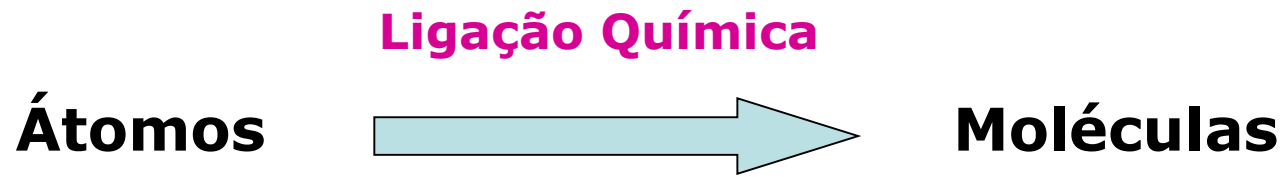


FORÇAS INTERMOLECULARES

Parte 1



Interações

Moléculas – Moléculas??????

A) Estados de Agregação da Matéria (Estados Físicos)

**Mesma
Substância**



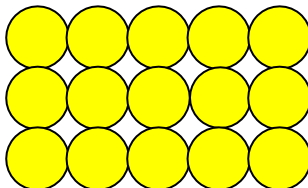
**Variação
Temperatura**

✓ **Sólido**

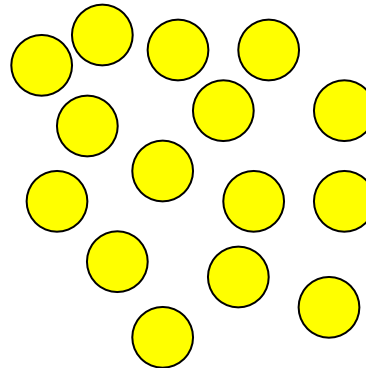
✓ **Líquido**

✓ **Gás**

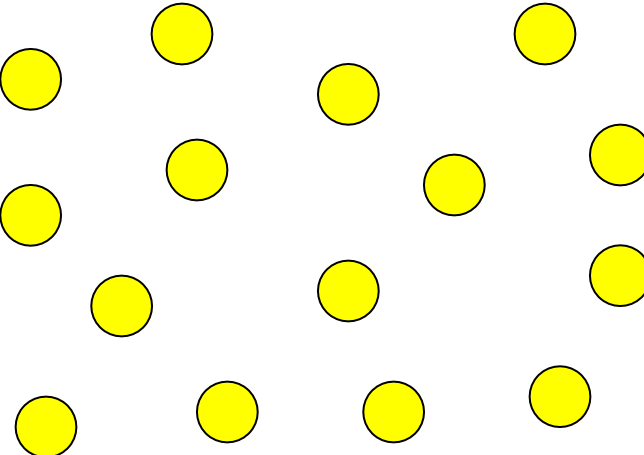
Sólido



Líquido



Gás



Substâncias Diferentes



**Mesma
Temperatura**

Estados Físicos Diferentes

Substância	Massa Molar (g.mol⁻¹)	Estado Físico 25°C
CH₄	16	Gás
H₂O	18	Líquido
LiH	8	Sólido

Gases → **Menor Interação**

Gases Ideais → **Partículas (esferas) individuais**

$$P = \frac{nRT}{V}$$

Gases Reais → **Interação entre Partículas**

$$p = \frac{nRT}{V - nb} - a \left(\frac{n}{V} \right)^2$$

B) Formação de Soluções?

Sólido → Líquido

Miscibilidade Líquido - Líquido

Quanto é solúvel????

Quanto é miscível???

C) Sistemas Coloidais

5 – 500 nm

Sistemas Macromoleculares (colóides intrínsecos) ✓

Neblina????

Gel????

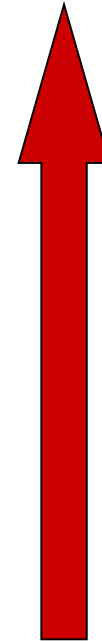
Tipos de Forças Intermoleculares

Íon – Íon

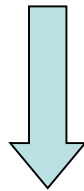
Dipolo – Dipolo: *Ligação de Hidrogênio*

Forças de Dispersão:

Dipolo Induzido – Dipolo Induzido



Força da Interação



Natureza Eléctrostática

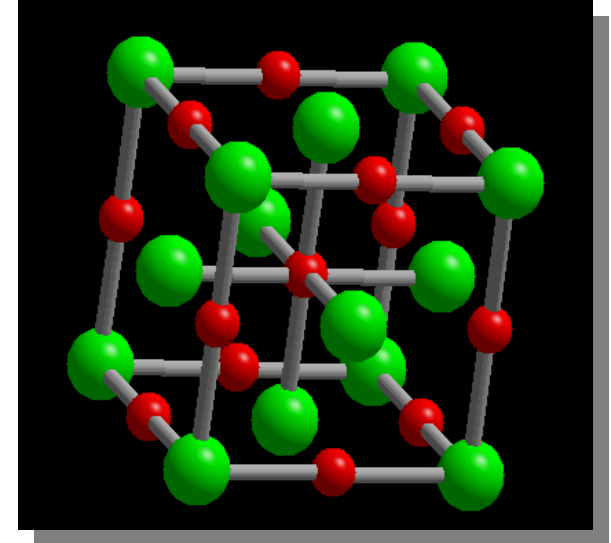
ÍON – ÍON

Interações Íon – Íon

$\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$

As interações íon-íon são as mais fortes.

- Os sólidos têm altos PF.



NaCl, PF = 800 °C

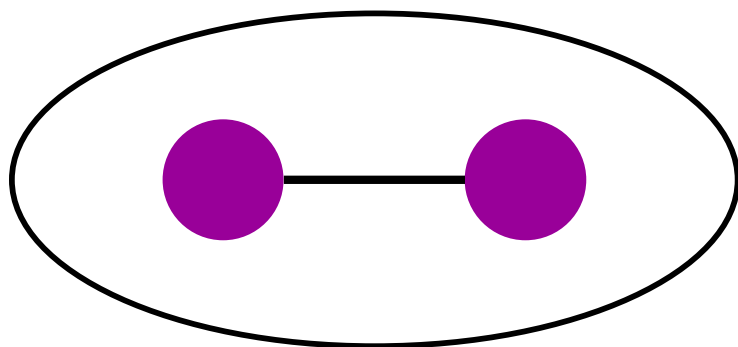
MgO, PF = 2800 °C

$$F \propto \frac{q^+ q^-}{d^2}$$

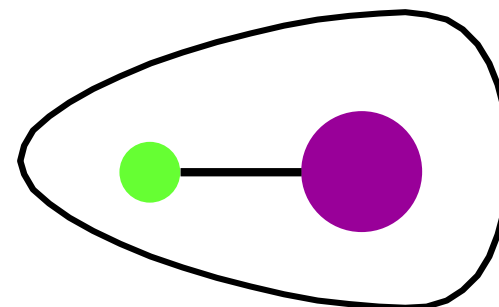
DIPOLO – DIPOLO

Densidades Eletrônicas

Cl-Cl

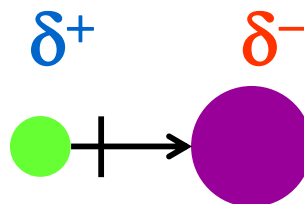
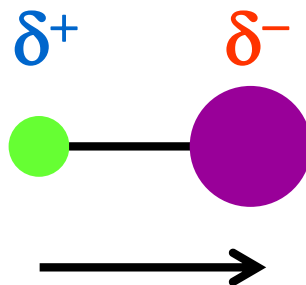
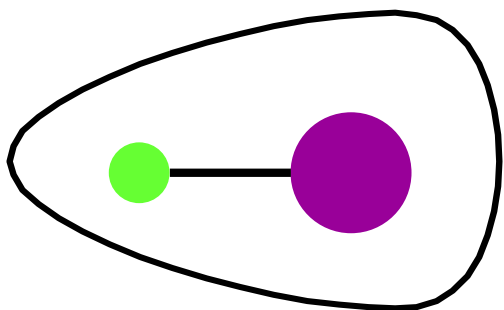


