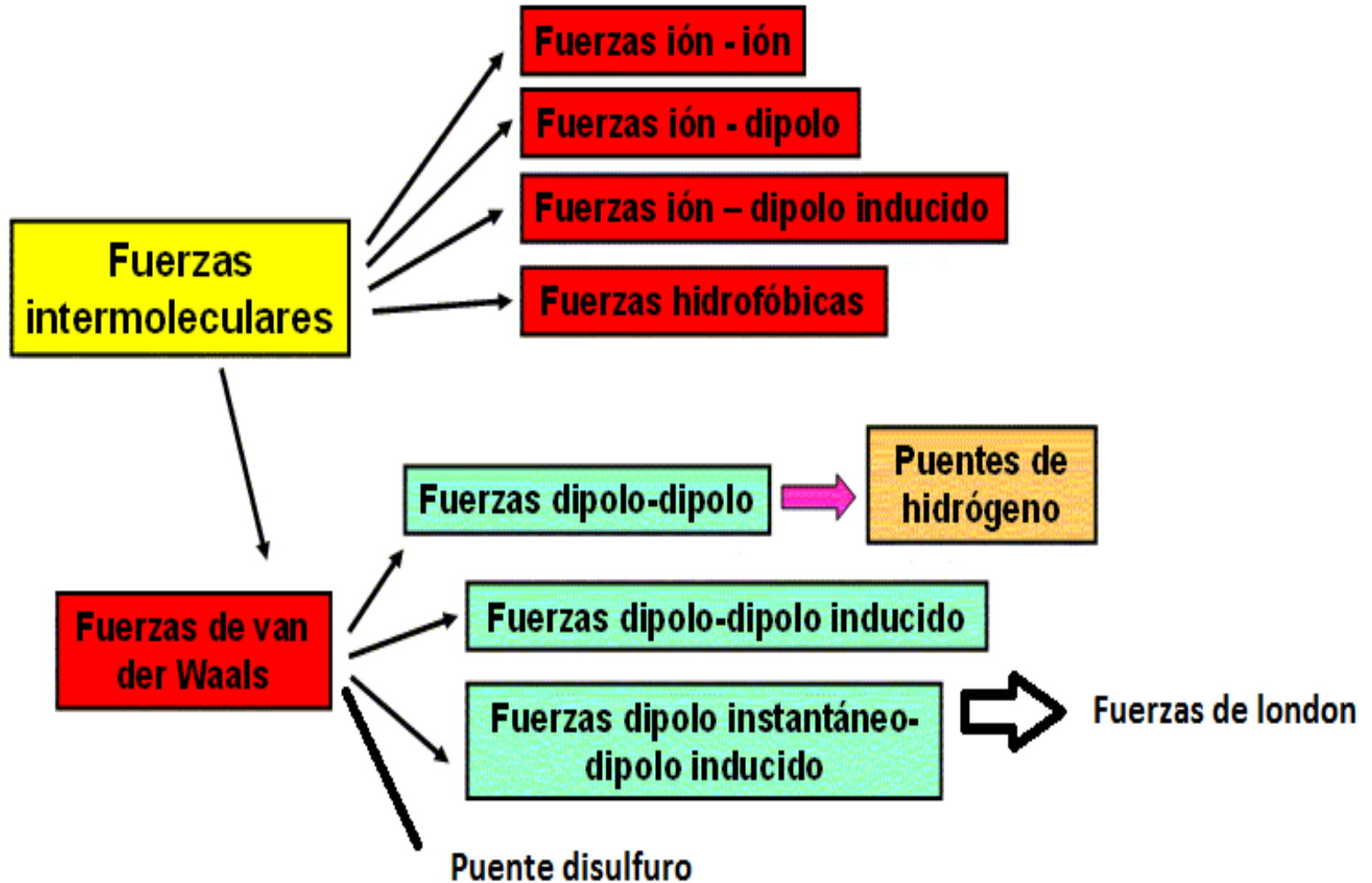


# Fuerzas intermoleculares



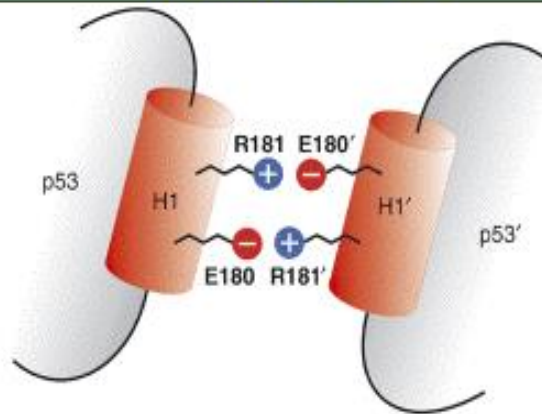
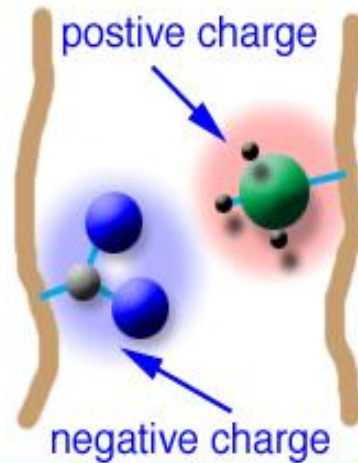
# Fuerza ión-ión

- Son las que se establecen entre iones de igual o distinta carga:
- Los iones con cargas de signo opuesto se atraen
- Los iones con cargas del mismo signo se repelen
