

FRENTE: FÍSICA IV

PROFESSOR(A): KEN AIKAWA

ASSUNTO: MUDANÇA DE FASES

## EAD – ITA/IME

### AULA 09



### Resumo Teórico

#### Introdução

A fase ou estado físico de uma substância representa o estado de agregação de suas moléculas. No estado sólido, por exemplo, temos uma situação em que o movimento das partículas é bastante restrito, configurando, do ponto de vista macroscópico um volume bem definido no espaço

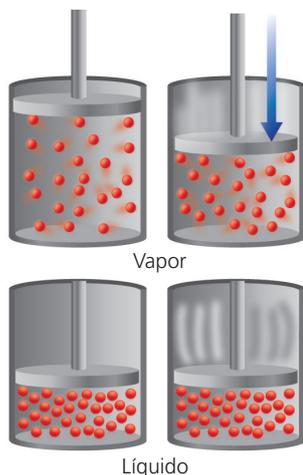
No estado líquido, já existe alguma mobilidade para as moléculas, permitindo que se tenha uma forma não definida, porém um volume definido

Já no estado gasoso, temos um uma situação que a interação de agregação é bem menor, permitindo uma maior mobilidade. De fato, não temos nem forma ou volume definidos para esse estado.

#### Pressão, Temperatura e Estado físico

Para uma dada pressão, os sólidos existem a uma temperatura mais baixa do que os líquidos, e estes a uma temperatura menor do que os gases. Isso ocorre porque, com o aumento da agitação (da energia cinética de translação das moléculas), estas ganham um movimento tal que as interações acabam por não conseguirem manter as moléculas agregadas.

Por outro lado, é possível mudar o estado de agregação das moléculas alterando a pressão que é exercida pela vizinhança (geralmente a atmosfera) sobre essa substância. Por exemplo, comprimindo uma massa gasosa é possível aproximar as moléculas o suficiente para que elas se agreguem, chegando ao estado líquido (e até ao sólido!).

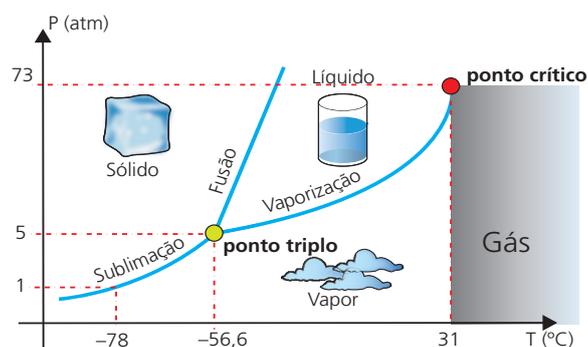


Dessa forma, conclui-se que o estado físico de uma substância é determinado pela sua temperatura e pressão.

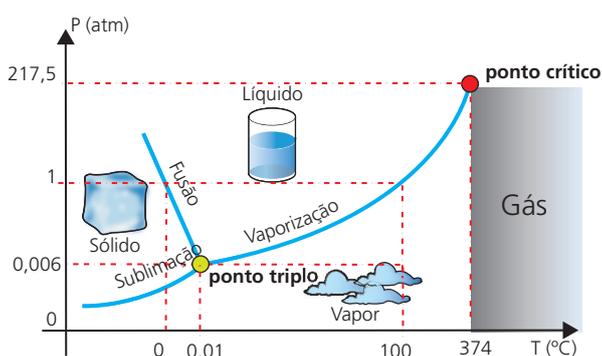
Nesse sentido, é muito rotineiro, nos problemas de vestibulares, analisarmos gráficos conhecidos como diagrama de fase, o qual ilustra as fases mais estáveis de uma substância para dados pressão e temperatura.

Veja a seguir dois diagramas de fases.

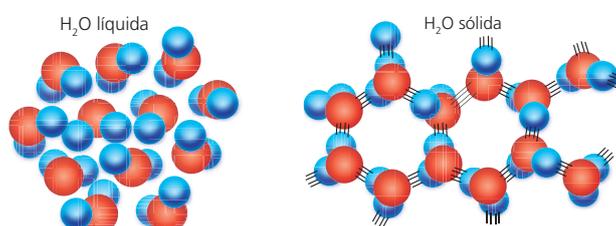
#### Para a dióxido de carbono:



#### Para a água:



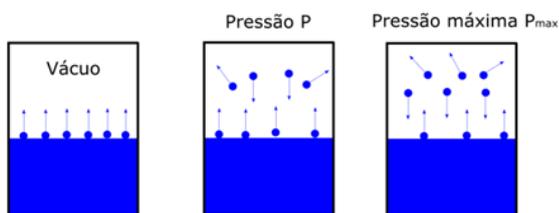
Uma característica interessante é que a água ao mudar do estado líquido para o sólido, ao contrário da maioria das substâncias, aumenta de volume. Isso decorre de estrutura cristalina mais afastada na fase sólida. Constata-se que, substâncias com esse comportamento, possuem uma curva de fusão decrescente.



