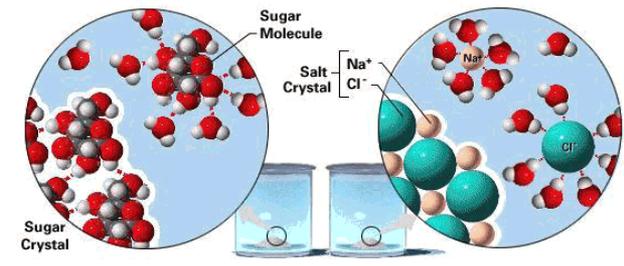




UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos  
Departamento de Ciências Básicas

# Forças intermoleculares e os estados físicos da matéria

(aula 7 – Química Geral)



Prof. Dr. Gelson Andrade Conceição

## Sólidos

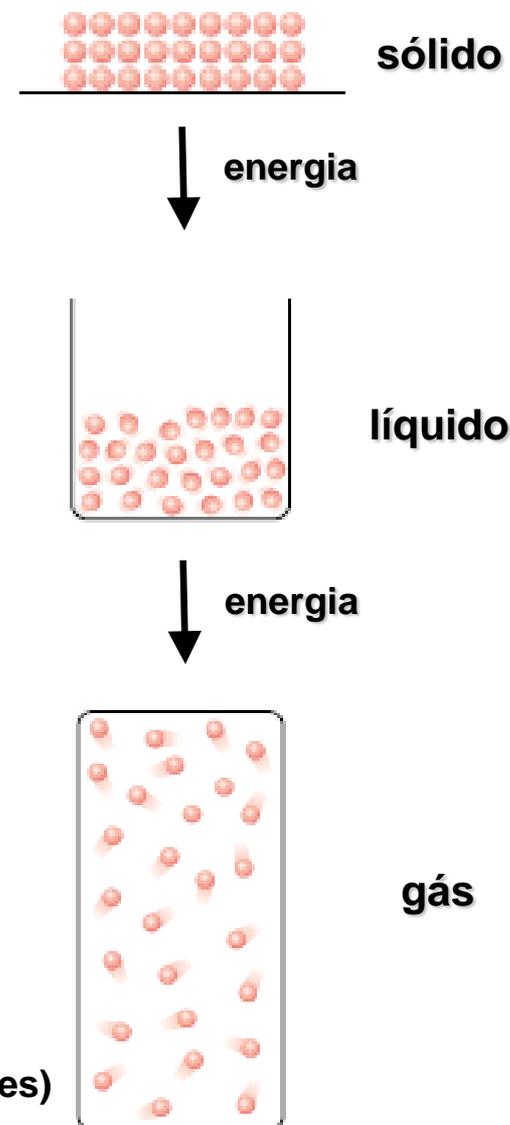
- Possuem formato definido (resistência a deformação)
- Possuem baixíssima compressibilidade
- Possuem alta densidade
- Não são fluidos
- Difundem-se muito vagarosamente por outros sólidos
- Possuem arranjo ordenado  
(partículas possuem somente movimento vibracional)

## Líquidos

- Não possuem formato definido
- Possuem baixa compressibilidade (maior que a dos sólidos)
- Possuem alta densidade (menor que a dos sólidos)
- São fluidos
- Difundem-se através de outros líquidos
- Possuem arranjo praticamente desordenado  
(partículas possuem liberdade para movimentação nas 3 dimensões))

## Gases

- Não possuem formato definido  
(preenchem completamente o formato do seu recipiente)
- Possuem alta compressibilidade
- Possuem baixa densidade
- São fluidos
- Difundem-se rapidamente através de outros gases
- Possuem arranjo extremamente desordenado  
(partículas movem-se com liberdade para movimentação nas 3 dimensões)



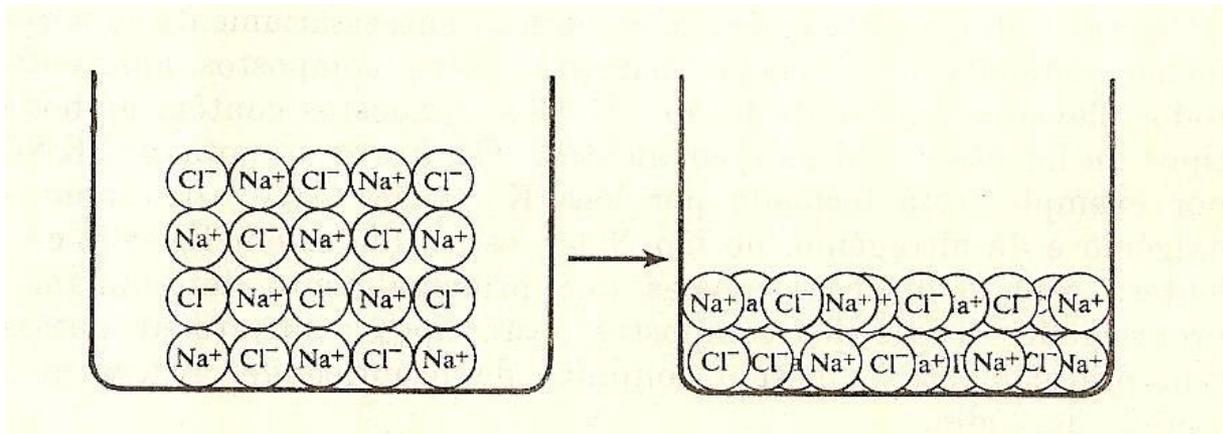
# Transformações de estado físico

- **Fusão**: caracteriza-se pela passagem do estado sólido para o líquido.
- **Ebulição**: caracteriza-se pela passagem do estado líquido para o gasoso.