- La magnitud de la fuerza electrostática viene definida por la ley de Coulomb y es directamente proporcional a la magnitud de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa .

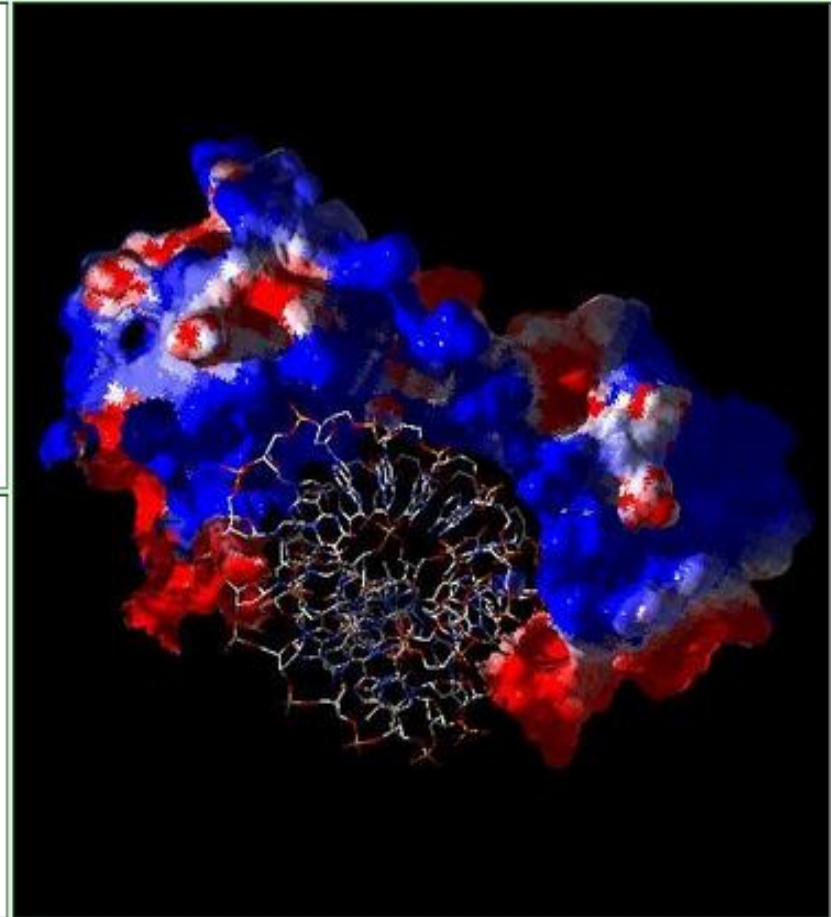
$$F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

- También llamada de puente salino.
- Frecuentes entre una enzima y su sustrato, entre los aminoácidos de una proteína.