## Pressão máxima de vapor

A pressão máxima de vapor corresponde aquela exercida pelos seus vapores quando ocorre equilíbrio dinâmico com a fase líquida.

Veja a situação seguinte. Inicialmente, em um recipiente fechado cria-se vácuo. Na superfície, algumas moléculas possuem energia suficiente para "sair" da superfície do líquido, isto é, um processo de evaporação se inicia. Com o decorrer do tempo, algumas moléculas que saíram voltam para o líquido (condensam). Esse processo ocorre até a situação de equilíbrio dinâmico do sistema, ou seja, a taxa de evaporação iguala-se com a de condensação. Nesse momento, temos que o ambiente gasoso ficará saturado desse vapor, denominado vapor, saturante e a pressão sobre a superfície do líquido, devido o vapor, será máxima, denominada pressão máxima de vapor  $P_{máx}$ .



## Umidade relativa

Para um sistema gasoso, o qual conhecemos o volume e a temperatura. Definimos a umidade relativa (UR) como:

$$UR = \frac{m}{m'}$$

Ou em termos percentuais:

$$UR(\%) = \frac{m}{m'} \times 100$$

Onde,  $m$  corresponde a massa de vapor na situação estudada e  $m'$  corresponde a massa de vapor na situação de saturação, isto é, relacionada à pressão máxima de vapor.

Podemos expressar também a umidade relativa do ar em termos da pressão de vapor. Veja:

$$PV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow m = \frac{MVP}{RT} \Rightarrow m \propto P$$

$$UR = \frac{P}{P_{máx}}$$

## Taxa de evaporação

A evaporação corresponde a transição de fase lenta que ocorre na superfície livre do líquido. Nesse processo, algumas moléculas possuem mais energia cinética do que outras. Trata-se de um fenômeno lento e que não depende de uma temperatura determinada para acontecer.

Entre os fatores que influenciam na rapidez da evaporação, podemos citar:

1. Natureza do líquido: alguns líquidos são mais voláteis que outros como éter que em condições idênticas, evapora mais rapidamente que a água.
2. A temperatura: observa-se que a água a 30°C evapora mais rapidamente do que a 5°C.
3. A área da superfície: uma maior área de exposição da superfície livre favorece o processo de evaporação.

4. A pressão externa assim como a pressão de vapor do líquido: uma quantidade de vapor sobre a superfície, seja ele da natureza ou não do líquido, exerce uma pressão o qual influencia na rapidez do processo.
5. A ventilação: também é um fator que pode influenciar na taxa de evaporação.

Do ponto de vista quantitativo, o cálculo da taxa de evaporação pode ser um tanto complicado. Nos restringiremos ao uso da fórmula proposta por Dalton (1928), muito útil no estudo da evaporação da água:

$$\phi = \frac{dm}{dt} = C(P_{máx} - P)$$

Onde:

$\phi$  = a taxa de evaporação

$P$  = pressão do vapor

$P_s$  = pressão do vapor na situação de saturação

$C$  = coeficiente que leva em conta fatores da evaporação



## Exercícios

01. Para muitas substâncias, existem uma temperatura  $T_T$  e uma pressão  $P_T$  na qual coexistem as três fases (sólida, líquida e vapor) em equilíbrio. Essa temperatura e pressão são conhecidas como o ponto triplo. Para a água, por exemplo,  $T_T = 0,0075$  °C e pressão  $P_T = 4,58$  mmHg. O calor latente de vaporização da água no ponto triplo é dado por  $L_{vap} = 2,48 \cdot 10^3$  kJ/kg, e o calor latente de fusão do gelo é  $L_{fus} = 0,34 \cdot 10^3$  kJ/kg. Podemos afirmar que o calor latente de sublimação direta é dado por
  - A)  $8,27 \cdot 10^3$  kJ/kg.
  - B)  $2,14 \cdot 10^3$  kJ/kg.
  - C)  $1,41 \cdot 10^3$  kJ/kg.
  - D)  $5,64 \cdot 10^3$  kJ/kg.
  - E)  $2,82 \cdot 10^3$  kJ/kg.