A energia necessária para que ocorra o fenômeno deve ser maior que a contida nas interações intermoleculares do líquido.

# Fusão e Ebulição

**Sólido cristalino:** íons ou moléculas se dispõem de maneira absolutamente regular e simétrica.

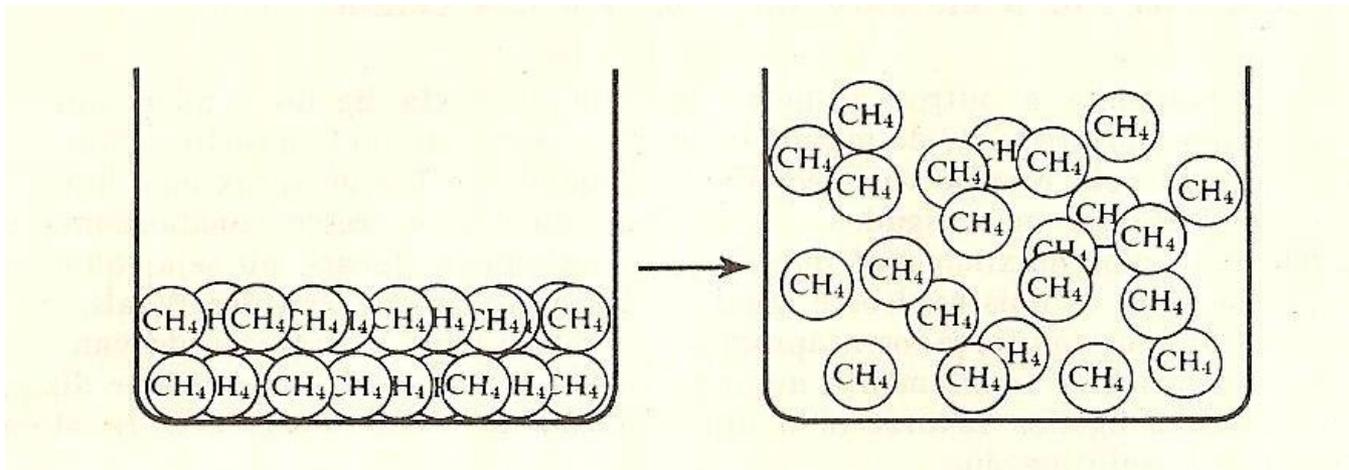


**Ponto de fusão: 801° C**

**Outro exemplo: KNO<sub>3</sub> apresenta propriedades similares aos do NaCl.**

**Nestes exemplos a energia fornecida deve vencer a energia de uma ligação iônica**

- Sólidos iônicos fundem a temperaturas muito maiores do que sólidos não iônicos. —
- Na fusão do metano ( $\text{CH}_4$ ) a energia para provocar a fusão deve vencer as forças intermoleculares, mas não a energia da ligação covalente C—H.





**Quais são as forças intermoleculares que atuam nesses processos ?**

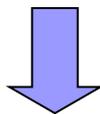


dreamstime.com

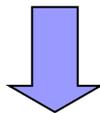
**Interações **entre** moléculas = Interações **inter**moleculares**

**Essencialmente dependentes da polaridade das moléculas**

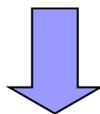
**Conhecimento de ligações químicas (tipo e geometria)**



**Conhecimento da polaridade**



**Conhecimento das forças intermoleculares (tipo e intensidade)**



**Melhor compreensão das propriedades físicas dos compostos químicos**

# Interações intermoleculares

São de 3 tipos principais:

- . Interações **dipolo induzido -dipolo induzido** ou forças de dispersão de London ou Van der Waals  
essencial para moléculas apolares
- . Interações **dipolo-dipolo** – moléculas polares
- . Interações por **ligações de hidrogênio** – tipo específico de interação dipolo-dipolo.

# Forças de London

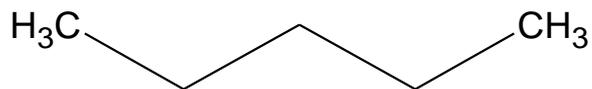
- Em compostos apolares a distribuição média das cargas é simétrica, portanto o momento de dipolo é nulo.
- Entretanto os elétrons se movem e em determinado momento essa distribuição é instantaneamente rompida (distorção da nuvem eletrônica) , gerando um momento de dipolo instantâneo.