Los aminoácidos cargados de una proteína pueden establecer enlaces iónicos (puentes salinos) dentro de una proteína o entre proteínas distintas

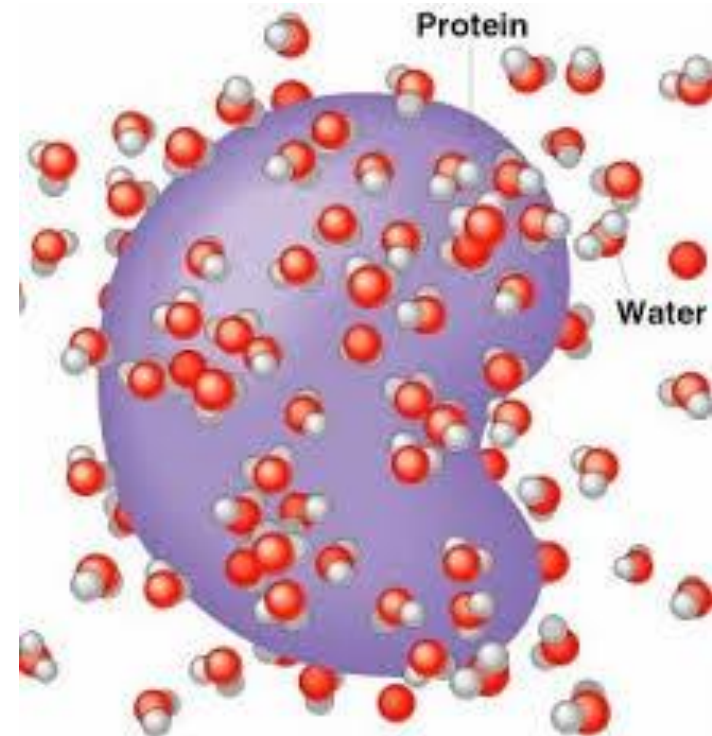
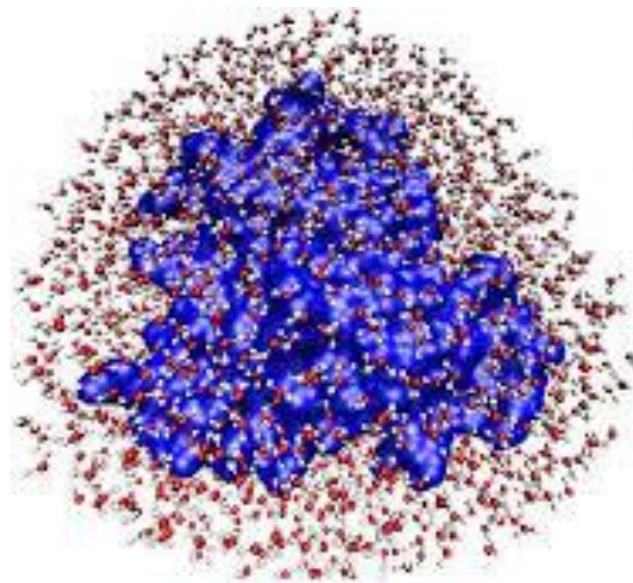
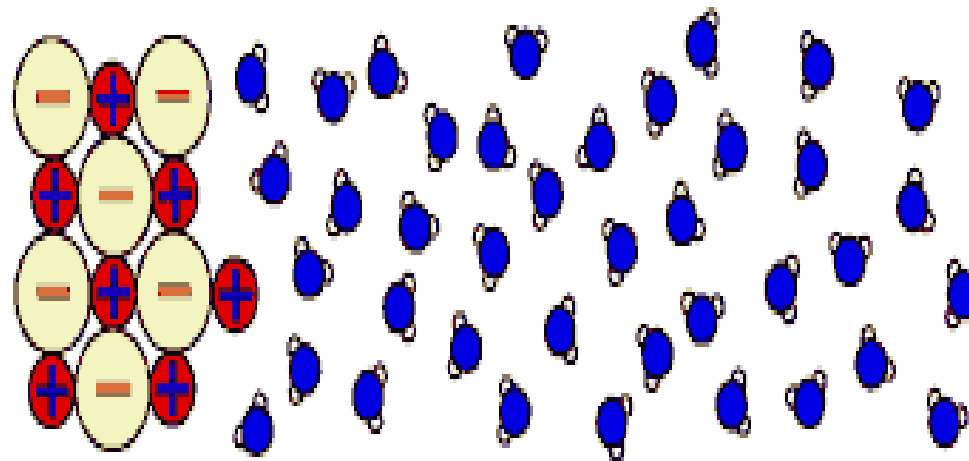


