

Termodinâmica

Termodinâmica – ciência que estuda as **causas** e os **efeitos** das mudanças das grandezas *Temperatura, Pressão, Volume* e de outras *variáveis termodinâmicas* em sistemas físicos em escala macroscópica.

Do Grego (Therme → Calor e Dynamis → Potência)

Calor => Energia em trânsito e Dinâmica => Movimento

Em essência, a Termodinâmica estuda o movimento da energia num sistema e como a energia cria movimento.

A grandeza Calor (**Q**) surge como a “última peça” que faltava para a enunciação de uma *Lei Geral de Conservação da Energia*.

Historicamente, a Termodinâmica se desenvolveu principalmente durante a Primeira Revolução Industrial, com o intuito de se aumentar a eficiência das máquinas à vapor.

1650 - **Otto von Guericke** projetou e construiu a primeira bomba de vácuo.

1656 - **Robert Boyle** e **Robert Hooke** construíram uma bomba de ar e estabeleceram as primeiras relações entre a *Pressão*, a *Temperatura* e o *Volume* de um gás.

1697 - **Thomas Savery** construiu a primeira máquina a vapor (**bombear água**).

1824 - **Sadi Carnot** publicou "Reflexões sobre a Potência Motriz do Fogo" (Isto marcou o início da termodinâmica como ciência moderna)



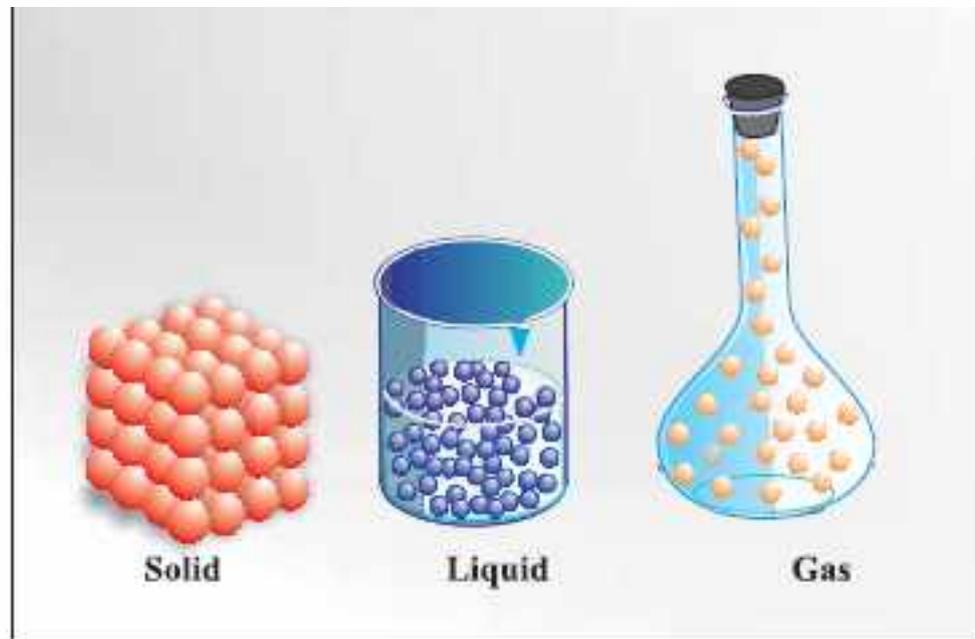
A Termodinâmica não acabou na Rev. Industrial!!!

Nosso propósito aqui:

- (i) entender a eficiência de processos
- (ii) limites termodinâmicos sobre rendimento
- (iii) Como é possível transformar Calor em Trabalho?

A termodinâmica hoje é aplicada em áreas como a biologia e o mercado financeiro...

1- Propriedades dos Sólidos, Líquidos e Gases



(Líquido)

1- Movimento Browniano

2- Movimento Browniano

A compreensão dos fenômenos “microscópicos” possibilitou uma mudança estrutural na forma de pensar. Ciência e Tecnologia estão inseridas no cotidiano.

Contudo, muitas das ideias que compõem toda a base para a descrição do mundo microscópico repousam nas nossas observações e experiências cotidianas.

Descrição Macroscópica da Matéria

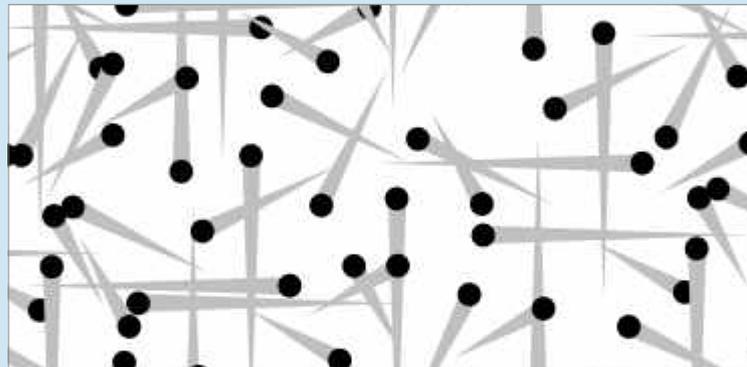
Variáveis de Estado = parâmetros usados para caracterizar um sistema macroscópico

P, V, T, mols, M, ρ ...

Diz-se que um sistema está em **Equilíbrio Térmico** se suas *variáveis de estado permanecem constantes no tempo.*

Um sistema isolado tende ao equilíbrio térmico!!

