

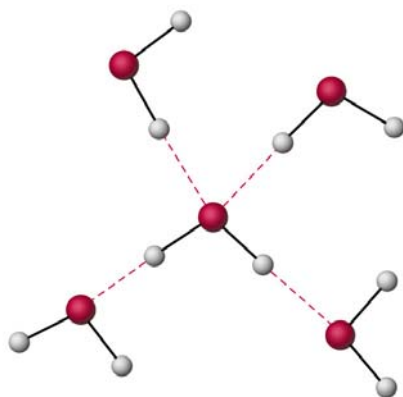
Tema 6. LÍQUIDOS, SÓLIDOS Y GASES FUERZAS INTERMOLECULARES

- Fuerzas de atracción entre moléculas

Unión de átomos entre sí

Intramolecular Enlace covalente

Moléculas (grandes o pequeña)



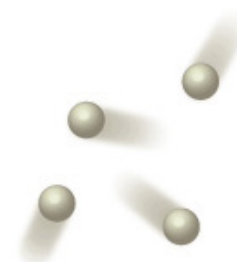
$T \uparrow$ movimiento
 constante, aleatorio

$T \downarrow E_{\text{cinética}} \downarrow$
 agregados

Gotas de liquido

$T \downarrow \downarrow$

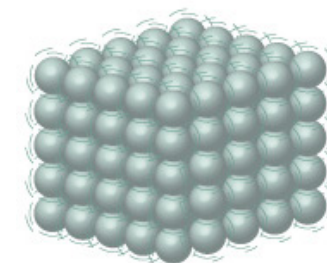
Sólido molecular



Gas



Liquid



Solid

Fuerzas Intramoleculares $\Leftrightarrow$ estabilidad de la molécula

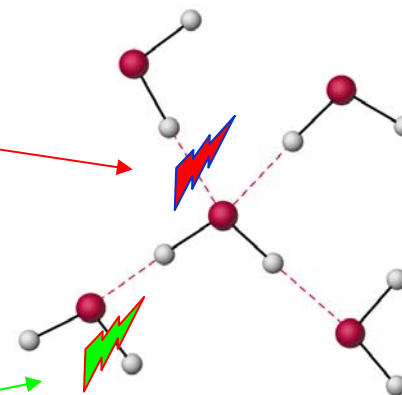
Fuerzas Intermoleculares $\Leftrightarrow$
Propiedades del sólido y del líquido (ejemplo: PF., PE., ...)

Fortaleza:

Intramolecular $>$ Intermolecular

H_2O : $\Delta H_v = 41 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

requiere $980 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



- **Tipos de fuerzas intermoleculares**

1) Fuerzas ión – dipolo

2) Fuerzas ión – dipolo inducido

3) Fuerzas de Van der Waals

- **dipolo – dipolo**
- **dipolo – dipolo inducido**
- **dipolo instantáneo – dipolo inducido**
(fuerzas de dispersión)

4) Enlace de hidrógeno

1) Fuerzas ion – dipolo

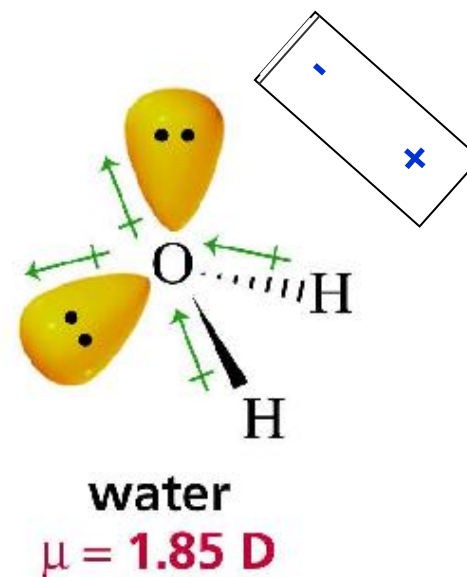
Consideramos una molécula polar como un dipolo

Desplazamiento de carga

positiva a un lado

negativa al otro lado

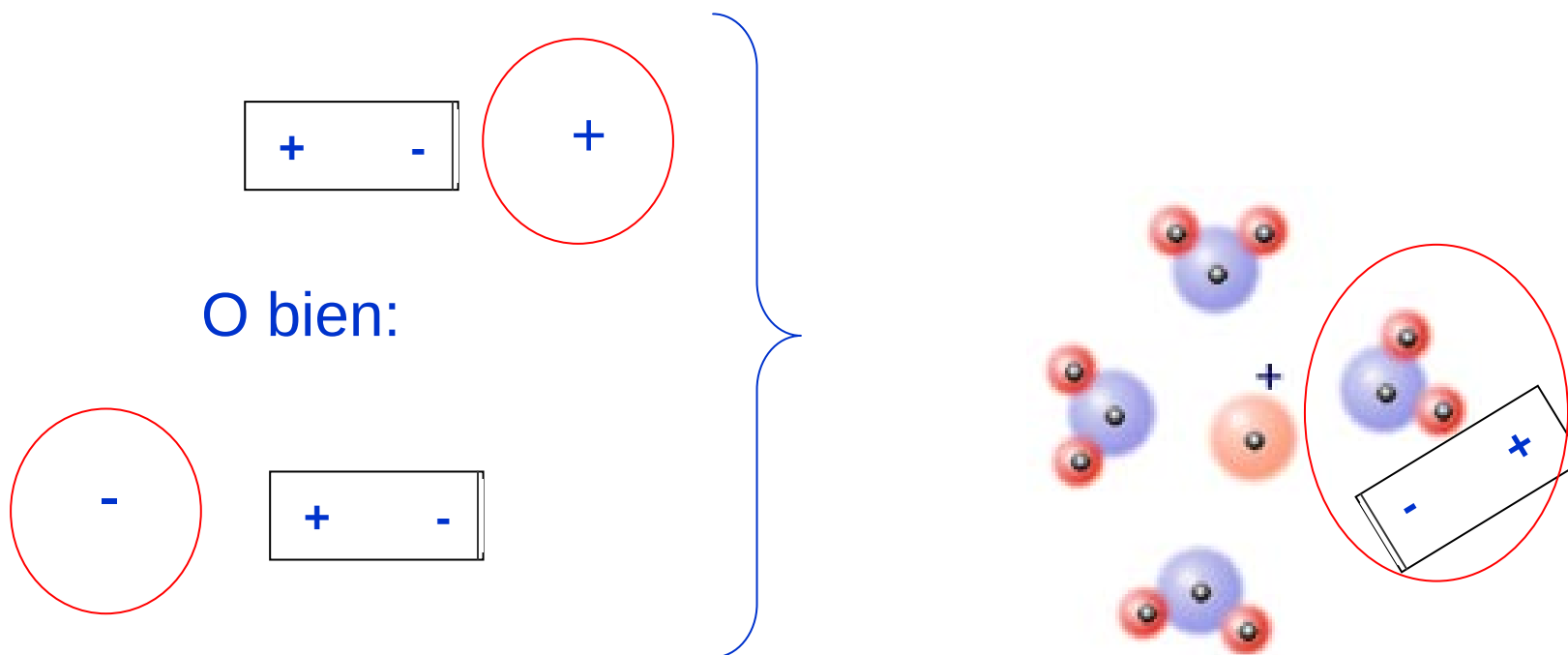
⇒ **Dipolo permanente**



En presencia de un campo eléctrico:

El dipolo se alinea y orienta según el gradiente de campo

Campo producido por un ión:



Ion - Dipole Interactions



Energía de interacción

$$E = - \frac{|Z^{\pm}| \mu}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Diagram illustrating the components of the equation:

- $|Z^{\pm}|$ is labeled **carga ión** (ion charge).
- μ is labeled **distancia entre ión y centro de dipolo** (distance between ion and dipole center).

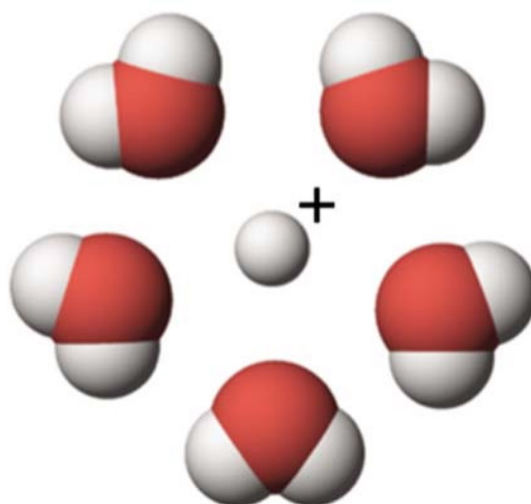
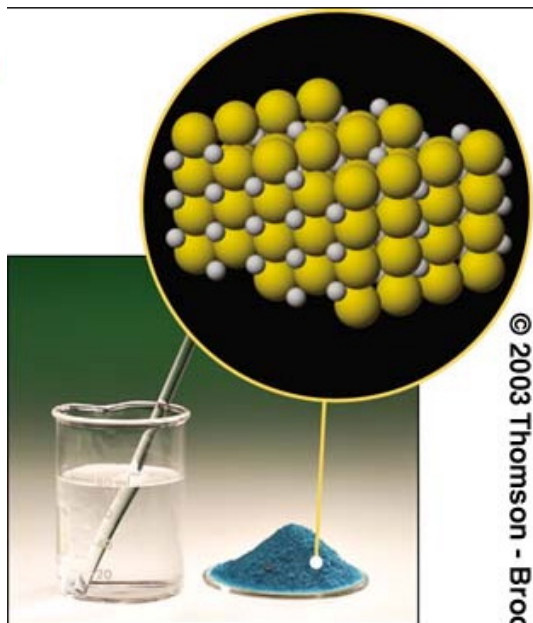
Tipo de interacción

análoga a la del enlace iónico

más débil: $1/r^2$ en vez de $1/r$

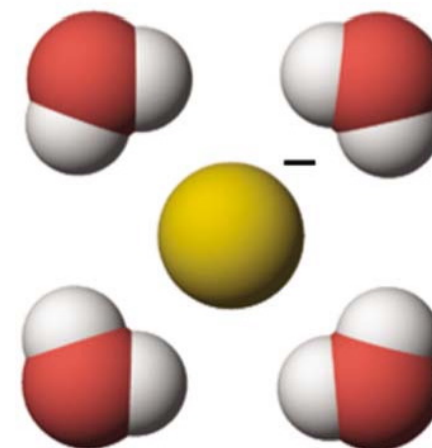
Ejemplos: disolución de compuestos iónicos en disolventes polares

Ejemplo: Disolución de CuCl_2 en agua

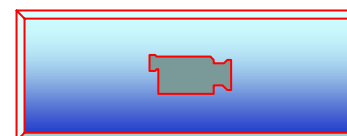
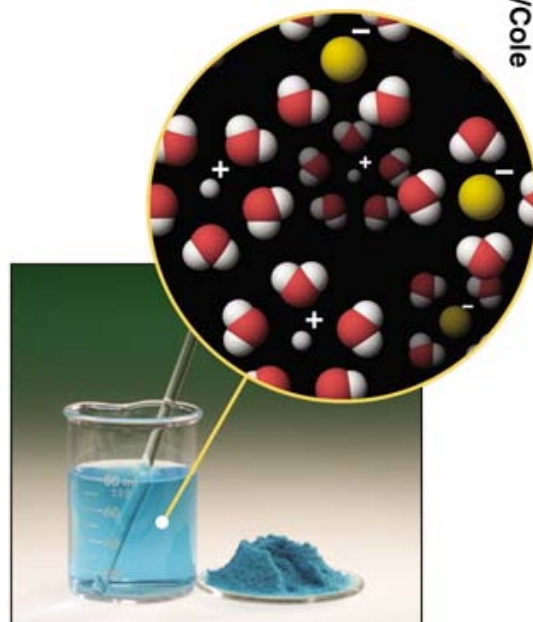


Water surrounding
a cation

© 2003 Thomson - Brooks/Cole



Water surrounding
an anion



2). Fuerzas ión – dipolo inducido

Ion en las proximidades de una
molécula apolar



Deformación de la nube
electrónica



Momento dipolar

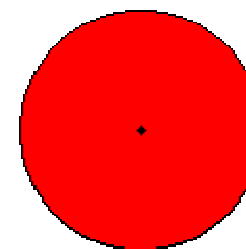
$$E = -\frac{1}{2} \frac{Z^2 \alpha}{r^4}$$

Z ... carga ion

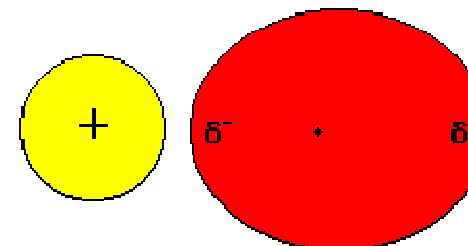
α ... polarizabilidad

Muy débiles:

$1/r^4$

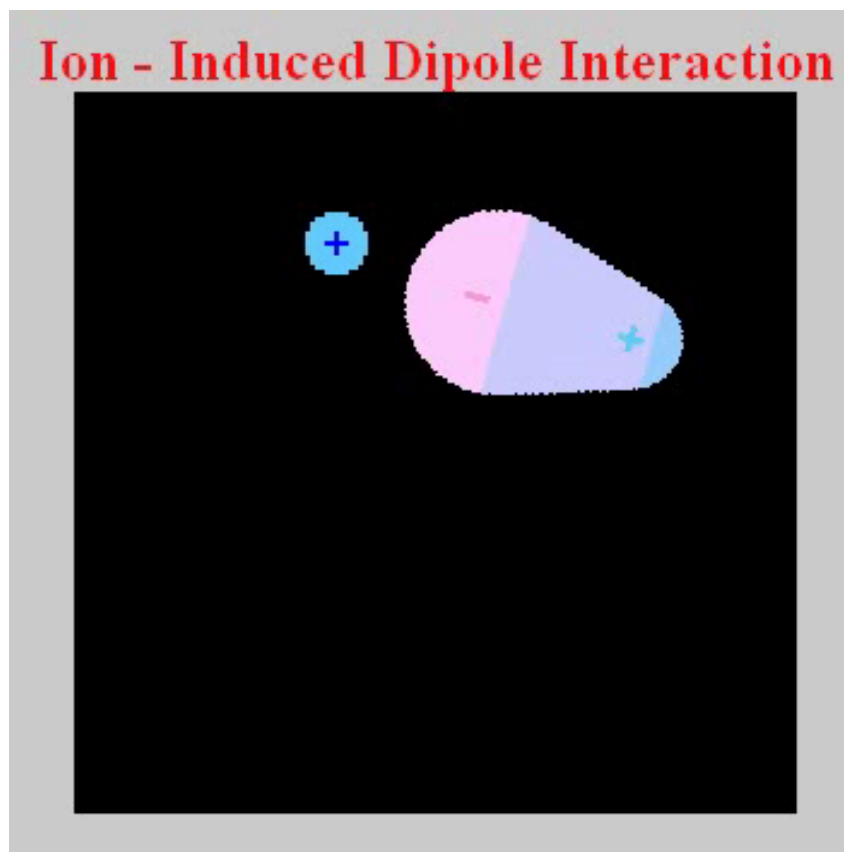


Spherical atom with no dipole.
The dot indicates the location
of the nucleus.



Upon approach of a charged ion,
electrons in the atom respond and
atom develops a dipole.

Ejemplo: disolución de compuestos iónicos en Disolvente apolares

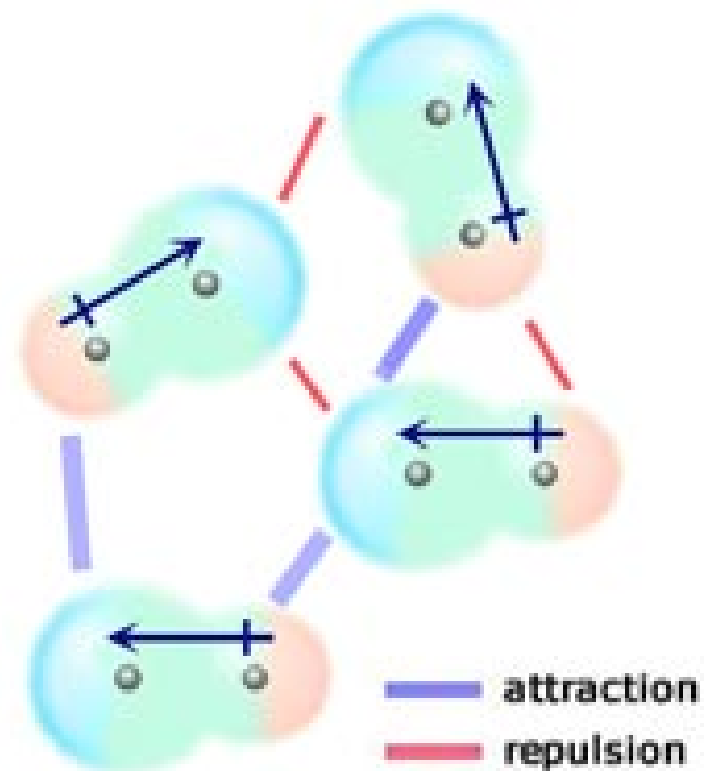
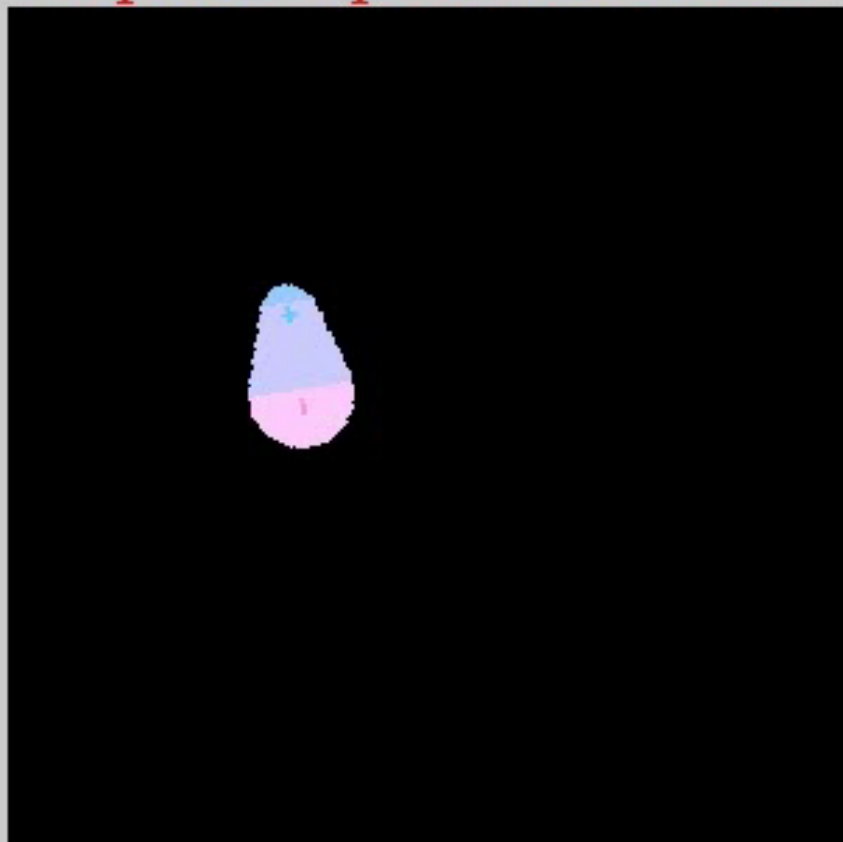