Las cargas positivas de la proteína (en azul) se disponen en torno a la hélice del DNA cargada negativamente



# Fuerzas Ión-dipolo

- Son las que se establecen entre un ión y una molécula polar.
- Presenta en la solvatación cuando el NaCl se disuelve en agua por la atracción que existe entre los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  y los correspondientes polos con carga opuesta de la molécula de agua. Esta solvatación de los iones es capaz de vencer las fuerzas que los mantienen juntos en el estado sólido.
- La capa de agua de hidratación que se forma en torno a ciertas proteínas y que resulta tan importante para su función.



# Fuerza Ión – Dipolo Inducido

- Tienen lugar entre un ión y una molécula *apolar*.
- La proximidad del ión provoca una distorsión en la nube electrónica de la molécula apolar que se convierte (de modo transitorio) en una molécula polarizada. En este momento se produce una atracción entre el ión y la molécula polarizada.
- Presenta en la interacción entre el ión  $\text{Fe}^{++}$  de la hemoglobina y la molécula de  $\text{O}_2$ , que es apolar. Esta interacción es la que permite la unión reversible del  $\text{O}_2$  a la hemoglobina y el transporte de  $\text{O}_2$  desde los pulmones hacia los tejidos





Átomo

(a)

Cation



Induced dipole



Interacción Ión-dipolo inducido

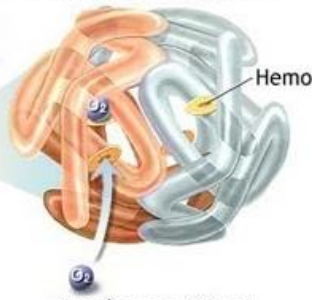
(b)



Glóbulo rojo

Los glóbulos rojos contienen cientos de moléculas de hemoglobina que transportan oxígeno

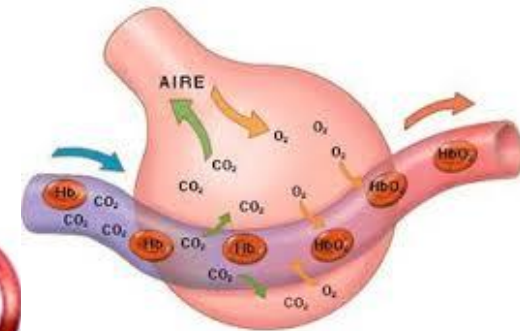
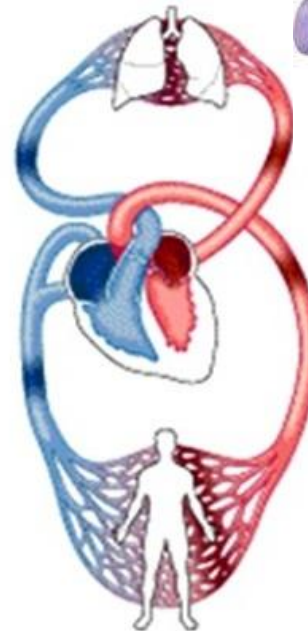
Molécula de hemoglobina