H-Cl

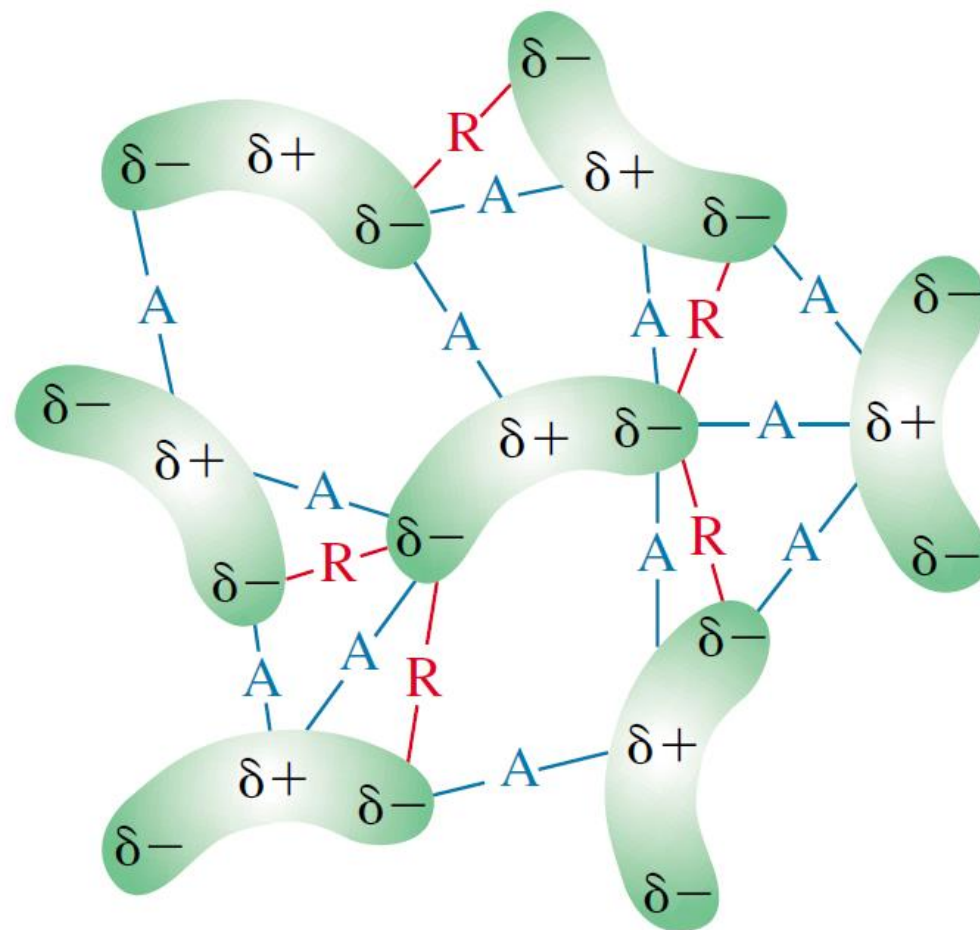
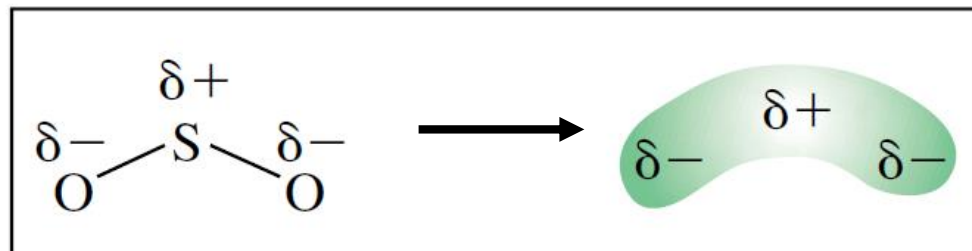


Momentos de Dipolo nas Ligações Químicas

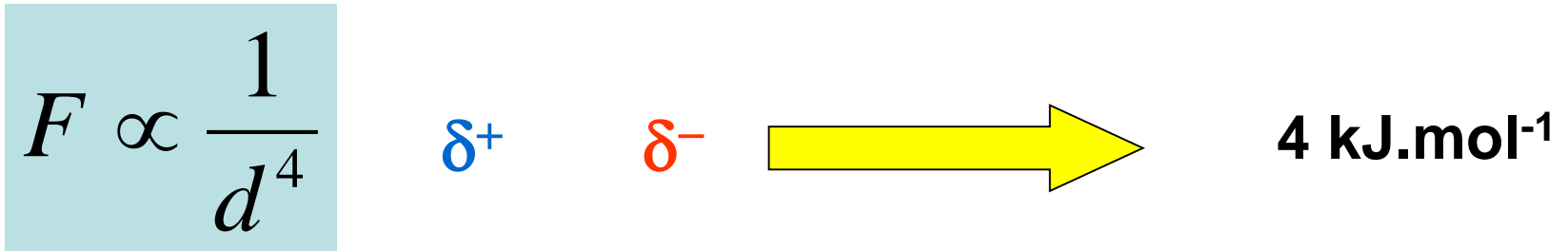
H-Cl



SO₂



Dipolo – Dipolo



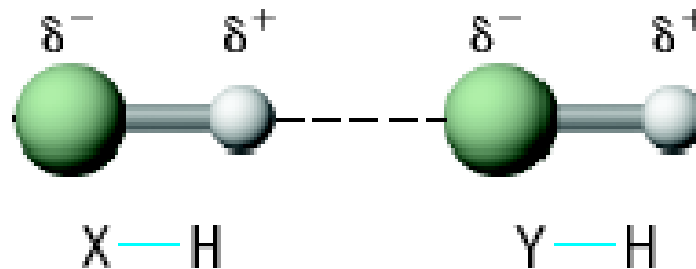
Covalentes \approx 400 kJ.mol⁻¹

lônicas $>$ 400 kJ.mol⁻¹

Ligação de Hidrogênio

Uma forma especial de atração de dipolo-dipolo

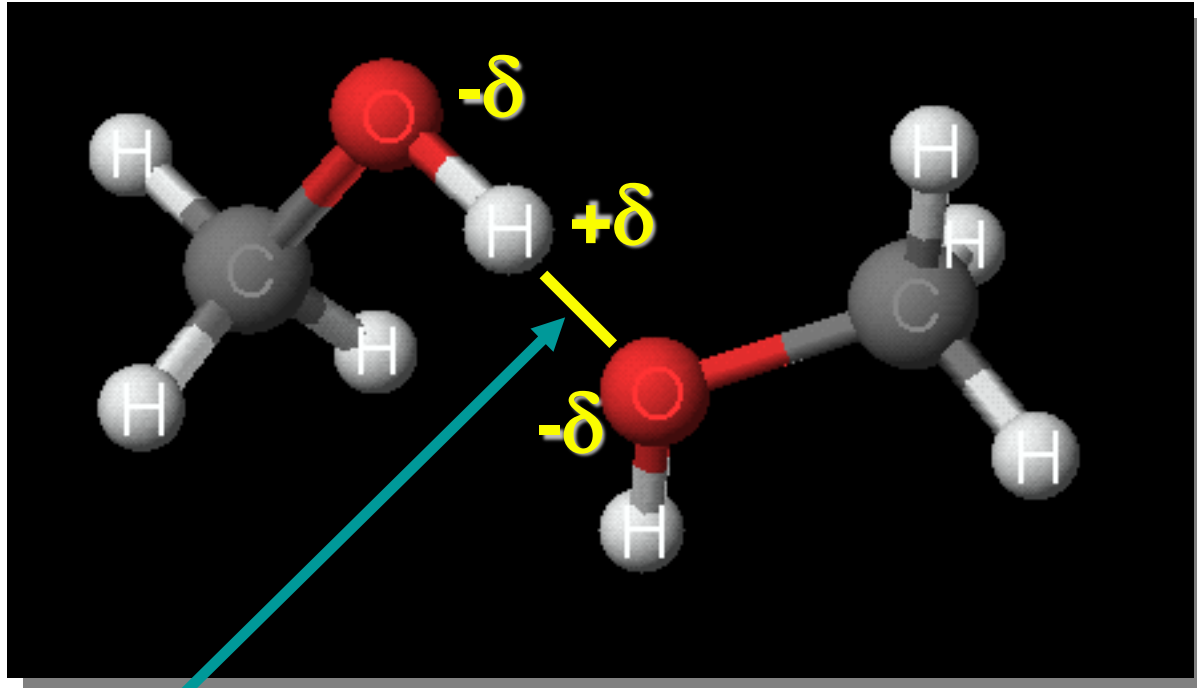
Consiste de um átomo de H localizado entre dois átomos pequenos, altamente eletronegativo, com um par de elétrons isolados (N, O, F)