3)Fuerzas de Van der Waals

A) Fuerzas dipolo – dipolo

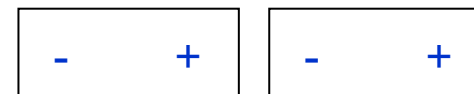
Atracción molécula polar – molécula polar
Por orientación adecuada de los dipolos

Dipole - Dipole Interactions



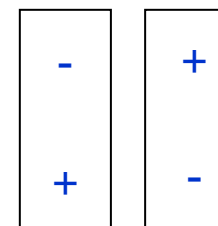
Dos formas de colocación

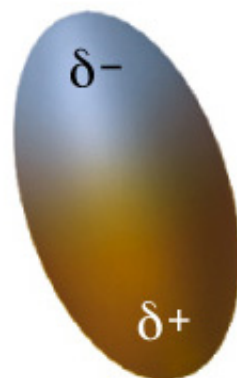
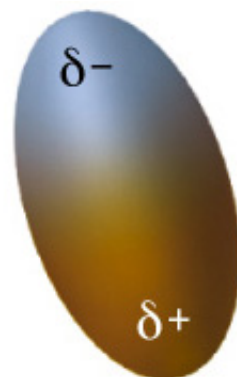
-configuración cabeza – cola
Moléculas voluminosas



$$E = -\frac{2\mu_1\mu_2}{4\pi\epsilon_0 r^3} \quad \text{dependencia } 1/r^3 \Rightarrow \text{fuerzas débiles}$$

-configuración antiparalela
Moléculas pequeñas





B) Fuerzas dipolo – dipolo inducido

Atracción molécula polar – molécula apolar

$$E = -\frac{1}{2} \frac{\mu^2 \alpha}{r^6}$$

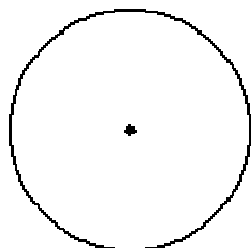
┐

Aumentan con el momento dipolar de la molécula polar y
la masa de la molécula apolar

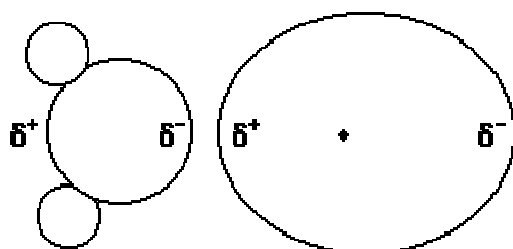
↓

Al aumentar la masa molecular aumenta el número de
electrones (y el tamaño) y es mas fácil inducir un dipolo
(menor atracción núcleo-e⁻)

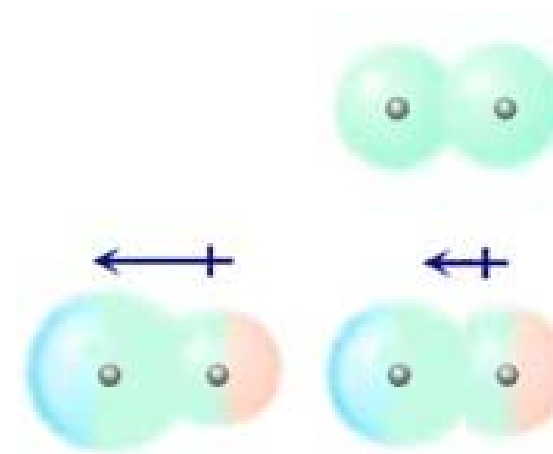
┐



**Spherical atom with no dipole.
The dot indicates the location
of the nucleus.**



**Upon approach of a molecule with a
dipole, electrons in the atom respond
and the atom develops a dipole.**



Molécula dipolar-átomo esférico

Molécula dipolar-molécula apolar

Diapositiva 15

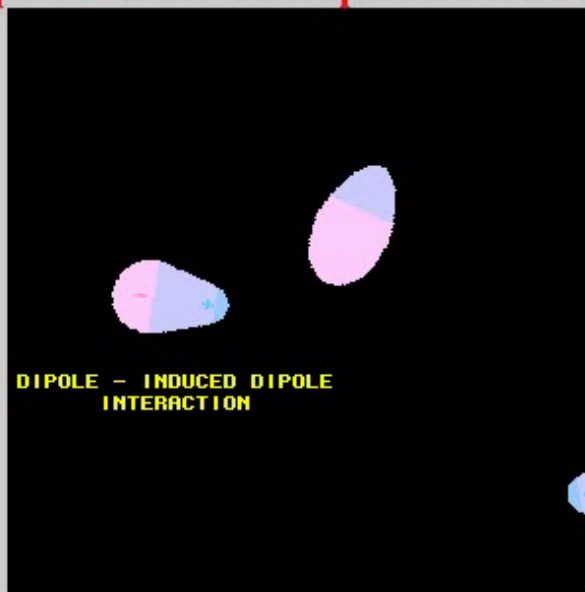
FGA7

A polar molecule produces an electric field which can distort the electron cloud of a nearby molecule. If a non-polar molecule (top right of the adjacent picture) is brought near a polar molecule (lower left) the field from the polar molecule can induce a dipole moment in a nearby non-polar molecule (lower right). This will cause the an attraction between the molecules. This type of force is responsible for the solubility of oxygen (a non-polar molecule) in water (polar).

The size of the induced dipole depends on the ease with which the electron distribution in the non-polar molecule can be distorted by the electric field of the polar molecule. This is a property of any molecule called its polarizability. In general molecular polarisability is larger for molecules with a larger volume (for example, molecules containing atoms with large atomic number).

