen excluido por mol

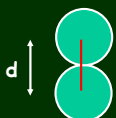
Un gas ideal es un gas sin fuerzas intermoleculares

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

4

El hecho de que los átomos o moléculas ocupen un determinado espacio se entiende por la existencia de **fuerzas repulsivas**



Las moléculas no pueden acercarse más que una determinada distancia d . Si no, aparece una fuerza repulsiva que las aleja una de otra

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

5

Las fuerzas intermoleculares son mucho **más débiles** que un **enlace químico** $\Rightarrow$ se necesita mucha menos energía para romperlas.

Energía para evaporar H_2O a $100^\circ C$ = 41 kJ/mol

Energía para romper un enlace $O-H$ = 931 kJ/mol

Al **evaporar** el agua damos **suficiente energía** para **superar las fuerzas intermoleculares**.

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

6

Propiedades que dependen de las fuerzas intermoleculares

1. Puntos de fusión y de ebullición
2. Solubilidad
3. Densidad
4. Viscosidad

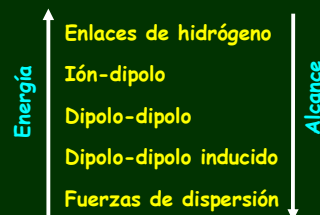
Cuanto más importantes sean las fuerzas intermoleculares, mayores serán los puntos de fusión y de ebullición, las densidades de las sustancias y sus viscosidades

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

7

11.2 Tipos de fuerzas intermoleculares



El alcance es la distancia a la que la atracción entre las moléculas debida a las fuerzas es importante

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

8

11.2.1. FUERZAS DIPOLO-DIPOLO

En una sustancia polar, las moléculas tienen momentos dipolares permanentes. El resultado es que las moléculas intentan alinearse con el extremo positivo de un dipolo dirigido hacia los extremos negativos de los dipolos vecinos.



Esta ordenación parcial de las moléculas puede hacer que una sustancia se mantenga como sólido o líquido a Tª más altas de las esperadas.

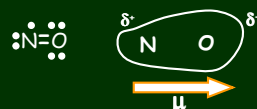
18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

9

Ejemplo:

En la molécula de NO hay una diferencia de EN, y la molécula tiene un pequeño momento dipolar.



Podría esperarse que el punto de ebullición del NO fuera intermedio entre los del N₂ y O₂, pero no es así.

El NO tiene un punto de ebullición más alto que el N₂ y O₂ porque el NO tiene un momento dipolar.

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

10

Fuerzas dipolo-dipolo

Disminuyen la energía de cada par de moléculas en aproximadamente 2 kJ/mol.

Dependen de la distancia entre dipolos y de su magnitud (μ_i).

$$V \propto \frac{\mu_1 \mu_2}{d^3}$$

Distancia entre dipolos

V: Energía de interacción entre dipolos

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

11

11.2.2. FUERZAS IÓN-DIPOLO

Son las interacciones electrostáticas entre un ión de carga q y una molécula polar (dipolo eléctrico de momento μ).



Aparecen cuando se disuelven compuestos iónicos (NaCl) en H₂O (gran μ). Cuando se disuelve el NaCl en H₂O, esta actúa manteniendo los iones separados.

Por el contrario, el CCl₄, una molécula no polar, no participa en una interacción ion-dipolo.

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

12

Fuerzas Ion-dipolo

Dependen de la carga del ión y del momento dipolar del disolvente y **están relacionadas con la constante dieléctrica del disolvente**.

Disminuyen la energía de cada par ion-dipolo del orden de **15 kJ/mol**

$$V \propto \frac{q\mu}{d^2}$$

Distancia
Ión-dipolo

18/03/2005

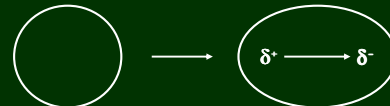
Bases Físicas y Químicas del
Medio Ambiente. Tema 11

13

11.2.3. FUERZAS DIPOLO INDUCIDO-DIPOLO INDUCIDO

(FUERZAS DE DISPERSIÓN o de LONDON)

Los átomos o moléculas que no tienen momento dipolar permanente pueden sufrir **deformaciones temporales** de sus nubes electrónicas dando lugar a **dipolos instantáneos**



μ instantáneo o inducido

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del
Medio Ambiente. Tema 11

14

En un conjunto de **átomos de He** un **dipolo instantáneo** de un átomo de He puede **inducir un dipolo** en cada uno de sus átomos vecinos. En el siguiente instante, un dipolo instantáneo distinto puede crear dipolos temporales en los átomos de He que le rodean.