Types of Hydrogen Bonds [X—H ⋯ :Y]

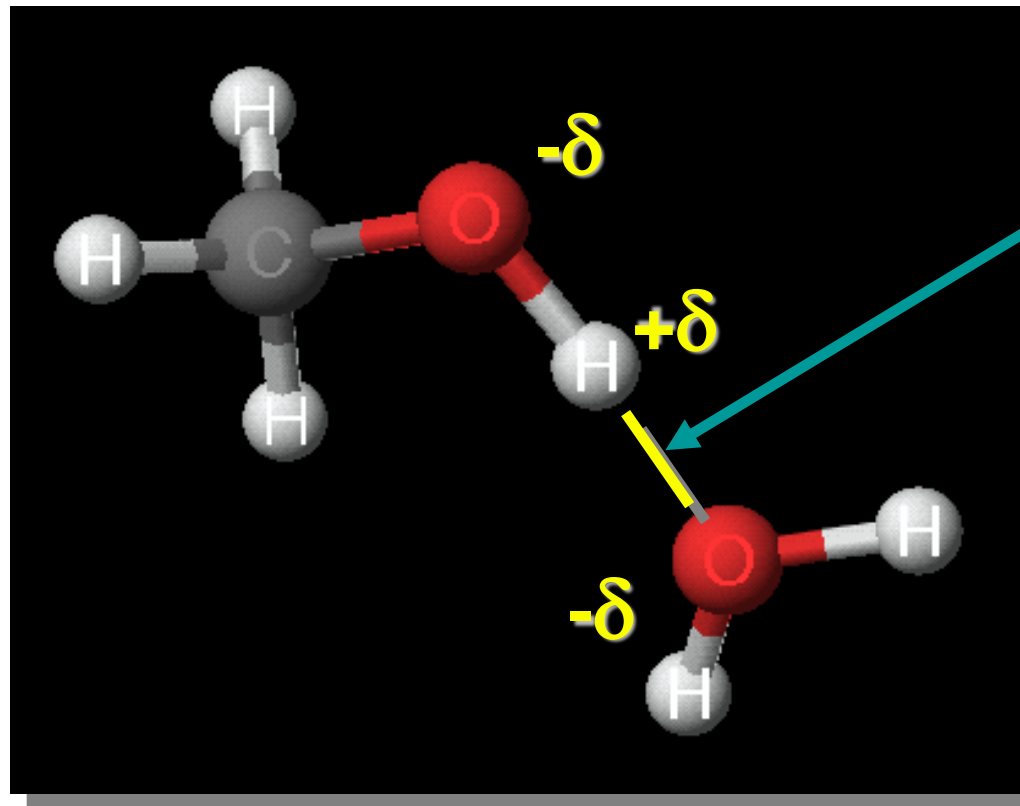


Ligação de H entre duas Moléculas de Metanol



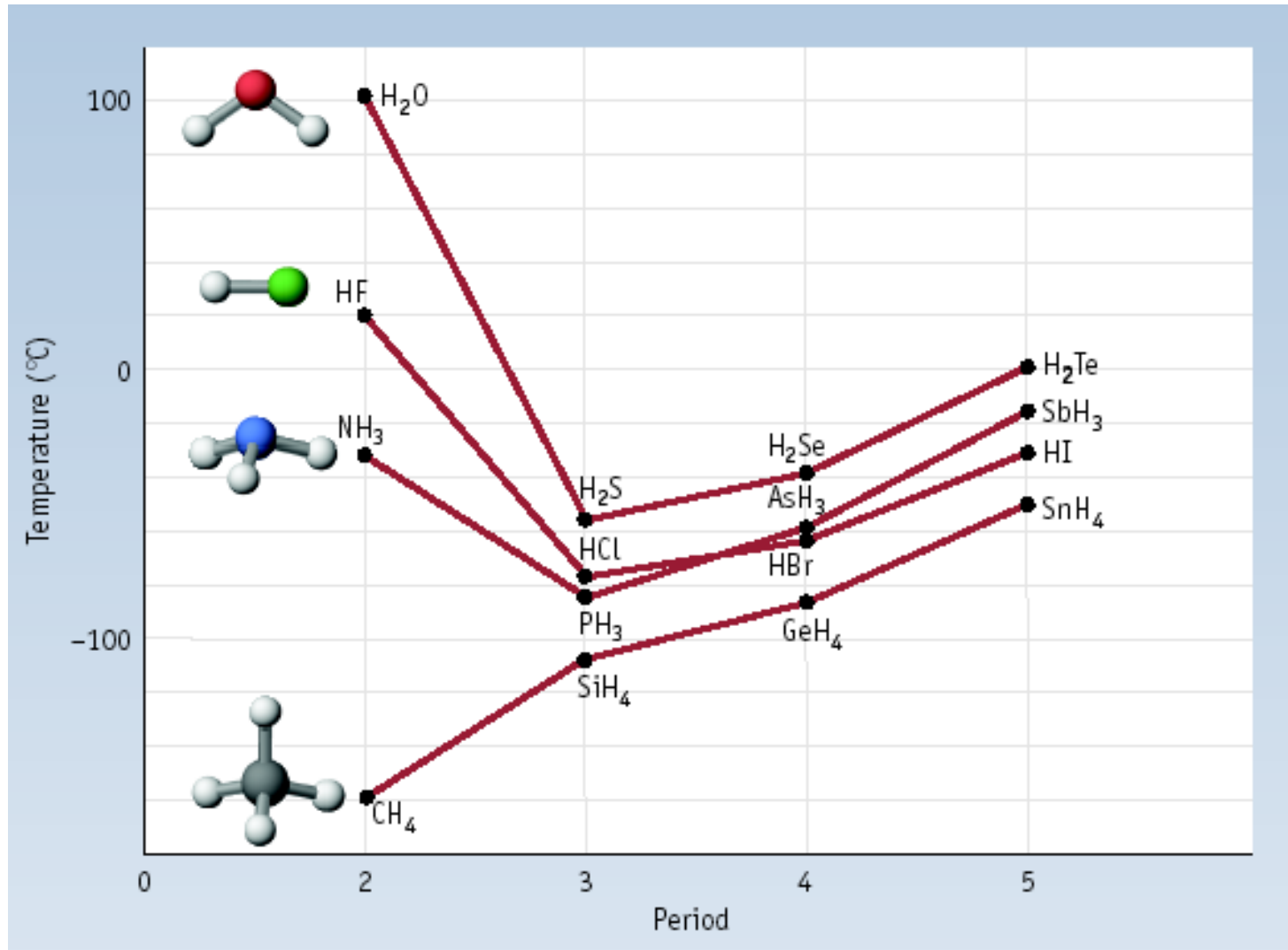
Ligação de hidrogênio

Ligação de Hidrogênio entre Metanol e Água



Ligação
de H

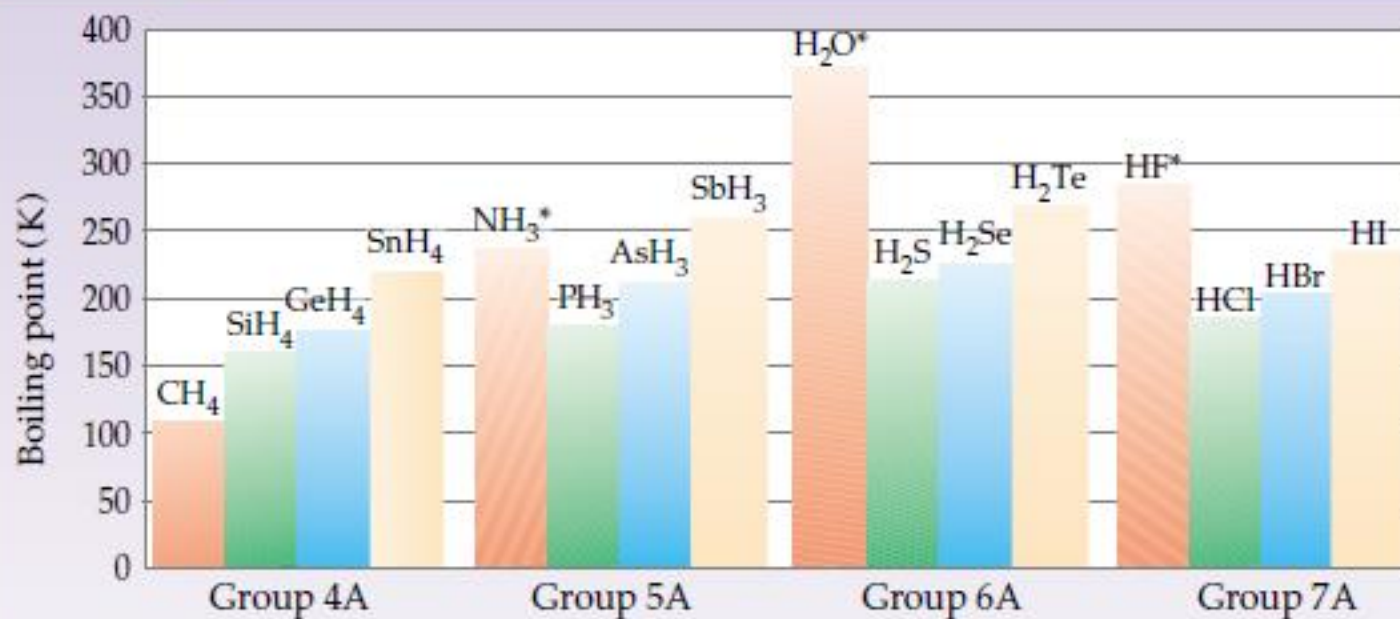
Pontos de ebulição de alguns compostos de hidrogênio



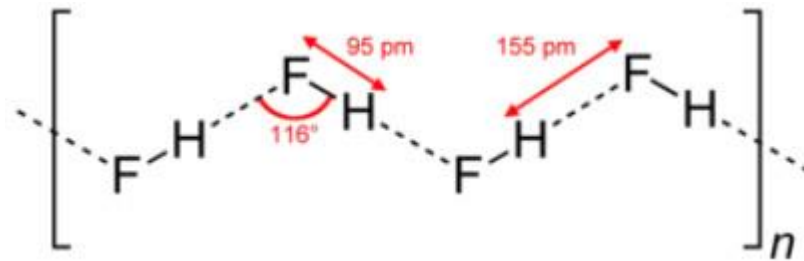
Pontos de ebulição de alguns compostos de hidrogênio