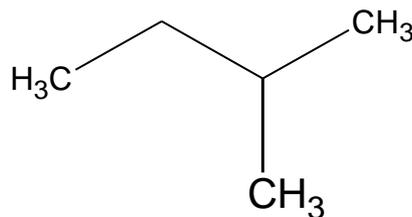
- A capacidade de se distorcer a nuvem eletrônica é chamada de polarizabilidade.
- Em geral quanto maior o peso molecular, maior será a atuação dessa força.
- Força responsável pelas propriedades dos alcanos entre outras substância apolares.
- Este tipo de interação intermolecular está presente em todas as substâncias

<b>Substância</b>	<b>C<sub>3</sub>H<sub>8</sub></b>	<b>C<sub>4</sub>H<sub>10</sub></b>	<b>C<sub>5</sub>H<sub>12</sub></b>	<b>C<sub>6</sub>H<sub>14</sub></b>	<b>C<sub>7</sub>H<sub>16</sub></b>
<b>Ponto de ebulição</b>	<b>-42</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>69</b>	<b>98</b>

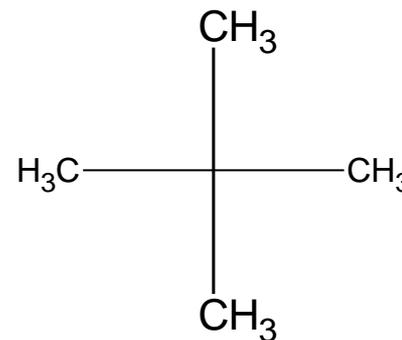
Quanto maior a “superfície de contato” entre as moléculas maior será a força de London.



**P.E.(°C)      36**



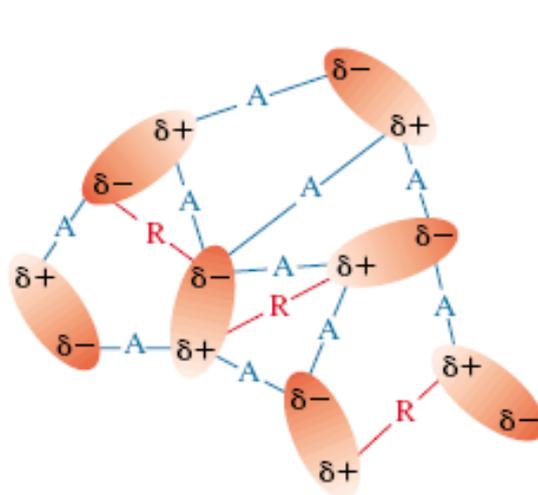
**28**



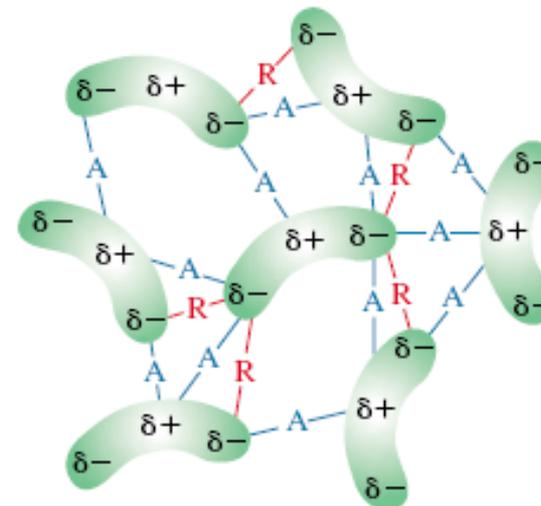
**9,5**

# Interações dipolo-dipolo

- É a força de atração entre duas moléculas polares.
- A região mais positiva de uma molécula polar atrai a região mais negativa da molécula ao seu redor.

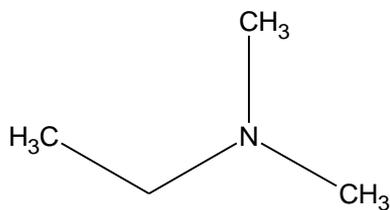


(a)

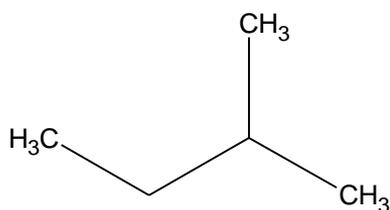


(b)

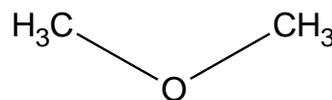
•Esse tipo de interação é mais forte que a interação por forças de London, logo espera-se que compostos unidos por esse tipo de interação possuam pontos de ebulição maiores que as moléculas apolares.