02. (IME/2017) Um meteorologista mediu por duas vezes em um mesmo dia a umidade relativa do ar e a temperatura do ar quando estava em um pequeno barco a remo no meio de um grande lago. Os dados encontram-se apresentados na tabela a seguir:

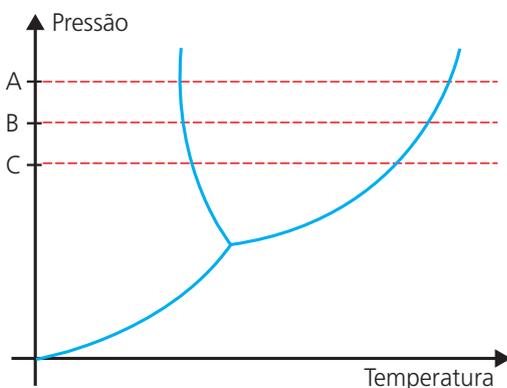
Medida	Período do dia	Umidade relativa	Temperatura do ar
1	Manhã	40%	300 K
2	Tarde	70%	300 K

Diante do exposto, a razão entre as taxas de evaporação de água do lago calculadas na primeira e na segunda medida de umidade relativa do ar é:

- A) 16/13
- B) 17/14
- C) 2
- D) 7/4
- E) 4

03. (ITA-SP) Numa aula prática sobre ebulição, faz-se o seguinte experimento: leva-se até a fervura a água de um balão (não completamente cheio). Em seguida, fecha-se o frasco e retira-se do fogo. Efetuando-se um resfriamento brusco do balão, a água volta a ferver. Isso se dá porque
- na ausência do ar, a água ferve com maior facilidade.
  - a redução da pressão do vapor no frasco é mais rápida que a queda de temperatura do líquido.
  - com o resfriamento, a água se contrai, expulsando bolhas de ar que estavam no seio do líquido.
  - com o resfriamento brusco, a água evapora violentamente.
  - com o resfriamento brusco, o caminho livre médio das moléculas no líquido aumenta.

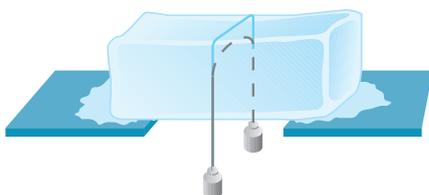
04. (UEL-PR) O gráfico a seguir representa o diagrama de fases da água. A linha A corresponde à pressão na cidade de Paranaguá, no litoral paranaense; a linha B, na cidade de Londrina, e a linha C, no Pico Paraná (ponto culminante do estado do Paraná).



- Com base nesse gráfico, são feitas as seguintes afirmativas:
- Utilizando-se sistemas de aquecimento idênticos, para aquecer massas iguais de água, com as mesmas temperaturas iniciais, até o ponto de vapor, gasta-se mais energia na cidade de Londrina que no Pico Paraná;
  - Nas três localidades, o gasto de energia para aquecer quantidades iguais de água, do ponto de gelo até o ponto de vapor, é o mesmo;
  - A temperatura do ponto de gelo em Paranaguá é maior que a temperatura do ponto de gelo em Londrina.

Assinale a alternativa correta.

- Apenas a afirmativa I é correta.
  - Apenas a afirmativa II é correta.
  - Apenas as afirmativas I e III são corretas.
  - Todas as afirmativas são corretas.
  - Apenas as afirmativas II e III são corretas.
05. (UFPR) Pode-se atravessar uma barra de gelo usando-se um fio metálico em cujas extremidades estão fixos corpos de pesos adequados, sem dividir a barra em duas partes.



- Qual é a explicação para tal fenômeno?
- A pressão exercida pelo fio metálico sobre o gelo abaixa seu ponto de fusão.
  - O gelo, já cortado pelo fio metálico devido à baixa temperatura, solda-se novamente.
  - A pressão exercida pelo fio sobre o gelo aumenta seu ponto de fusão, mantendo a barra sempre sólida.
  - O fio metálico, estando naturalmente mais aquecido, funde o gelo; esse calor, uma vez perdido para a atmosfera, deixa a barra novamente sólida.
  - Há uma ligeira flexão da barra; as duas partes, já cortadas pelo arame, são comprimidas uma contra a outra, soldando-se.