TABLE 10.4

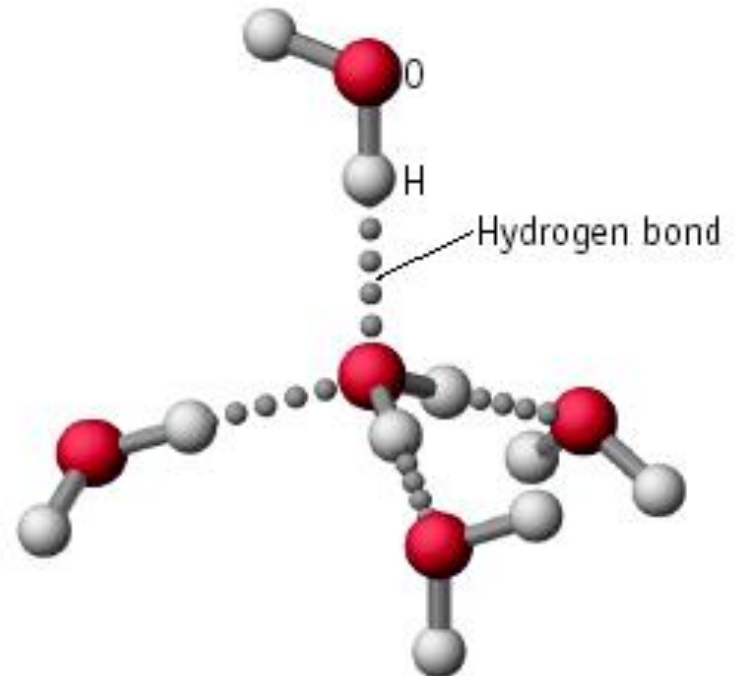
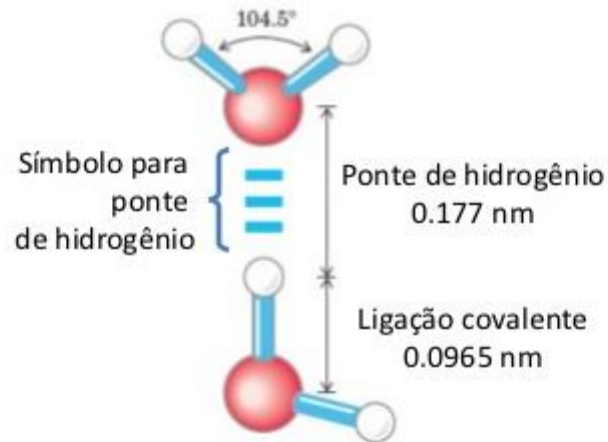
Boiling Points of the Covalent Binary Hydrides of Groups 4A, 5A, 6A, and 7A



*The boiling points generally increase with increasing molecular mass down a group of the periodic table, but the hydrides of nitrogen (NH₃), oxygen (H₂O), and fluorine (HF) have abnormally high boiling points because these molecules form hydrogen bonds.