Hemo

El oxígeno se fija al hemo en la molécula de hemoglobina

Sangre venosa

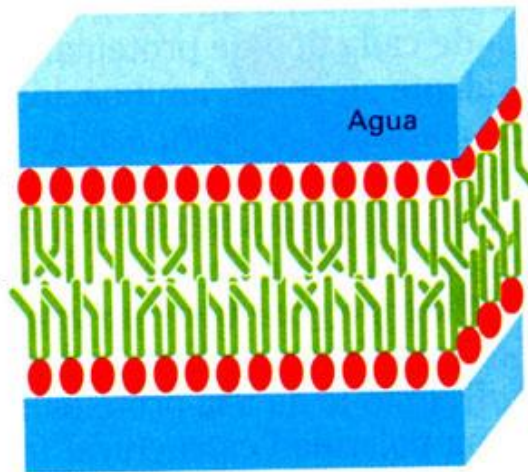
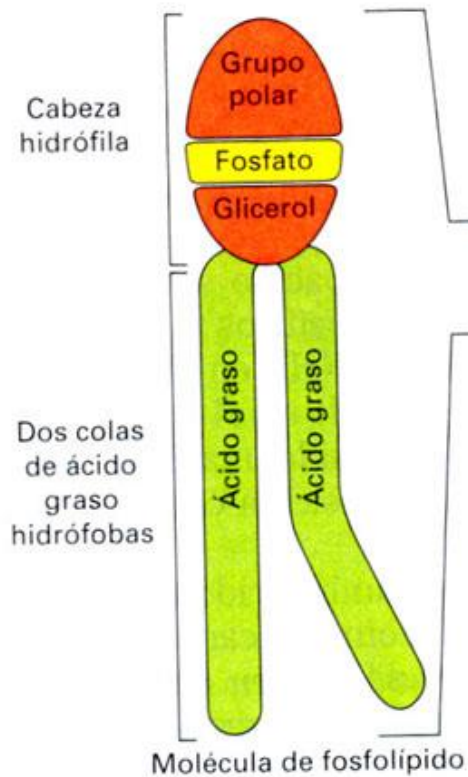
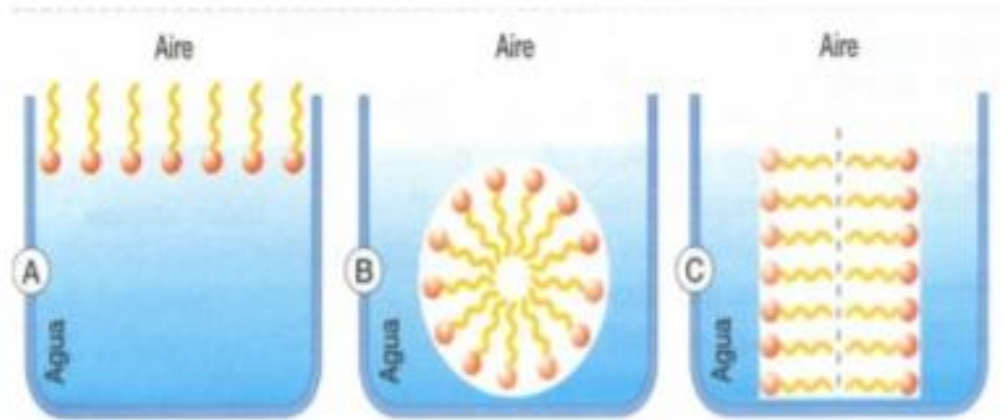
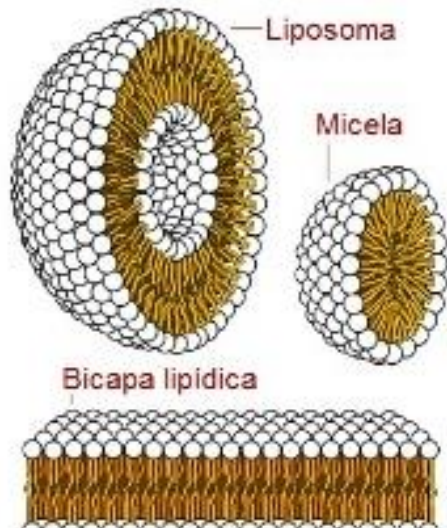