06. Quando se retira uma garrafa de vidro com água de uma geladeira, depois de ela ter ficado lá por algum tempo, veem-se gotas d'água se formando na superfície externa da garrafa. Isso acontece graças, principalmente, à
- condensação do vapor de água dissolvido no ar ao encontrar uma superfície à temperatura mais baixa.
  - diferença de pressão, que é maior no interior da garrafa e que empurra a água para seu exterior.
  - porosidade do vidro, que permite a passagem da água do interior da garrafa para sua superfície externa.
  - diferença de densidade entre a água no interior da garrafa e a água dissolvida
  - condução de calor, através do vidro facilitada por sua porosidade.

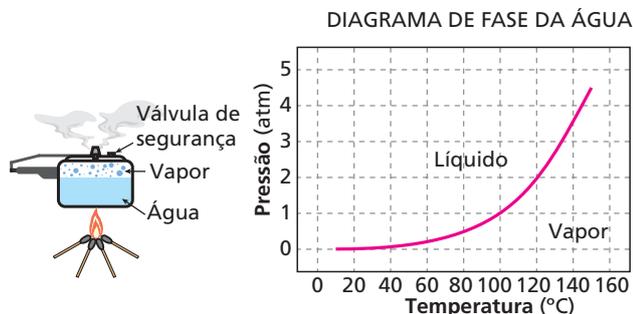
07. Observe as informações:
- A umidade relativa do ar corresponde à razão entre a pressão parcial de vapor existente no local e a pressão de vapor saturado na temperatura local;
  - O ser humano sente-se confortável quando a umidade relativa do ar está por volta de 50%. Uma umidade maior que 50% reduz a evaporação do suor da pele, provocando desconforto. Uma umidade menor que 50% tem um efeito secante na pele e na mucosa;
  - A tabela a seguir mostra a pressão máxima de vapor de água em função da temperatura.

$\theta$ (°C)	0	5	10	15	20
P (mm Hg)	4,58	6,54	9,21	12,8	17,5
$\theta$ (°C)	25	30	40	50	60
P (mm Hg)	23,8	31,8	55,3	92,5	149

Uma pessoa encontra-se num ambiente onde a temperatura é de 25 °C e a pressão de vapor de água é de 16,2 mm Hg. Pode-se afirmar que:

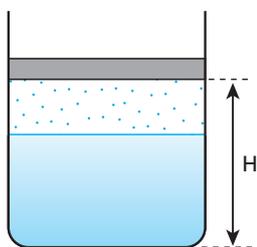
- Nesse local está chovendo.
  - A umidade relativa do ar, nesse ambiente, é menor que 50%.
  - A umidade relativa do ar, nesse ambiente, é igual a 89%.
  - Essa pessoa pode estar sentindo sua pele ressecada.
  - A umidade relativa do ar, nesse ambiente, é aproximadamente igual a 68%.
08. (ITA-SP) Um termômetro em uma sala de 8,0 × 5,0 × 4,0 m indica 22 °C e um higrômetro indica que a umidade relativa é de 40%. Qual é a massa de vapor de água na sala, se sabemos que a essa temperatura o ar saturado contém 19,33 g de água por metro cúbico?

09. (Unimep-SP) A panela de pressão permite que os alimentos sejam cozidos em água muito mais rapidamente do que em panelas comuns. A seguir, a figura mostra esquematicamente uma panela de pressão e o diagrama de fase da água. Qual das afirmações não é verdadeira?



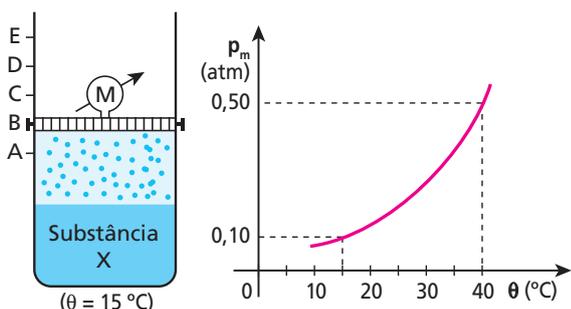
- A) A vantagem do uso da panela de pressão é a rapidez para o cozimento devido à quantidade adicional de calor que é transferida para a panela.
- B) Quando a pressão no interior da panela atinge 2 atm, a água entra em ebulição a 120 °C.
- C) Para 4 atm no interior da panela, a água ferve a uma temperatura acima de 140 °C.
- D) Em Santos, em uma panela comum, a água ferve aproximadamente a 100 °C.
- E) Numa panela comum, num local à grande altitude, a água entra em ebulição abaixo de 100 °C.