Estrutura da molécula de água: ponte de hidrogênio

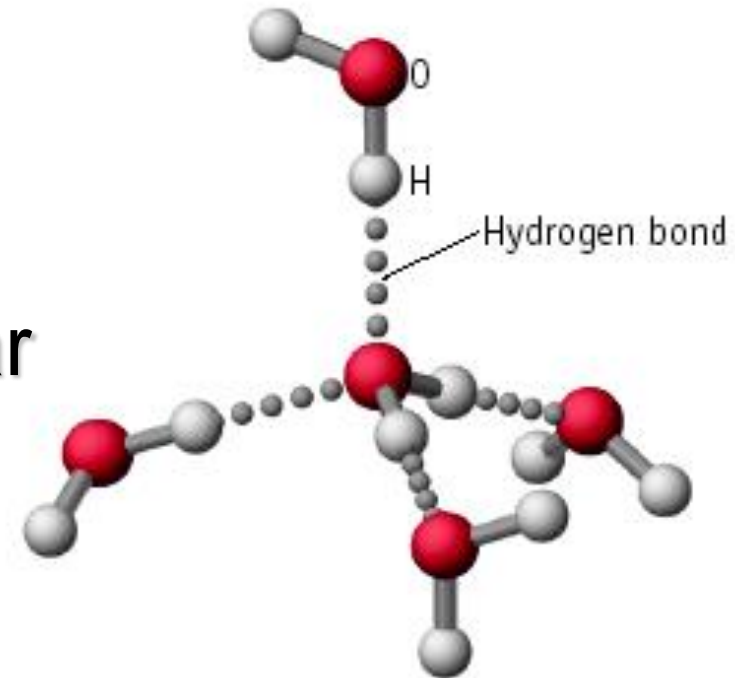


	HF	H ₂ O
Massa Molar	19 (g.mol ⁻¹)	18 (g.mol ⁻¹)
μ (momento de dipolo)	1,91 D	1,85 D
Distância da Lig. de H	0,155 nm	0,177 nm
Nº de Ligações por Molécula	2 (estado líquido)	3 - 4 (estado líquido)
Ponto de Ebulição	19,5 °C	100 °C

Ligação de H da H₂O

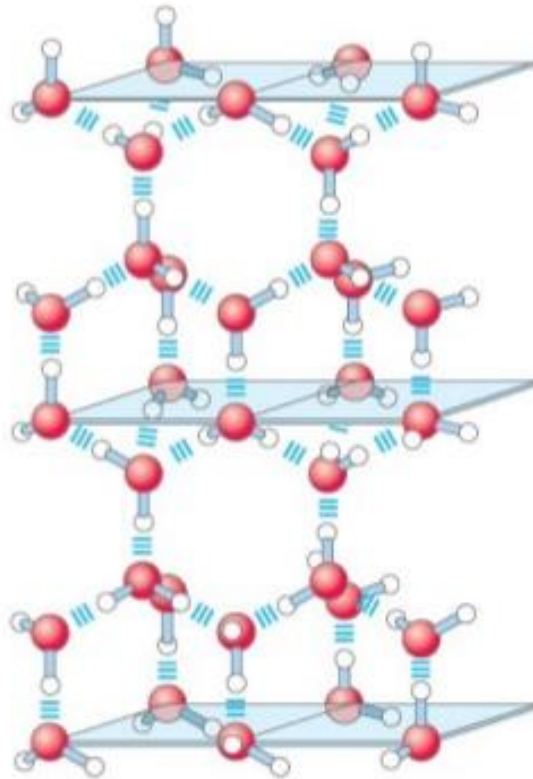
É especialmente forte na água:

- A ligação O—H é muito polar
- Existem 2 pares de elétrons isolados no átomo de O

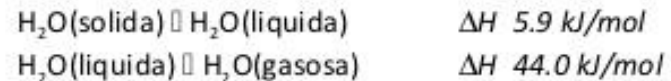


Arranjo tetraédrico

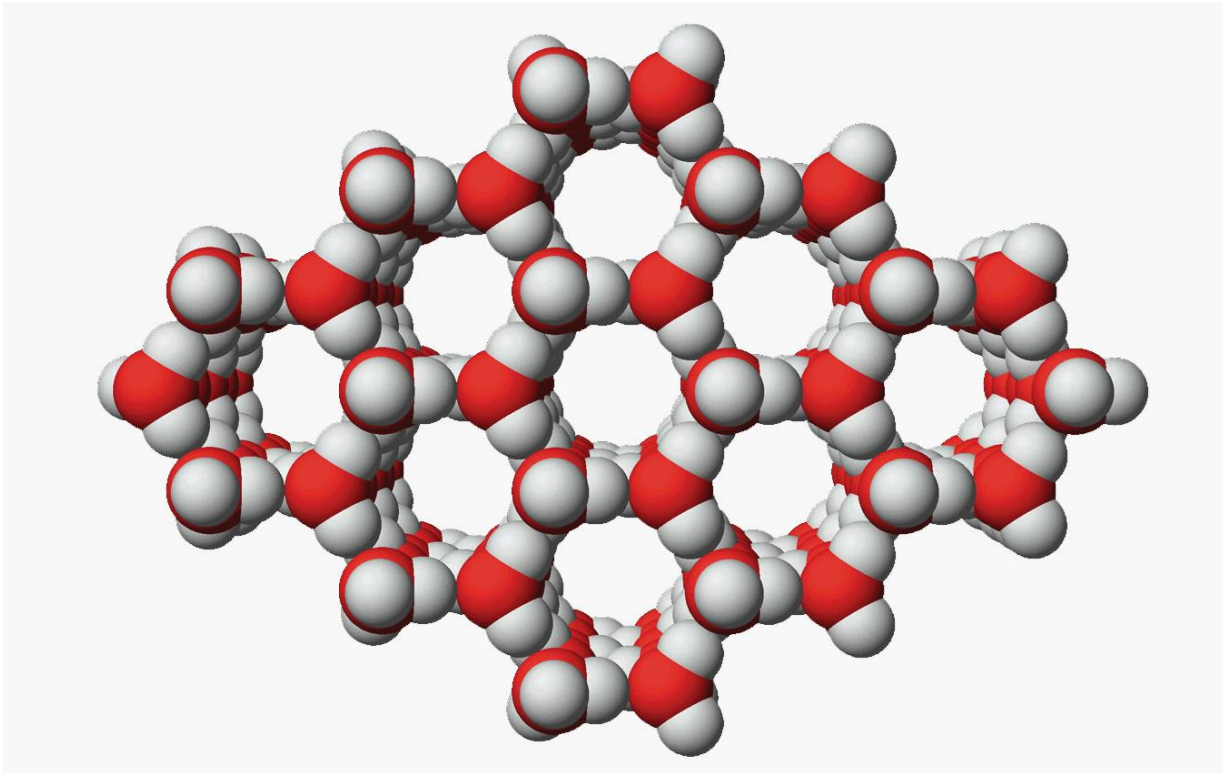
Pontes de hidrogênio na estrutura do gelo



- ✓ No gelo, cada molécula faz quatro pontes de hidrogênio
- ✓ No estado líquido cada molécula está ligada, em média, a 3,4 outras moléculas de água, ou seja, a água líquida tem um alto grau de organização cuja estrutura se assemelha muito a do gelo.
- ✓ Na fusão do gelo são quebradas somente o mínimo de pontes de hidrogênio para que a água se torne líquida



- ✓ Já na passagem para o estado gasoso a (quase) totalidade das pontes de hidrogênio são quebradas.
- ✓ azeótropos



Estrutura do Gelo (ligação de H)

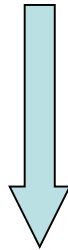
- O gelo “flutua” sobre a água líquida
- **Organização reticular quase cristalina**, com um maior espaço entre as moléculas, ou seja, uma menor densidade.



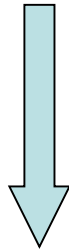
FORÇAS DE DISPERSÃO

Como explicar interações em sistemas apolares??