Sangre arterial

# INTERACCIONES HIDROFÓBICAS

- En un medio acuoso, las moléculas hidrofóbicas tienden a asociarse para evitar interaccionar con el agua. Lo hace por razones termodinámicas: las moléculas hidrofóbicas se asocian para minimizar el número de moléculas de agua que puedan estar en contacto con las moléculas hidrofóbicas
- Este fenómeno se denomina efecto hidrofóbico y es el responsable de que determinados lípidos formen agregados supramoleculares.
- Se establecen entre los fosfolípidos que forman las membranas celulares (forman bicapas)





Bicapa fosfolípida o membrana

Bicapa

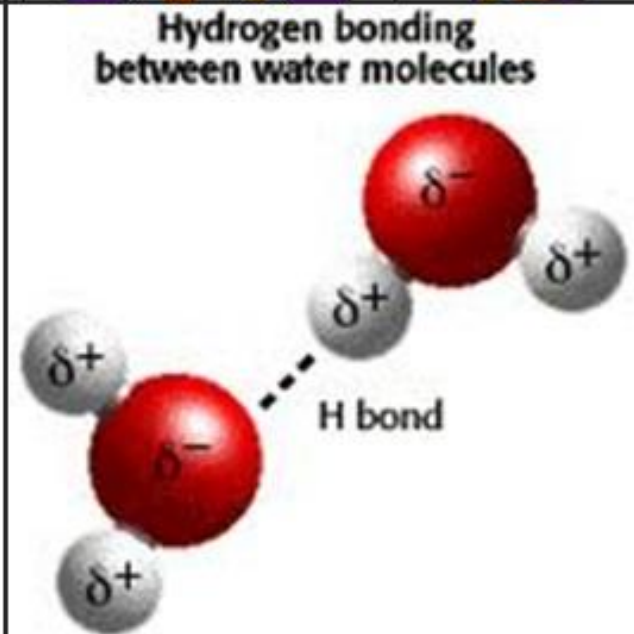
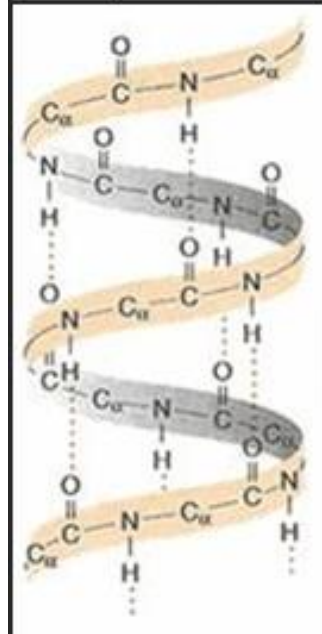
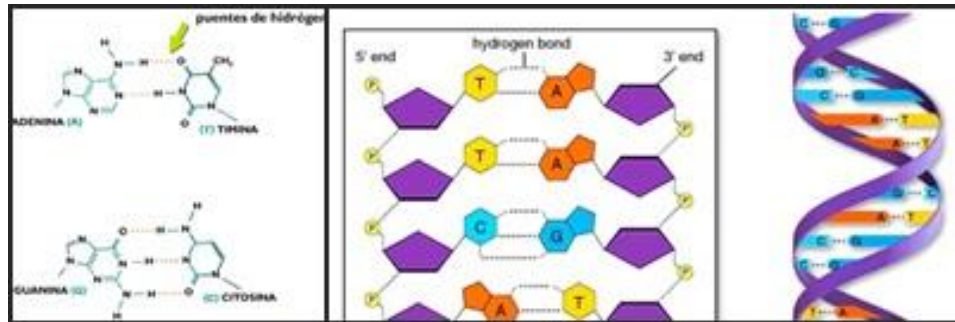
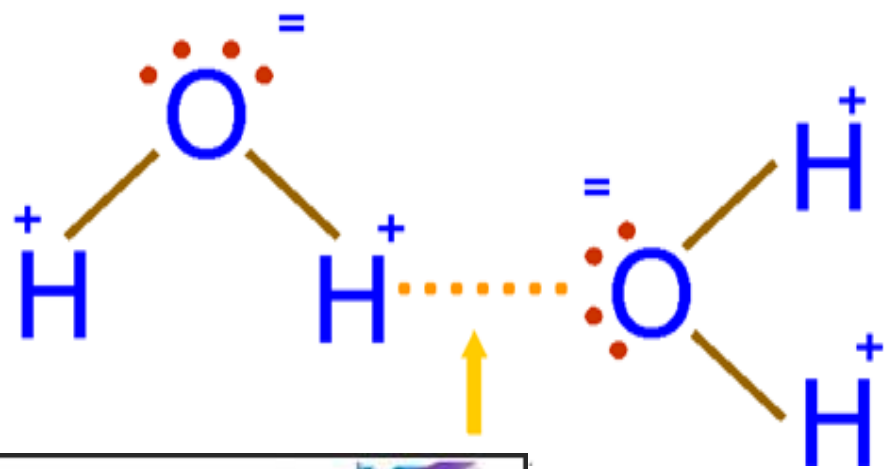
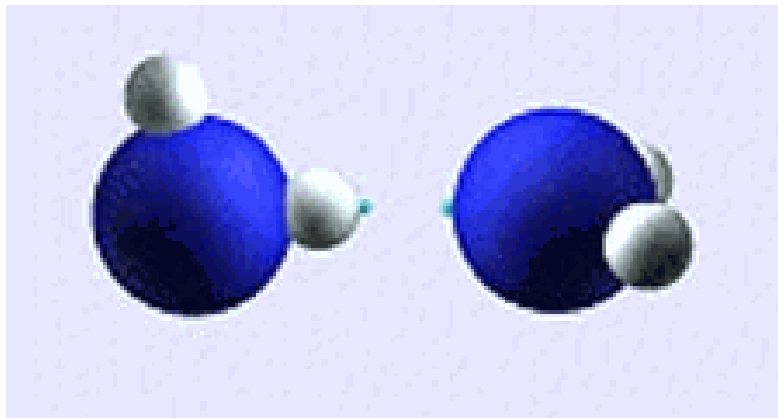