Flaviano García Alvarado; 09/10/2006

Dipole - Induced Dipole Interaction



C) Fuerzas de dispersión de London o dipolo instantáneo-dipolo inducido

Atracción molécula apolar – molécula apolar

Se producen en todo tipo de moléculas (polares o no)

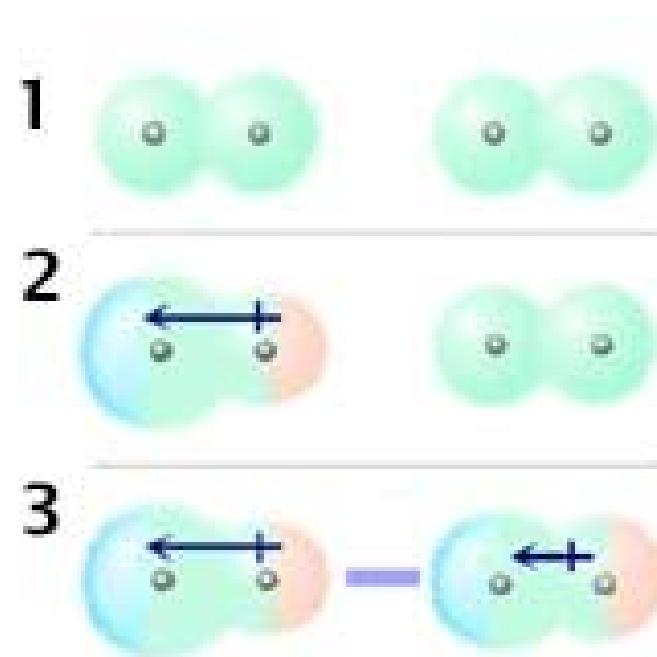
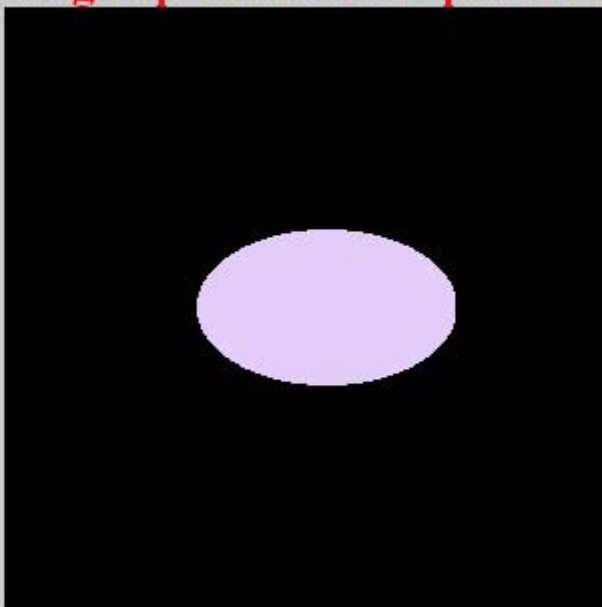
¿Cómo se producen?



La aparición de un dipolo instantáneo en una molécula
debido al movimiento de los electrones
induce un dipolo en la molécula contigua

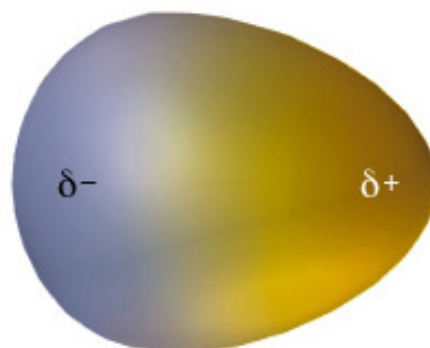
┐

Fluctuating Dipole in a Non-polar Molecule

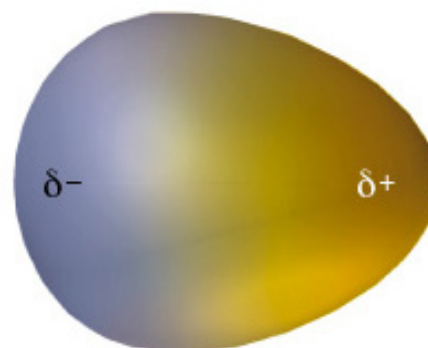




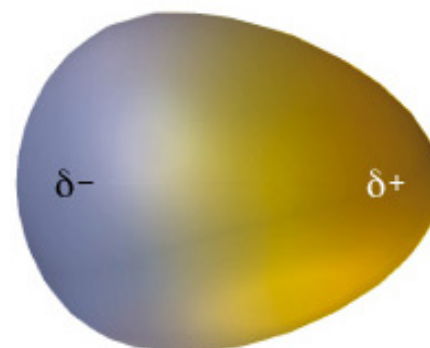
(a) Unpolarized molecule



(b) Instantaneous dipole



(c) Induced dipole



$$E = -\frac{3\alpha_1\alpha_2}{2(4\pi\epsilon_0)r^6}$$

Dependen directamente de las polarizabilidades

Aumentan con la masa molecular



Al aumentar el tamaño molecular (masa) aumenta el número de electrones y es mas fácil la aparición de un dipolo instantaneo

Provocan la **condensación** de sustancias apolares

T^a bajas: $E \text{ atracción} > E \text{ térmica}$

T^a altas: $E \text{ atracción} < E \text{ térmica}$

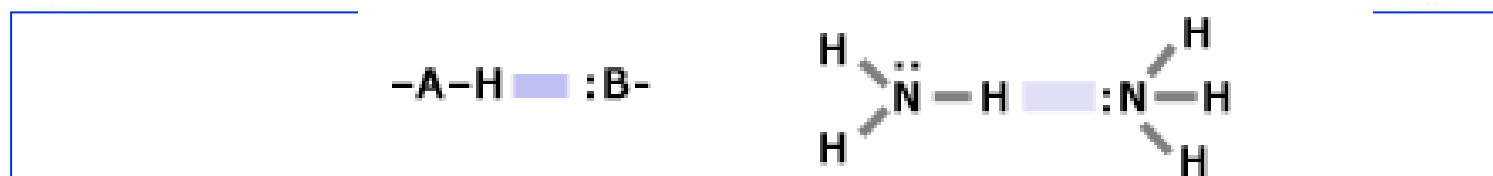
**SÓLIDOS,
LÍQUIDOS
GASES**

D) Enlace de H

¿En qué consiste el enlace de hidrógeno?



Interacción **dipolo-dipolo** entre el **átomo de H** de un enlace **polar H-X** y un **átomo muy electronegativo** como **F, O o N**



└

Energía promedio del enlace de H > interacción dipolo-dipolo sencilla



¿Cómo se puso de manifiesto la existencia
de enlaces de hidrógeno?



Variación anómala del PE en series de compuestos similares
(ej: hidruros de elementos de los grupos 15, 16 y 17)



En cada una de las series el hidruro más ligero (NH_3 , H_2O
y HF) tienen PE más alto, contrariamente a lo esperado en
función de las masas moleculares

¿Cómo se explicó esta anomalía?