He (g)

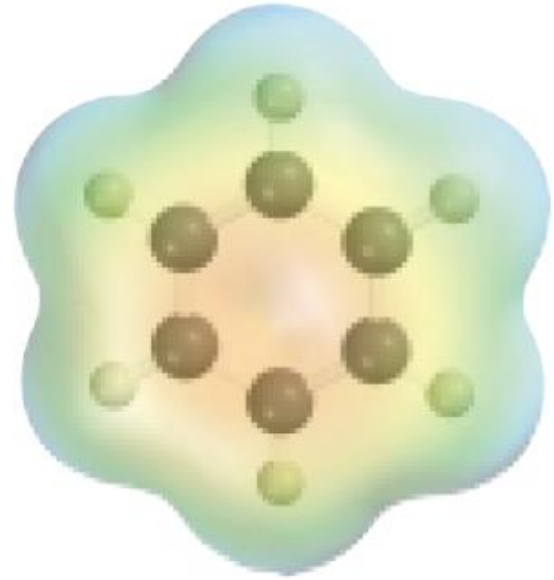
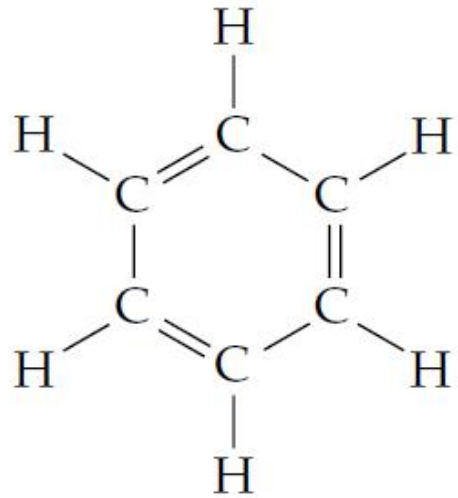


He (l) (4 K)



He (s) (1 K 25 atm)

BENZENO

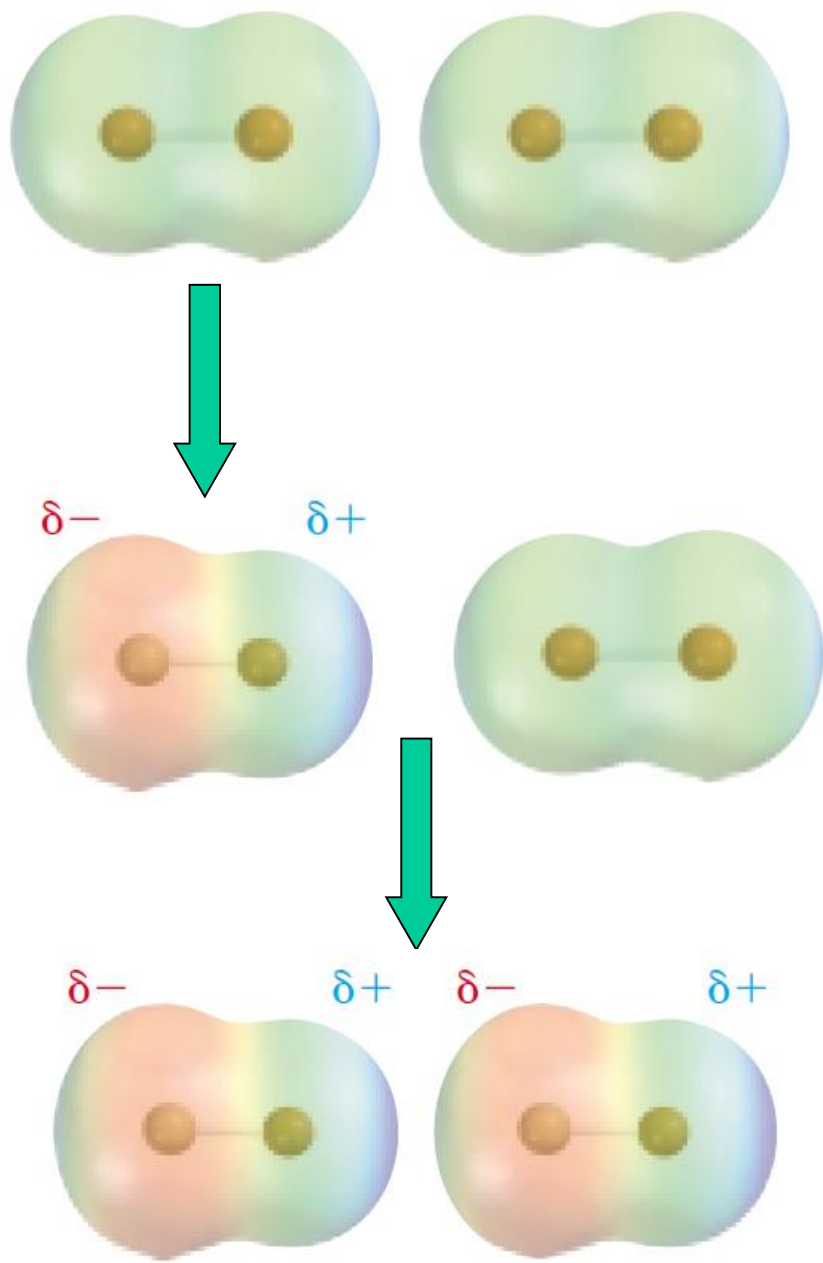


$$\mu = 0$$

$$PF = 5,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$PE = 80,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

DIPOLOS INSTANTÂNEOS

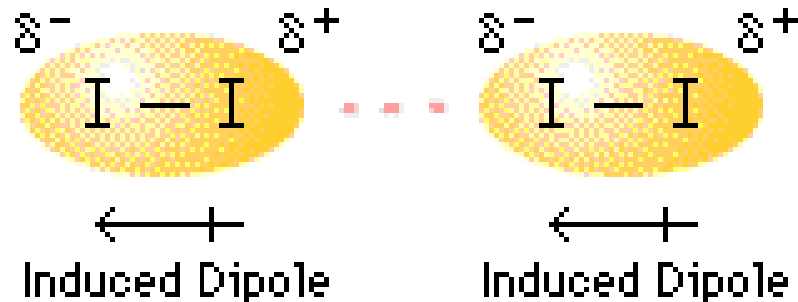


Forças de London ou de dispersão

- Dipolo induzido-dipolo induzido

Uma flutuação na distribuição eletrônica em duas moléculas vizinhas

Moléculas apolares



A força da interação de London depende da polarizabilidade (α)

α - a facilidade com a qual a nuvem de elétrons pode ser deformada

F₂ (gás) Cl₂ (gás) Br₂ (líquido) I₂ (sólido)

Forças de London ou de Dispersão

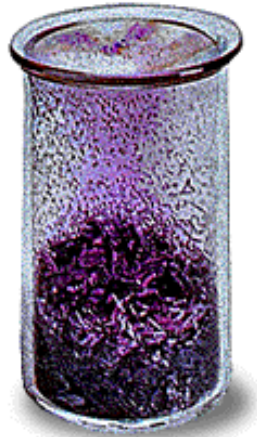


Dependência da Distância

$$F \propto \frac{\alpha_1 \alpha_2}{r^7}$$

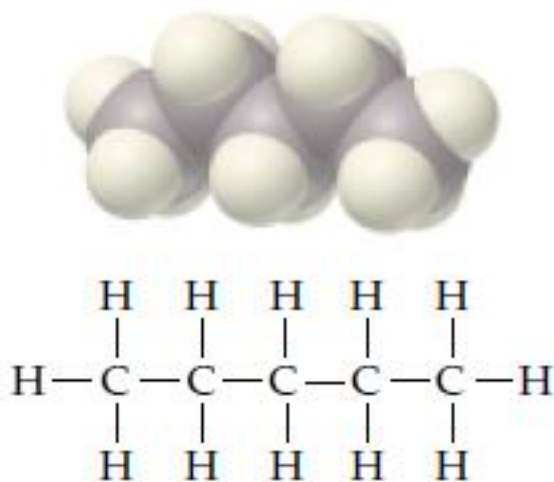
FORÇAS ENVOLVENDO DIPÓLOS INDUZIDOS

As forças induzidas entre as moléculas de I_2 são muito fracas, tanto que o I_2 sólido sublima (sólido \rightarrow gás).