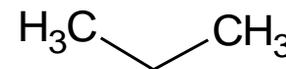
MM. 73; P.E. 37,5 °C



MM. 72; P.E. 28 °C



MM. 46; P.E. -25 °C

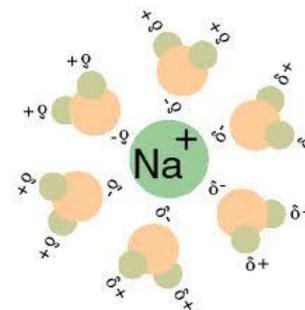


MM. 44; P.E. -45 °C

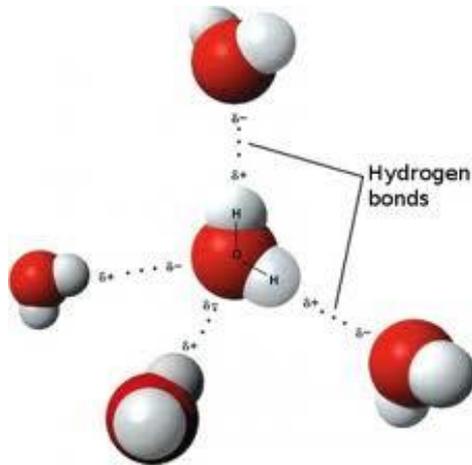
## Interações por ligações de hidrogênio

- Caso especial das interações dipolo-dipolo.
- **Interação acontece APENAS se H está ligado a F, O ou N.**
- Apesar de ter uma energia (21 KJ) menor do que uma ligação covalente (210-420 KJ), esta é a mais forte das interações intermoleculares (cerca de 4 a 5 vezes maior que outros tipos de interação dipolo-dipolo).

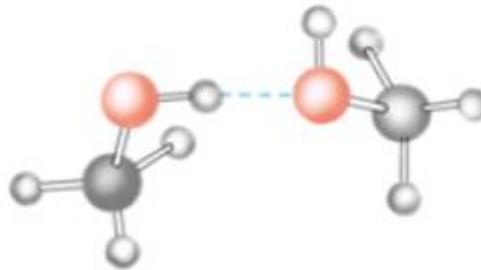
ligação	força	magnitude (KJ/mol)
química	covalente	100-1000
	iônica	100-1000
intermolecular	íon-dipolo	1-70
	dipolo-dipolo	0.1-10
	Dispersão	0.1-2
	ligação-H	10-40



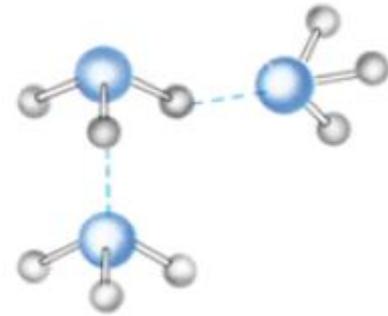
# Interações por ligações de hidrogênio



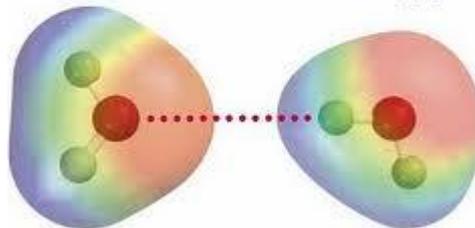
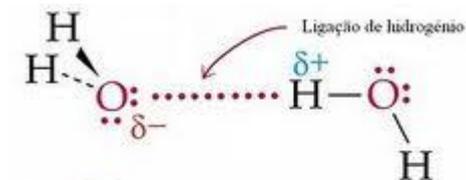
$H_2O$