El punto importante es que este tipo de interacción produce **FUERZAS DE DISPERSIÓN**, es decir, **fuerzas de atracción** que se generan por los dipolos temporales inducidos.

18/03/2005

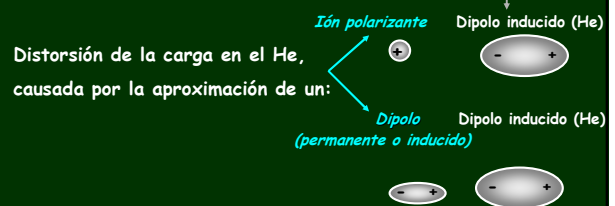
Bases Físicas y Químicas del
Medio Ambiente. Tema 11

15

Ejemplo:



Distribución de carga esférica en un **átomo de He**

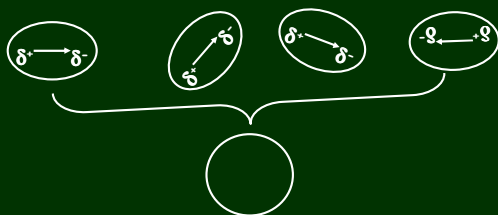


18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del
Medio Ambiente. Tema 11

16

El **promedio a lo largo del tiempo** de todos esos dipolos inducidos **es cero**, porque se pueden producir en cualquier dirección



18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del
Medio Ambiente. Tema 11

17

Sin embargo, aunque duren poco tiempo y se orienten al azar, **estabilizan** cada par de moléculas por interacciones dipolo inducido-dipolo inducido **en torno a 1 kJ/mol**

$$V \propto \frac{C}{d^6}$$

Constante característica
de la molécula sin μ

Distancia entre
dipolos inducidos

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del
Medio Ambiente. Tema 11

18

C depende de la polarizabilidad (α) de las moléculas

α está relacionada con la facilidad de una molécula para que sus nubes electrónicas se deformen formando dipolos inducidos

Las moléculas y átomos grandes son más polarizables que las más pequeñas ($> \text{Peso molecular} \Rightarrow > \alpha$)

Las moléculas alargadas son más polarizables que las moléculas esféricas

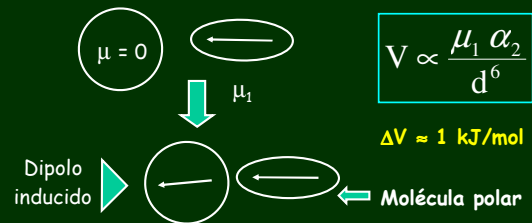
18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

19

11.2.4. FUERZAS DIPOLO-DIPOLO INDUCIDO

Los dipolos permanentes pueden también inducir dipolos no permanentes y estabilizar el sistema.



18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

20

11.2.5. ENLACES (O PUENTES) DE HIDRÓGENO

Es un caso particular de las fuerzas dipolo-dipolo pero con una estabilización muy alta (~ 15 a 40 kJ/mol).

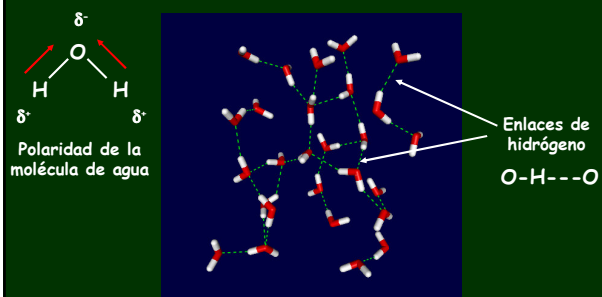
El enlace de H tiene lugar entre moléculas covalentes polares que contienen H y uno de los 3 elementos pequeños, de electronegatividad elevada (F, O, N).

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

21

Ejemplo: Estructura del agua líquida



18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

22

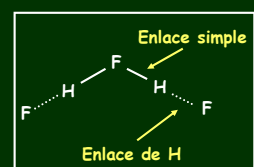
El enlace de H es responsable de los PUNTOS DE FUSIÓN y de EBULLICIÓN inusualmente altos de compuestos tales como el H_2O , el HF y el NH_3 , en comparación con otros compuestos de peso molecular y geometría similar.

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

23

Ejemplo: Enlace de Hidrógeno en el HF



Enlace de H en el HF gaseoso

La alineación de los dipolos de HF coloca un átomo de H entre 2 átomos de F. Como el tamaño del átomo de H es muy pequeño, los dipolos se encuentran muy próximos entre sí y producen fuertes atracciones dipolo-dipolo.

18/03/2005

Bases Físicas y Químicas del Medio Ambiente. Tema 11

24