Formación de enlaces de hidrógeno

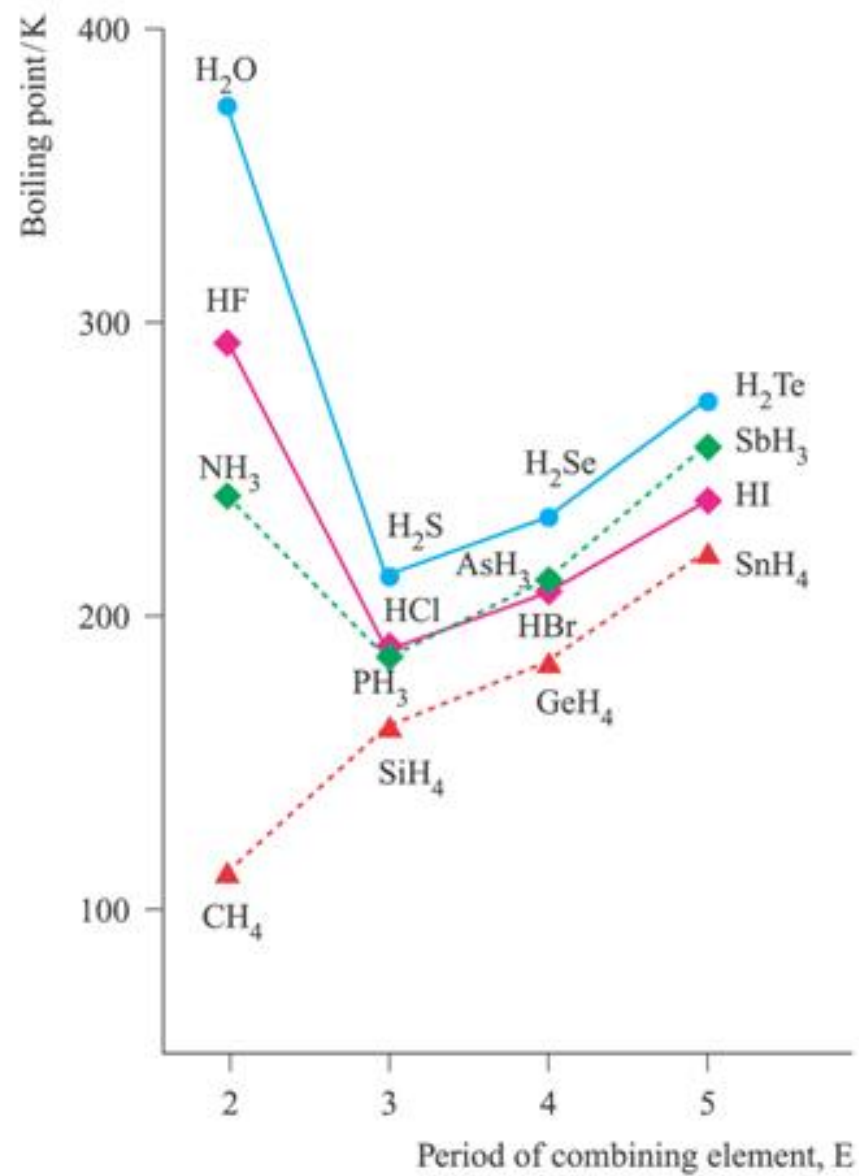
┘

Diapositiva 23

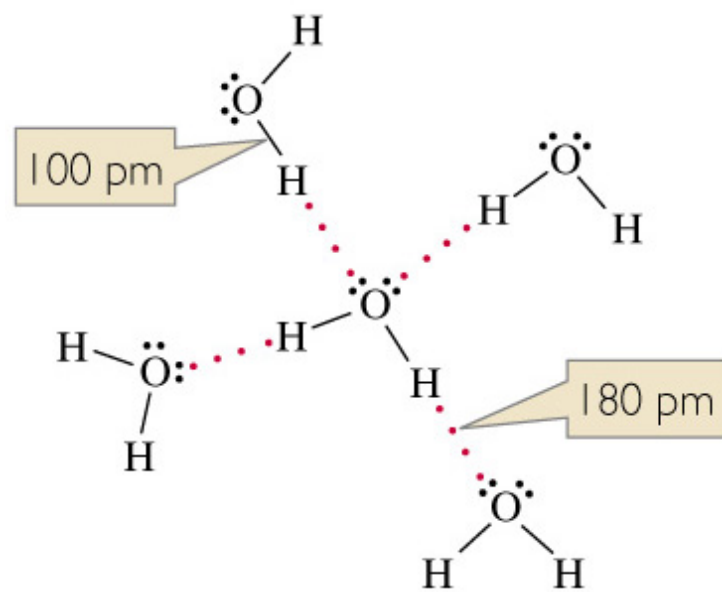
FGA9

Thermal motion of the molecules prevents a perfect alignment of the dipoles. Nevertheless, the dipoles do maintain a general arrangement leading to the attractions