$CH_3OH$

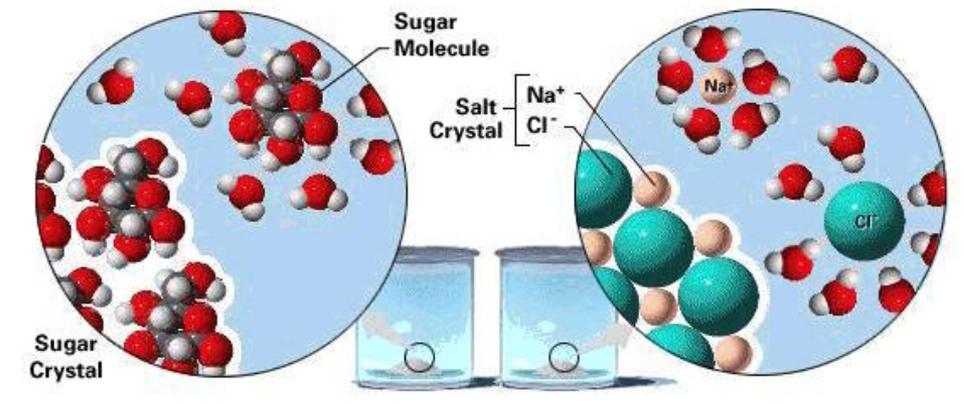


$NH_3$



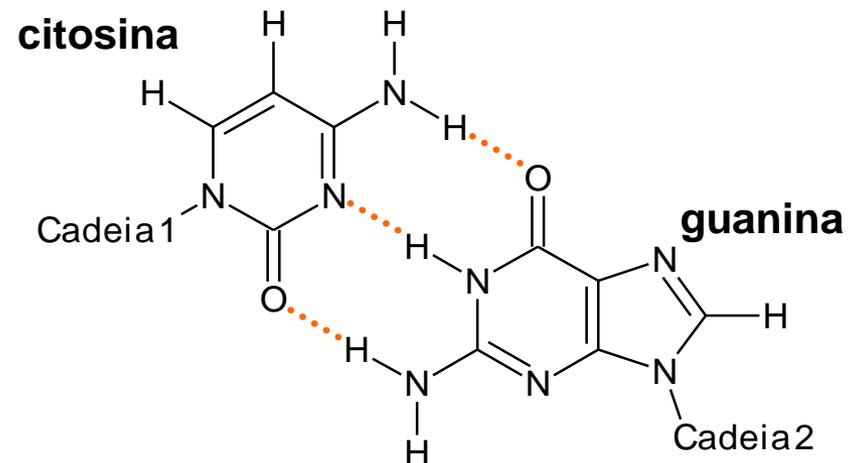
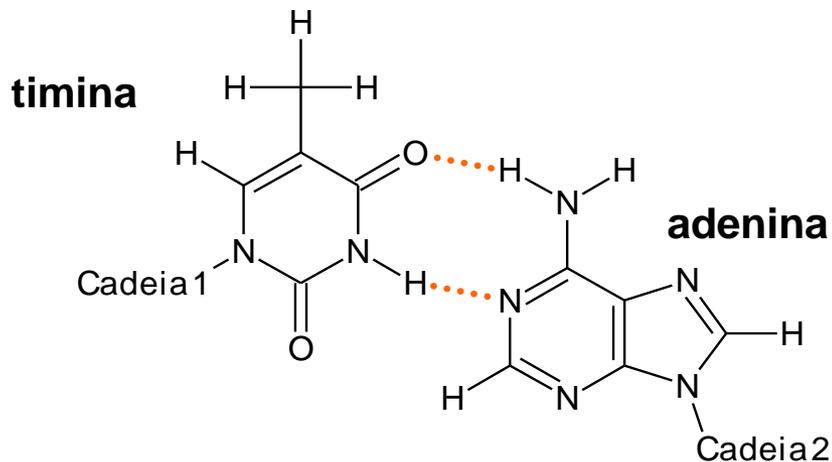
# Interações por ligações de hidrogênio

solubilidade



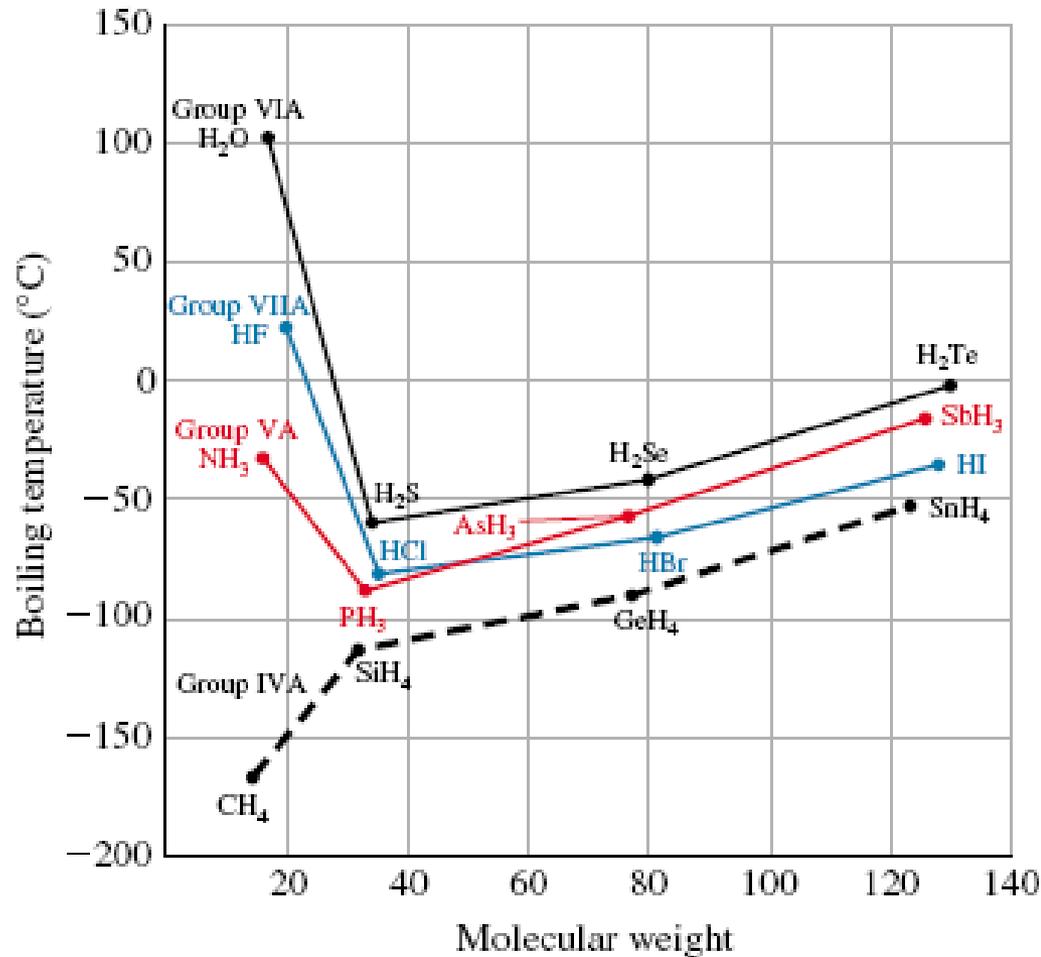
# Interações por ligações de hidrogênio

- Este tipo de interação é a responsável por exemplo pela formação da dupla hélice em moléculas de DNA.
- As bases nitrogenadas ficam pareadas por ligações de hidrogênio segundo o número máximo possível de ligações de hidrogênio, dando origem aos pares adenina-timina e guanina-citosina.