# Fuerzas de van der Waals

- Son fuerzas de atracción débiles que se establecen entre moléculas que presentan enlaces covalentes, son muy numerosas y desempeñan un papel fundamental en varios procesos biológicos.
- Las fuerzas de van der Waals incluyen:
  - Fuerzas dipolo-dipolo (también llamadas fuerzas de Keesom), entre las que se incluyen los puentes de hidrógeno
  - Fuerzas dipolo-dipolo inducido (también llamadas fuerzas de Debye)
  - Fuerzas dipolo instantáneo-dipolo inducido (también llamadas fuerzas de dispersión o fuerzas de London)

# Puente de Hidrogeno

- Es un caso especial de interacción dipolo-dipolo
  - Se producen cuando un átomo de hidrógeno está unido covalentemente a un elemento que sea:
    - muy electronegativo y con pares de e- sin compartir
    - Tamaño muy pequeño y capaz, de aproximarse al núcleo del hidrógeno.
  - Estas condiciones se cumplen en el caso de los átomos de F, O y N.
  - El enlace puente de hidrógeno es muy polar y el átomo de hidrógeno es el centro de cargas positivas que será atraído hacia los pares de electrones no compartidos de los átomos mas electronegativos de otras moléculas .
- Fundamental en bioquímica, ya que:
  - condiciona la estructura espacial de las proteínas y de los ácidos nucleicos
  - presente en distintos tipos de biomoléculas de procesos fundamentales para los seres vivos