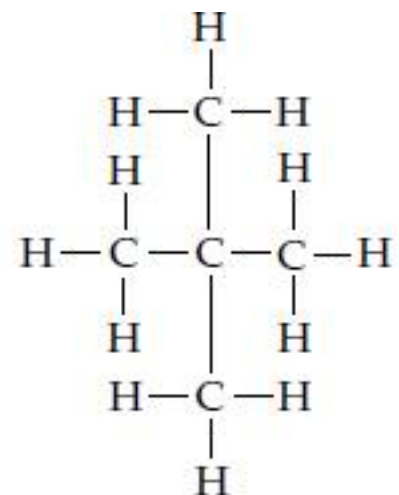


Forma Molecular e Forças de Dispersão

Isômeros: Pentano e 2,2-dimetilpropano (C_5H_{12})

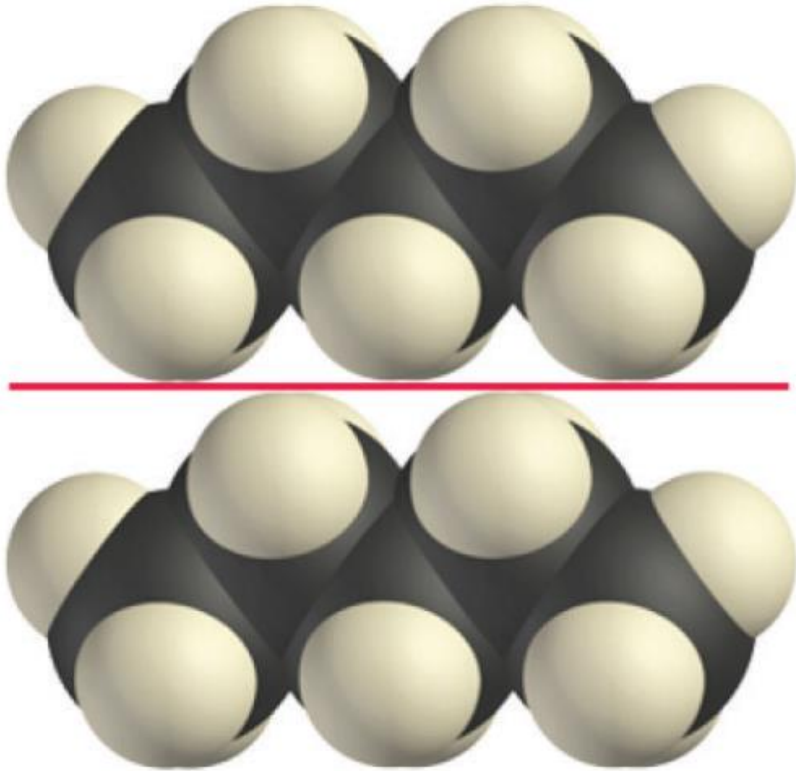


PE= 36 °C

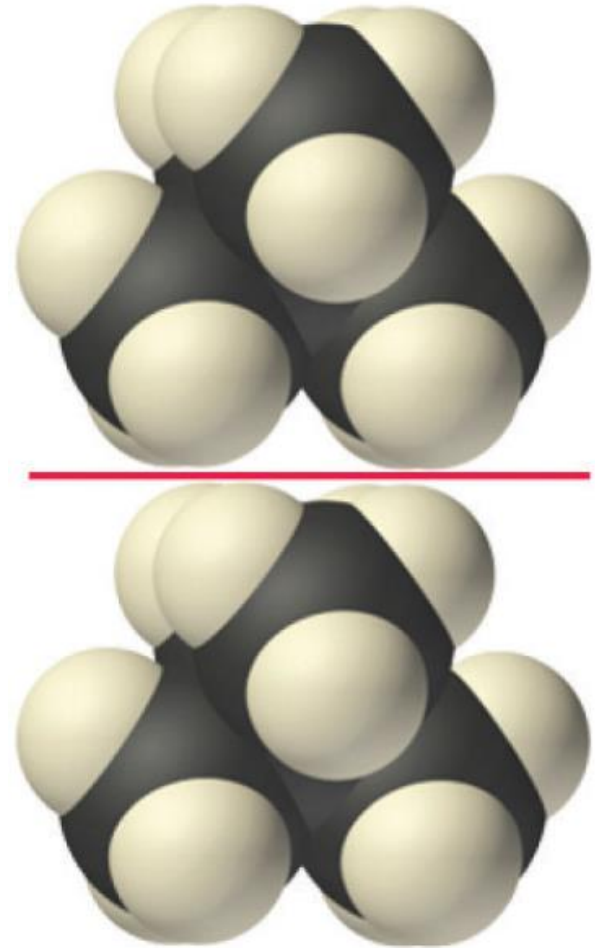


PE= 9 °C

Área de Contato



PE= 36 °C

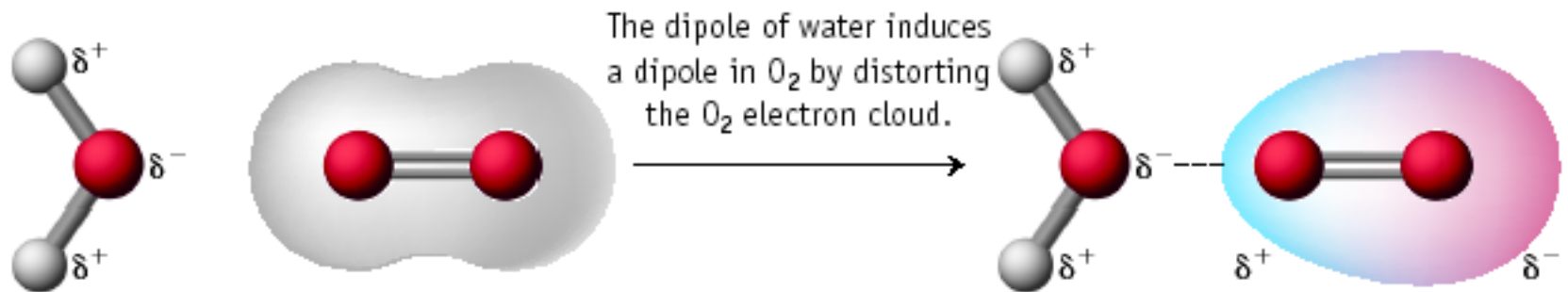


PE= 9 °C

DIPOLO PERMANENTE – DIPOLO INDUZIDO

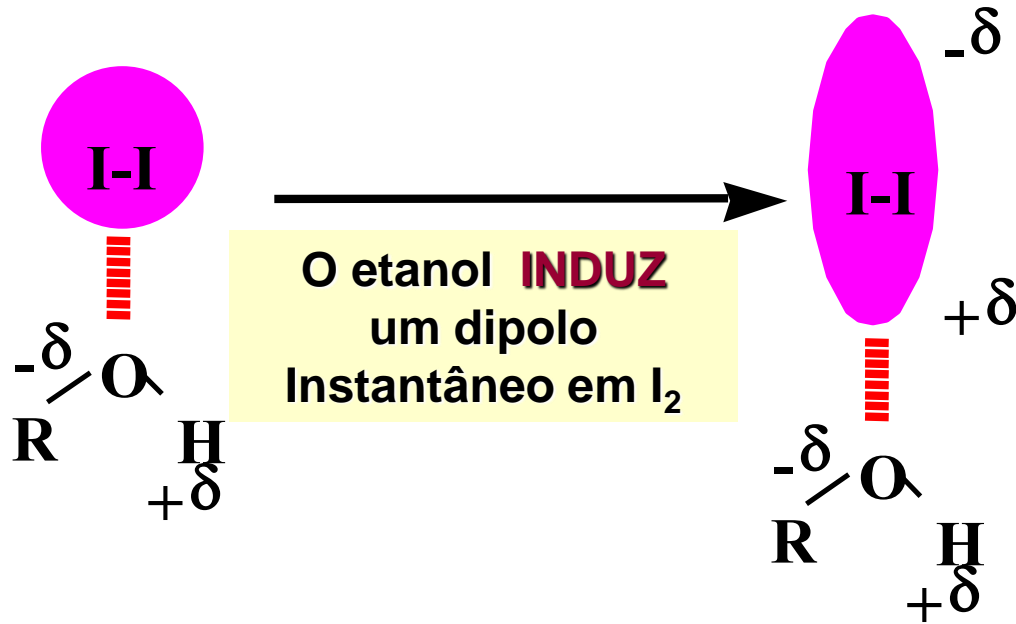
Interação Dipolo -Dipolo Induzido

Por que moléculas apolares (I_2 e O_2) dissolvem em água?