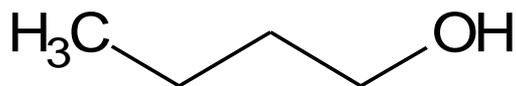
# Interações por ligações de hidrogênio

- Ebulição da água

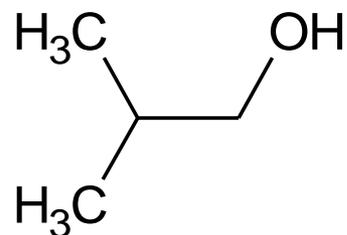


# Interações por ligações de hidrogênio

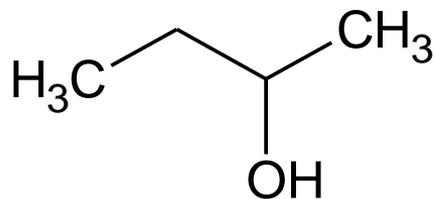
## Isômeros x forças intermoleculares



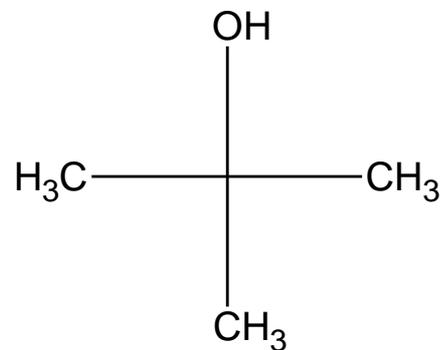
**P.E. 117 °C**



**P.E. 107 °C**



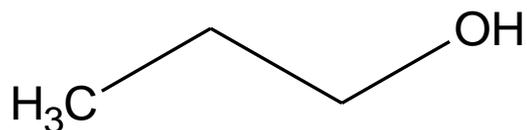
**P.E. 100 °C**



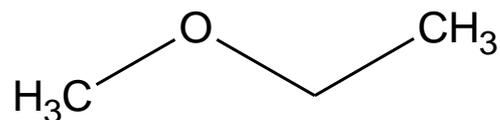
**P.E. 85 °C**

# Interações por ligações de hidrogênio

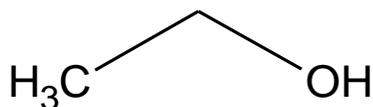
## Alguns exemplos:



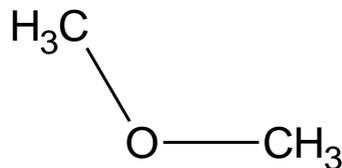
**MM. 60 g/mol; P.E. 98° C**



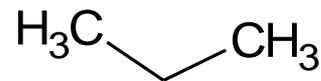
**MM. 60; P.E. 8° C**



**MM. 46; P.E. 78° C**



**MM. 46; P.E. -25° C**



**MM. 44; P.E. -45° C**



## **Líquidos: algunas propiedades importantes**

# Propriedades do estado Líquido

## Viscosidade

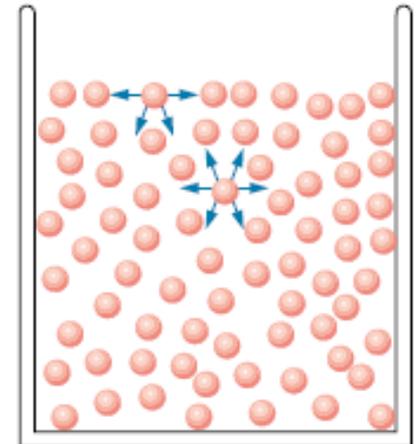
- A viscosidade pode ser definida em termos gerais como a resistência ao fluxo.
- Para que um líquido flua é necessário que as moléculas do líquido “deslizem” umas sobre as outras.
- Em geral, quanto maiores forem as forças intermoleculares maior será a viscosidade de um líquido.
- Líquidos compostos por moléculas capazes de fazerem ligações de hidrogênio, especialmente aquelas que podem fazer mais de uma ligação de hidrogênio, tendem a apresentar alta viscosidade.  
Ex.: glicerina