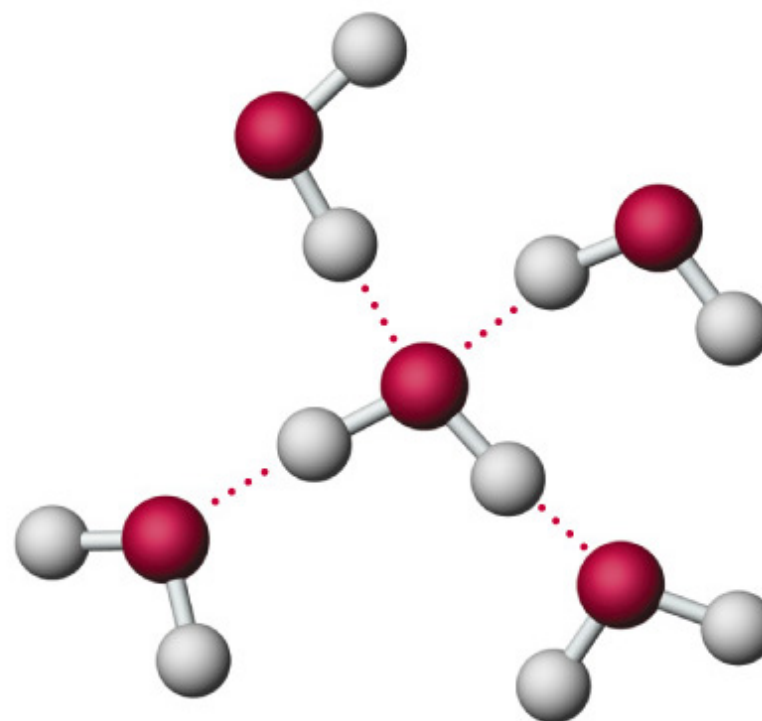
Flaviano García Alvarado; 07/10/2006



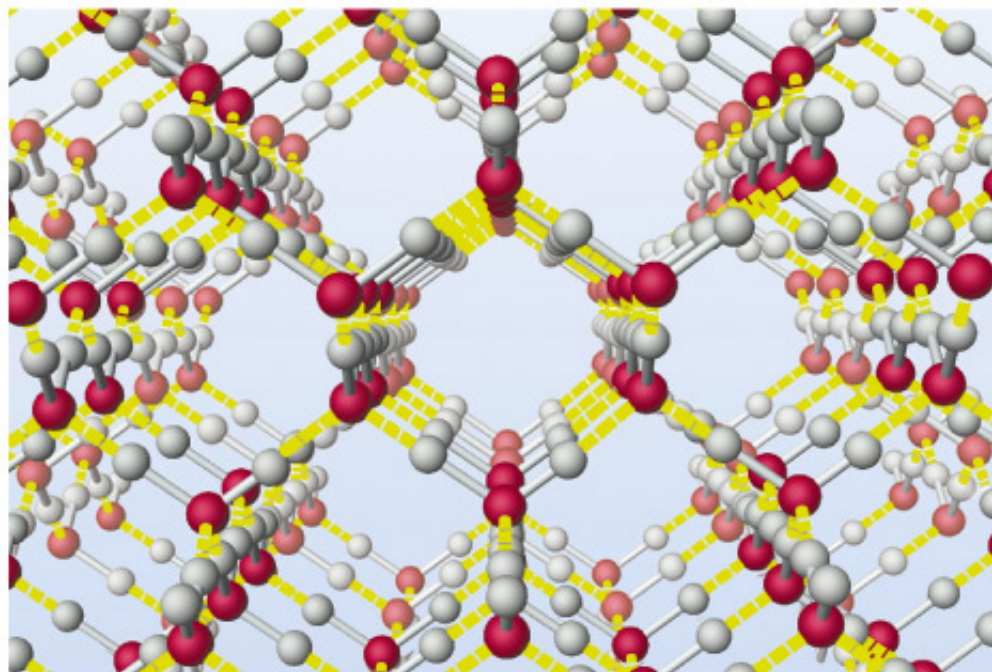
┐



(a)



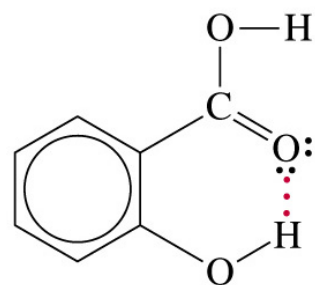
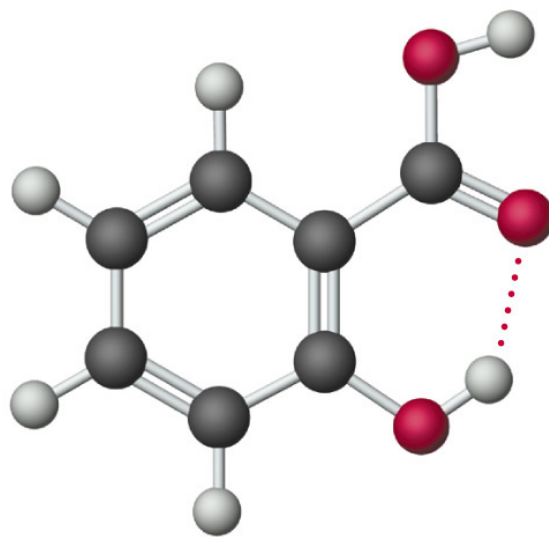
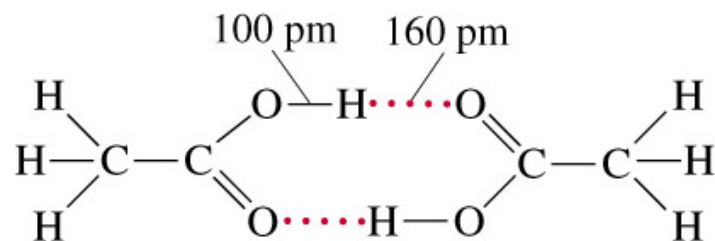
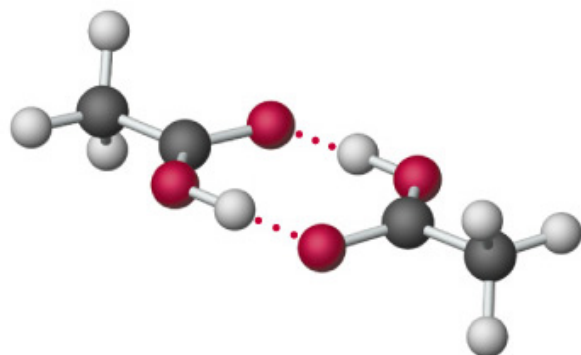
(b)

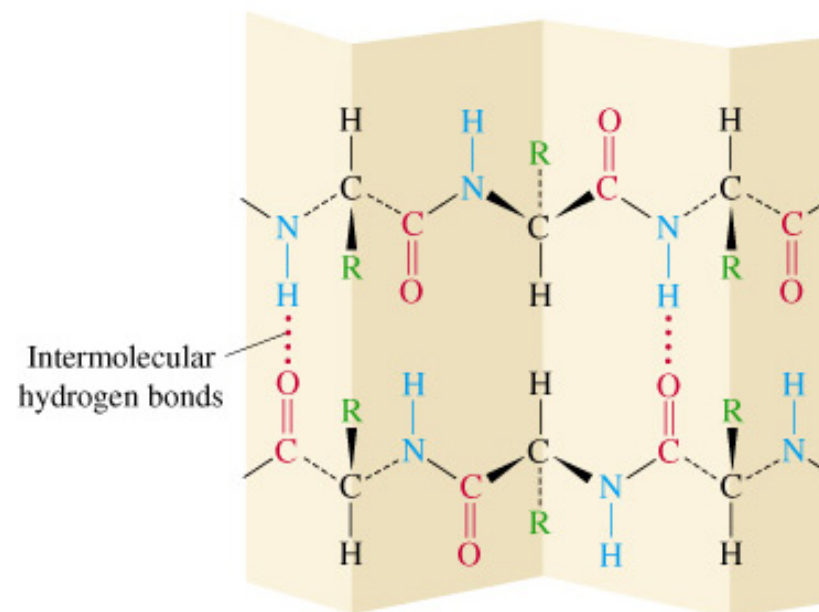
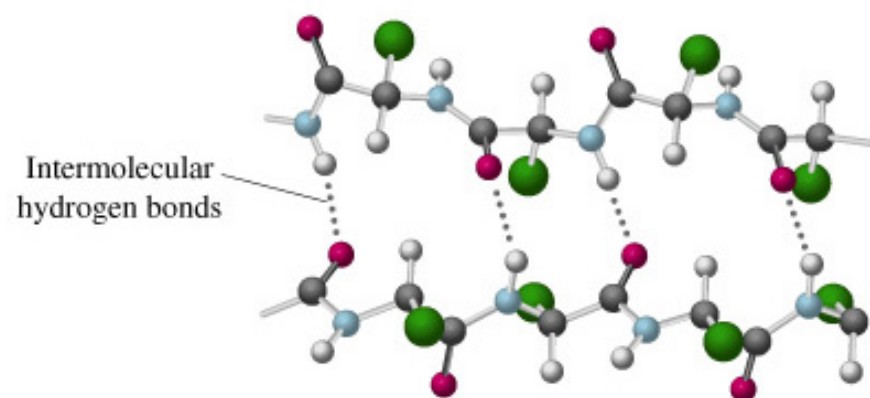