10. Num recipiente dotado de êmbolo, há um líquido em equilíbrio com o seu vapor. Se levantarmos o êmbolo, aumentando o volume, sem alterar a temperatura:



- A) Parte do vapor se condensará.
- B) Mais líquido vaporizará.
- C) Líquido e vapor manterão a mesma proporção.
- D) O líquido ferverá obrigatoriamente.
- E) Parte do líquido se transformará em sólido.

11. Na figura a seguir, o êmbolo está travado no ponto B. O recipiente contém uma substância X e sabe-se que sua pressão máxima de vapor varia de acordo com o gráfico:



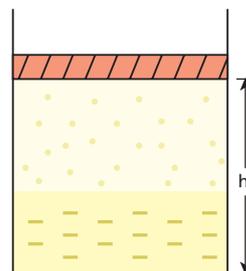
Analise as proposições seguintes:

- I. Se o manômetro M indicar 0,08 atm de pressão, o sistema não atingiu seu equilíbrio dinâmico, e o vapor é não saturante;
- II. Quando o sistema atingir o equilíbrio dinâmico líquido/vapor, o manômetro acusará 0,10 atm;
- III. Elevando-se o êmbolo lentamente, observar-se-á que a pressão se manterá constante enquanto existir líquido. Se, terminando o líquido, o êmbolo continuar a subir, a pressão não se manterá constante, e o vapor passará a ser não saturante seco;
- IV. Com o êmbolo travado em B e aquecendo-se o sistema a 40 °C, o manômetro indicará 0,50 atm se existir líquido.

Quais são as proposições verdadeiras e quais são as falsas?

12. A pressão de vapor saturado de mercúrio à temperatura de 293 K é 0,16 Pa. A essa temperatura, quantos gramas de mercúrio (mHg = 200,6 g/mol) são necessários para saturar com vapor de mercúrio 500 m<sup>3</sup> de ar?

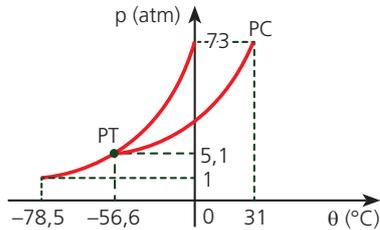
13. Na figura a seguir, temos um cilindro contendo uma pequena quantidade de éter líquido e seus vapores:



O êmbolo é levantado lentamente. Identifique o gráfico que melhor pode traduzir a pressão no interior do recipiente, em função da altura h – que representa a distância do êmbolo ao fundo do cilindro.

- A)
- B)
- C)
- D)

14. O gráfico representa o diagrama de fases do “gelo seco”. PT e PC representam, respectivamente, ponto triplo e ponto crítico da substância. Analise este diagrama e assinale a alternativa correta.



- A) Acima de 31 °C, a substância apresenta-se no estado de vapor.
  - B) É possível liquefazer o gás apenas aumentando a temperatura de -56,6 °C para 31 °C.
  - C) A substância pode apresentar-se no estado sólido para valores de pressão acima de 1 atm.
  - D) A substância apresenta-se sempre no estado líquido para a temperatura de 20 °C.
  - E) A substância apresenta-se em mudança de estado para a pressão de 5,1 atm e temperatura de -10 °C.
15. Temperatura crítica de uma substância é a
- A) única temperatura na qual a substância pode sofrer condensação, qualquer que seja a pressão.
  - B) única temperatura na qual a substância não pode sofrer condensação mediante simples aumento de pressão.
  - C) única temperatura na qual a substância pode sofrer condensação mediante simples aumento de pressão.
  - D) maior temperatura na qual a substância não pode sofrer condensação mediante simples aumento de pressão.
  - E) temperatura acima da qual a substância não pode sofrer condensação mediante simples aumento de pressão.

**Gabarito**

<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>
E	C	B	A	A
<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>
A	E	1,24 kg	A	B
<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
*	6,58 g	A	C	E

\*11. Todas estão corretas.