# Propriedades do estado Líquido

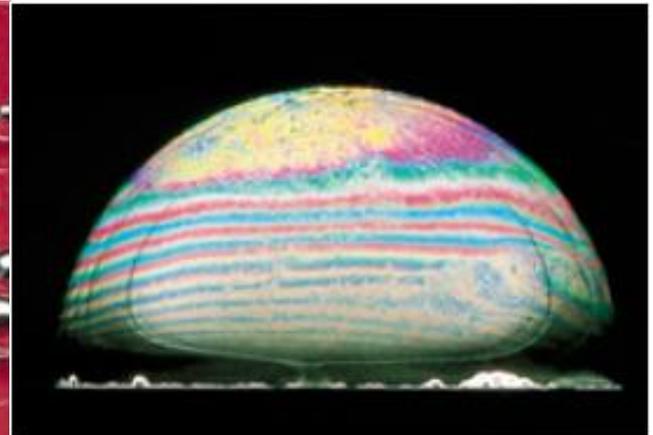
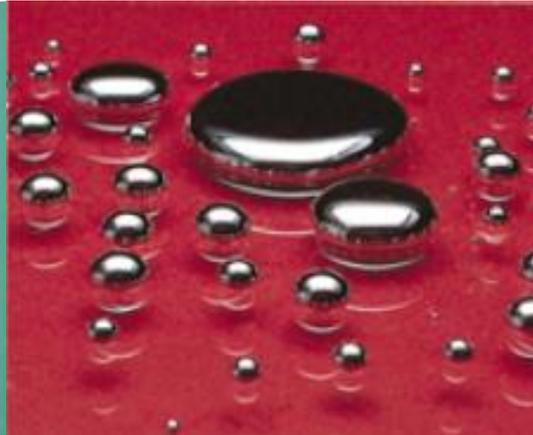
## Tensão superficial

- As moléculas no meio de um líquido sofrem a ação das forças intermoleculares por todos os lados, enquanto que as moléculas que estão na superfície do líquido somente sofrem forças para dentro e para os lados do recipiente que contém o líquido.
- O resultado é que as moléculas da superfície são “puxadas” para dentro do líquido, tendendo a assumir a menor área superficial possível. Devido a este fato é que as gotas de um líquido tendem a serem esféricas.
- A tensão superficial é definida como a força necessária para se aumentar a área superficial de um líquido.
- Quanto maior for a intensidade das forças moleculares atuantes, maior será a tensão superficial



# Propriedades do estado Líquido

## Tensão superficial



# Propriedades do estado Líquido

## Forças de Adesão e Capilaridade

- As forças que mantêm as moléculas unidas em um líquido são chamadas de forças de coesão, enquanto que as forças de atração entre um líquido e uma outra superfície são chamadas de forças de adesão. O balanço entre essas forças é responsável pela formação dos meniscos em superfícies de líquidos.



H<sub>2</sub>O

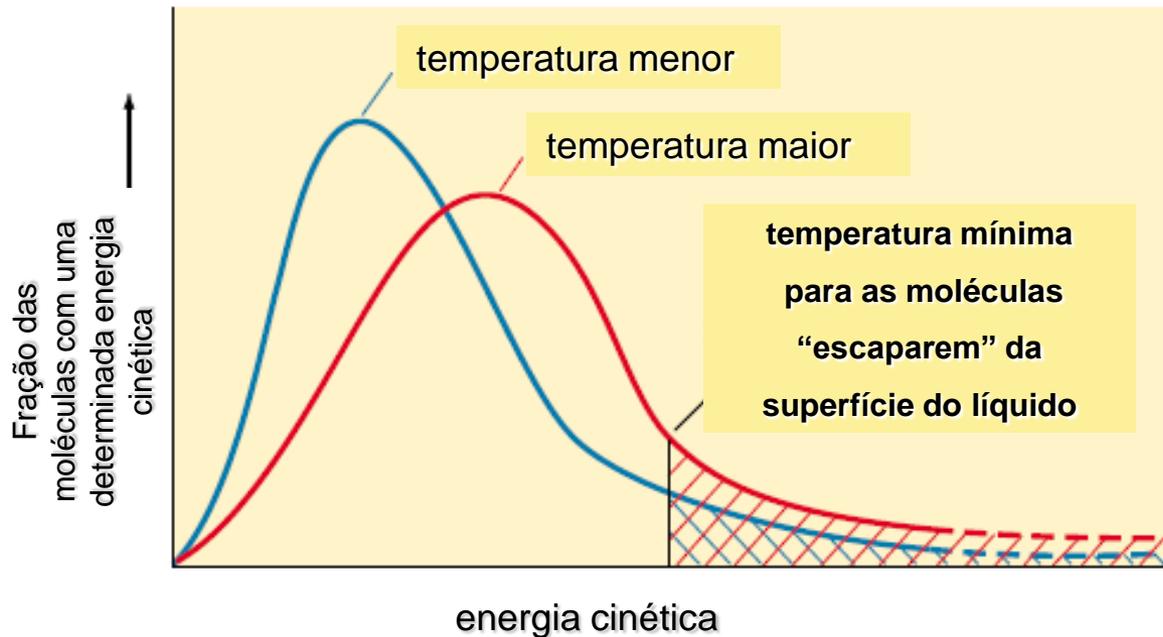
Hg

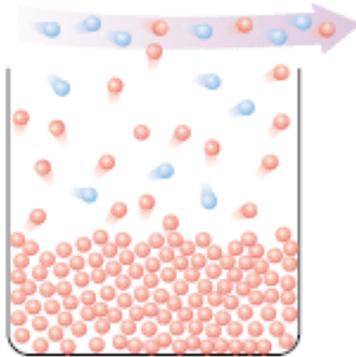
- O efeito de capilaridade ocorre quando mergulhamos um capilar (tubo de diâmetro interno reduzido) num líquido. Se as forças de adesão forem maiores que as forças de coesão o líquido subirá pelo capilar até que o peso do líquido se torne igual a força de adesão entre o líquido e a superfície do capilar.
- O fenômeno da capilaridade é um dos responsáveis pela absorção da água do solo pelas raízes das plantas.