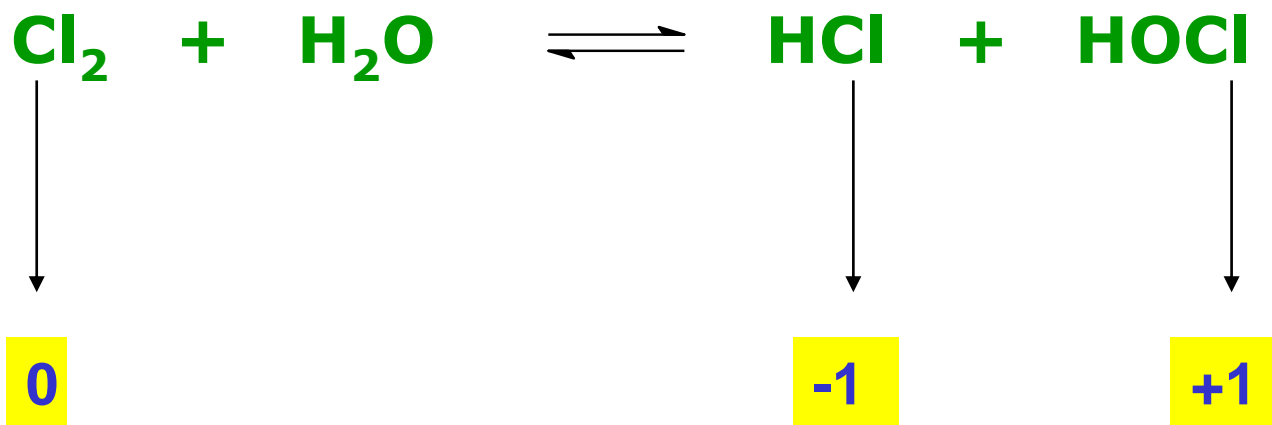
A molécula de água induz um dipolo na nuvem eletrônica da molécula de O_2 (ou I_2)

- Dissolução de I_2 em álcool, CH_3CH_2OH .



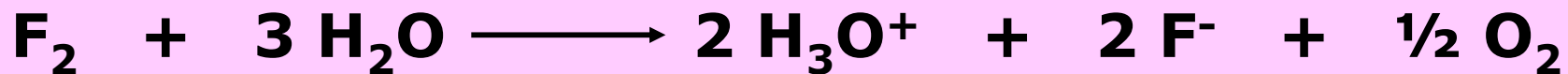
I_2
dissolves
in
ethanol

Cl₂ pode ser solúvel em água??

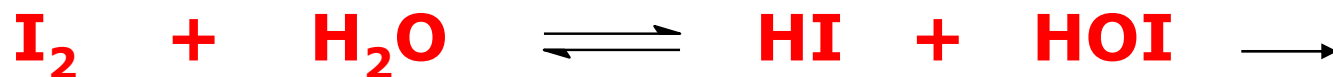


Reatividade $X_2 + H_2O$

Oxidação da Água:



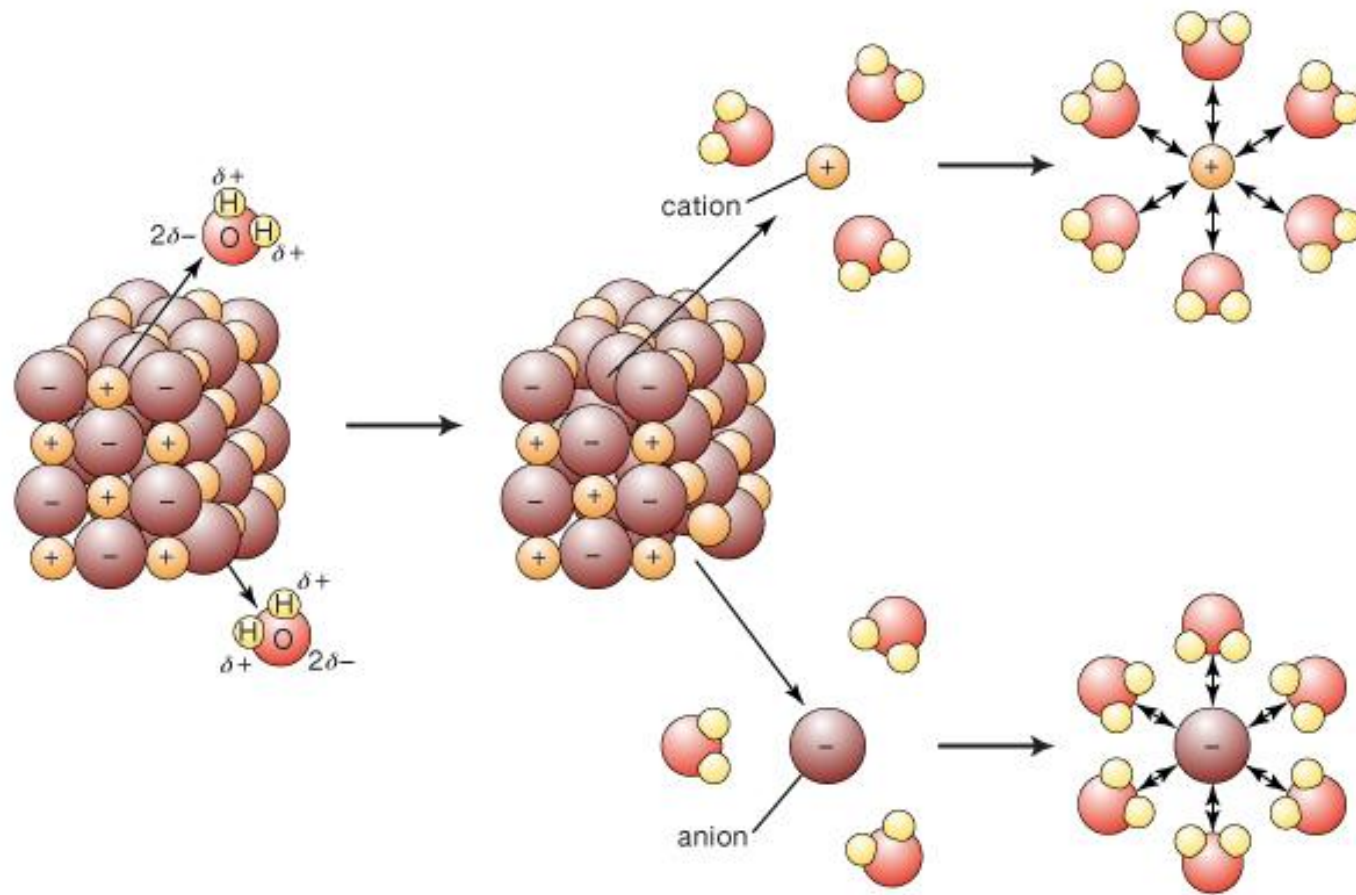
Desproporcionamento:



Interações Íon - Dipolo



Formação de Soluções Salinas



Termodinâmica da Dissolução