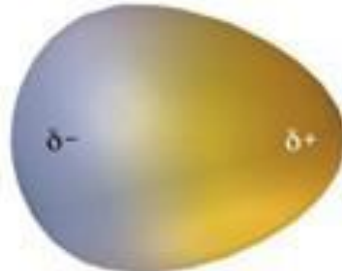


# FUERZAS DIPOLO-DIPOLO INDUCIDO

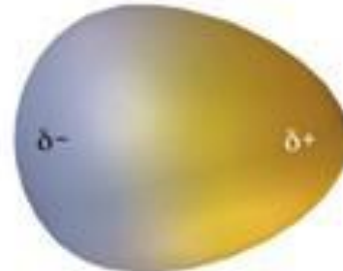
- Tienen lugar entre una molécula polar y una molécula apolar.
- La carga de una molécula polar provoca una distorsión en la nube electrónica de la molécula apolar y la convierte, de modo transitorio, en un dipolo. En este momento se establece una fuerza de atracción entre las moléculas.



(a) Unpolarized molecule



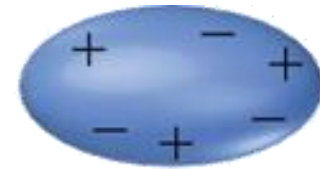
(b) Instantaneous dipole



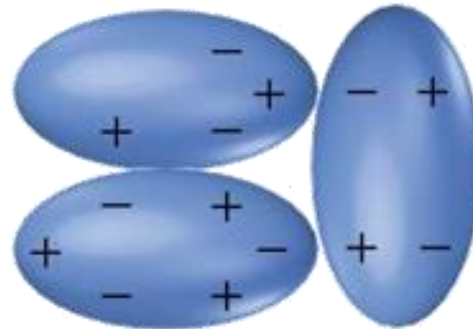
(c) Induced dipole

# FUERZAS DIPOLO INSTANTÁNEO-DIPOLO INDUCIDO

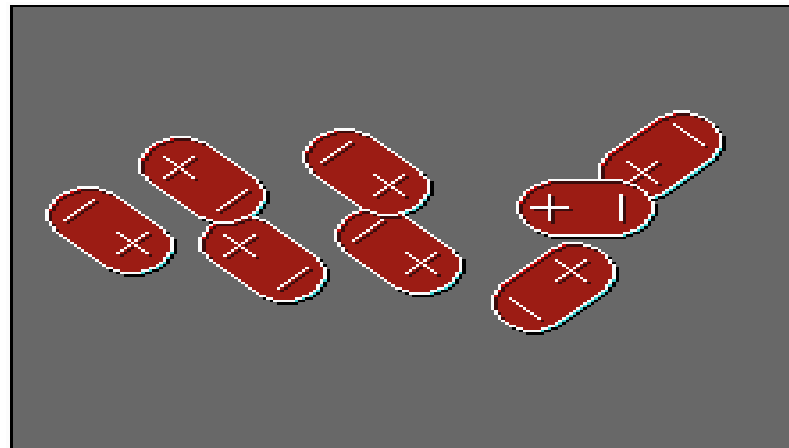
- Fuerzas que se establecen entre moléculas no polares, aunque también están presentes en las moléculas polares.
- Se deben a las irregularidades que se producen en la nube electrónica de los átomos de las moléculas por efecto de la proximidad mutua.
- La formación de un dipolo instantáneo en una molécula origina la formación de un dipolo inducido en una molécula vecina originándose una fuerza débil de atracción entre las dos.



distribución al azar de los dipolos temporales cuando las moléculas están separadas



dipolos temporales complementarios cuando las moléculas están en contacto





# Enlace disulfuro

- Enlace covalente que se produce cuando dos grupos sulfhídrico (SH) reaccionan para formar un puente disulfuro o puente SS (enlace entre átomos de azufre).
- La energía de este enlace es de 60 kcal por mol. Es considerado un enlace fuerte, aunque no lo es tanto como un enlace carbono-carbono o carbono-hidrógeno, por lo tanto es un grupo bastante reactivo.
- El enlace disulfuro se forma por oxidación de los grupos SH, es decir, en presencia de oxígeno, se liberan los hidrógenos de los grupos SH y los átomos de azufre quedan enlazados.
- Estos enlaces son muy importantes en la definición de la estructura proteica terciaria.