# Propriedades do estado Líquido

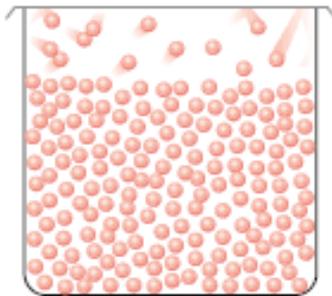
## Pressão de vapor

- A evaporação é o fenômeno pelo qual moléculas na superfície de um líquido passam para o estado gasoso.



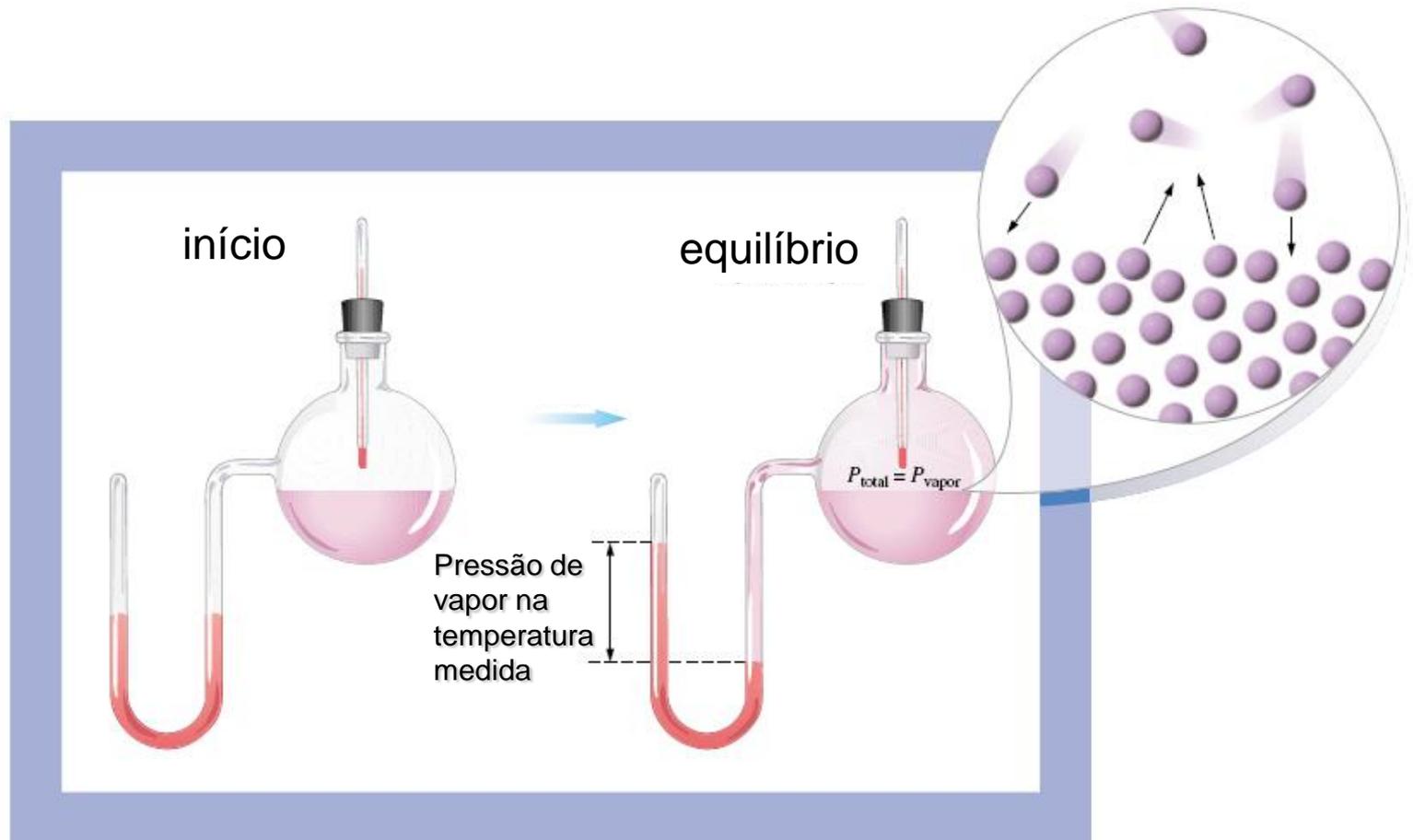


- Caso o sistema seja aberto o processo de evaporação continuará até que todo o líquido seja consumido.



- Caso o sistema seja fechado haverá um momento em que ocorrerá um equilíbrio entre a evaporação e a condensação

- A pressão de vapor de um líquido em uma determinada temperatura é definida como a pressão da fase gasosa quando em equilíbrio dinâmico com a fase líquida.



# Propriedades do estado Líquido

## Ponto de ebulição

- O ponto de ebulição é definido como a temperatura na qual a pressão de vapor se iguala a pressão externa.