(a)



(b)





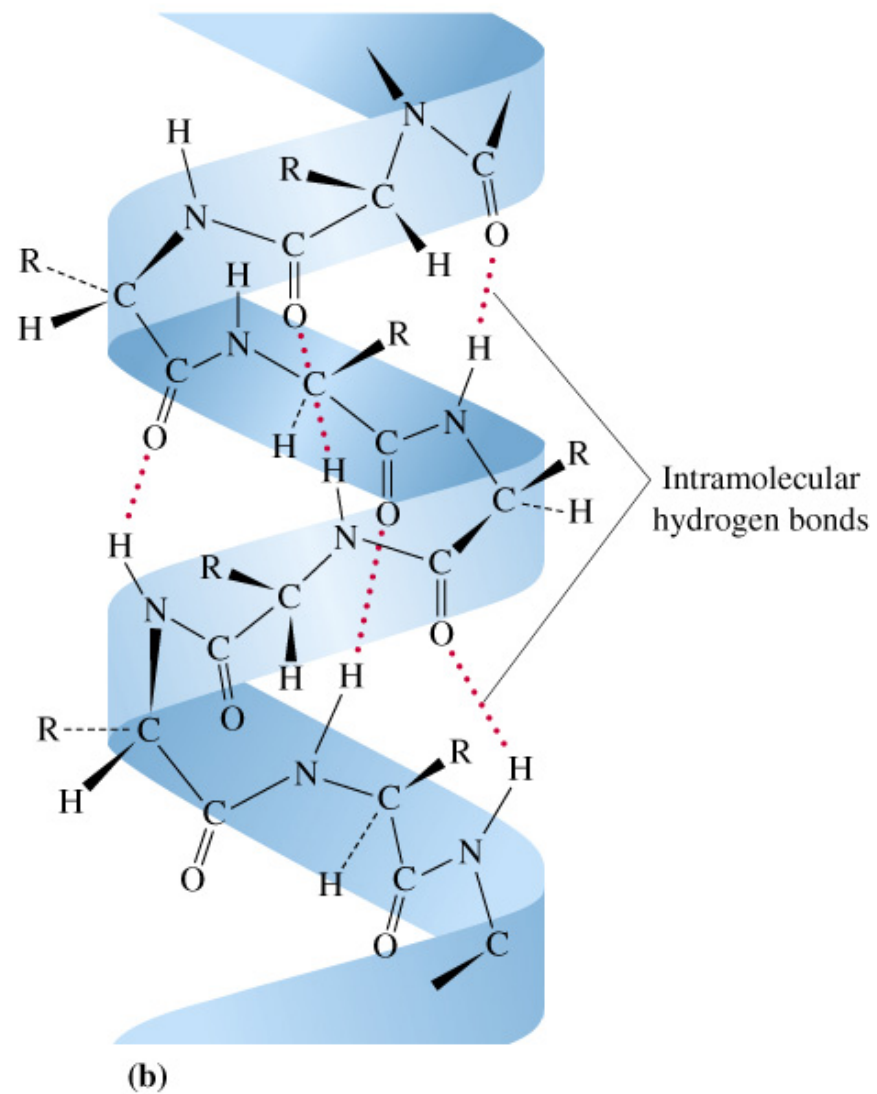
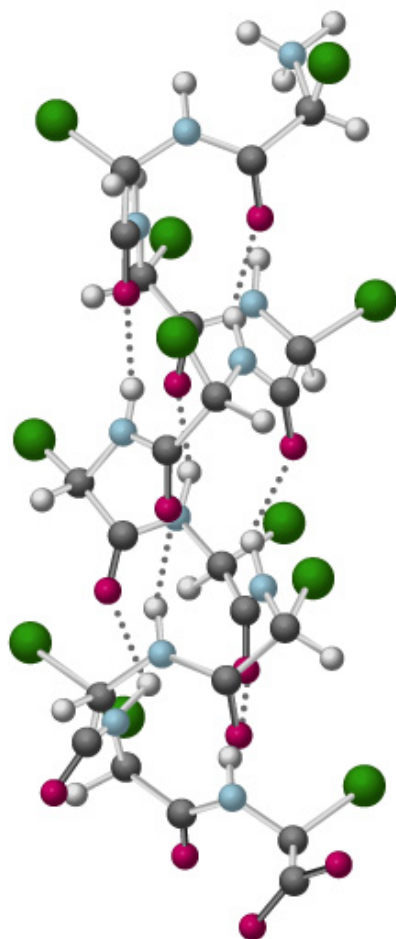
(a)

Diapositiva 28

FGA3

In the pleated sheet arrangement, protein chains run parallel or in alternating directions. The chains are held together by hydrogen bonds that join the H of an NH group to the O in a CO group on the neighboring chain. The structural formula emphasizes the pleats (right). Imagine that it is written on a pleated sheet of paper.

Flaviano García Alvarado; 07/10/2006



Diapositiva 29

FGA2

In the α -helical arrangement, the protein chain is coiled into a helix. Each NH group is hydrogen bonded to a CO group one helical turn (3.6 amino acid units) away in the same chain, giving a fairly rigid cylindrical structure with side chains on the outside.

Flaviano García Alvarado; 07/10/2006