Isolamento Térmico



Unidades de Medidas

Mol

$$1 \text{ mol} = 6,023 \times 10^{23} \text{ (átomos ou moléculas)}$$

Concentração: quão densamente as partículas estão agrupadas

$$\frac{N}{V} \quad \text{Unidade} = [m^{-3}]$$

$$\text{Sólido} \sim 10^{29} m^{-3}$$

$$\text{Gás} \sim 10^{27} m^{-3}$$

Unidades de Medidas

Nº massa atômica

Na tabela periódica É representado pelo símbolo A

$$A = n^{\circ} \text{ de prótons} + n^{\circ} \text{ de nêutrons}$$

Massa atômica: massa relativa ao ^{12}C .

Assim, de acordo com a convenção:

$$m^{12\text{C}} = 12u$$

$$1u = \frac{m^{12\text{C}}}{12} = 1,660 \times 10^{-27} \text{kg}$$

Unidades de Medidas

Se olharmos na tabela periódica o Cloro

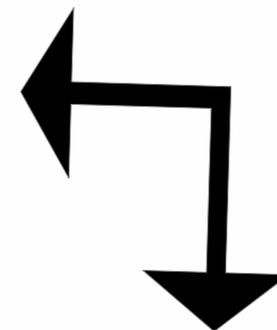
$$m^{Cl} = 35,45u$$

Por que não é um número inteiro?

Se olharmos na tabela periódica, o Cloro, por exemplo:

$$m^{Cl} = 35,45u$$

Nessa conta entram os isótopos também



Cloro-35 → 34,9689 u, tem uma ocorrência de 75,77% na natureza.

Cloro-37 → 36,96590 u, tem uma ocorrência de 24,23% na natureza.

} Média Ponderada

Para nossos propósitos, os números após a vírgula serão desconsiderados

$$m^{Cl} = 35u$$

Temperatura:

O que é temperatura?

O que determinamos ao medir a temperatura?

- Temperatura

T é uma propriedade medida pelos termômetros!

T é uma grandeza relacionada com a Energia Térmica (E^{term}) de um sistema.

Temperatura é uma grandeza que caracteriza o estado térmico de um sistema em equilíbrio...

“Dois corpos estão a mesma Temperatura se nenhum deles tende a transferir calor a outro se forem colocados em contato térmico.”

Temperatura não é a E^{term} !!!!!!!!

- Temperatura

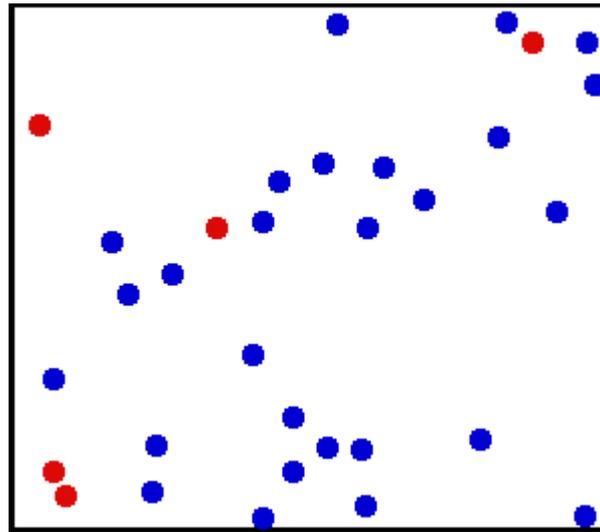
Lei zero da termodinâmica:

"Se dois corpos A e B estão separadamente em equilíbrio térmico com um terceiro corpo C, A e B estão em equilíbrio térmico entre si"

Temperatura é uma grandeza que caracteriza o estado térmico de um sistema em equilíbrio... Ela serve basicamente pra nos dizer se haverá ou não variação da $E^{\text{térm}}$ caso o sistema seja colocado em contato térmico com um outro sistema.

- Temperatura

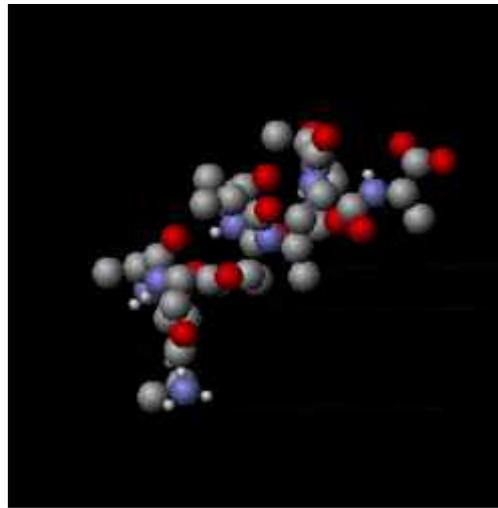
Para gases ideais...



$E^{\text{tém}}$ é proporcional a velocidade média das partículas

- Temperatura

Para substâncias...



Qto maior E^{term} , mais os átomos das moléculas vibram, provocando a dilatação térmica e até a mudança de fase.

OBS: Neste caso, a E^{term} não é apenas a energia de translação.

Aula 2

Teste Conceitual 1

Para construir um termômetro é necessário utilizar uma substância que

- A) expanda com o aumento da temperatura.
- B) expanda linearmente com o aumento da temperatura.
- C) não congele
- D) sofra alguma mudança quando aquecida ou resfriada.

Medindo a Temperatura: **Termômetros**

qualquer sistema macroscópico que sofra alteração mensurável ao trocar energia térmica com o que está ao seu redor.

Escalas:

	Celsius	Fahrenheit	Kelvin	Termômetro de Hg
Ebulição da Água	→ 100°C	212°F	373	
Fusão da Água	→ 0°C	32°F	273	
Mínima Energia	→ 0			



$$T \Leftrightarrow V$$

Conversão de escalas:

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32^\circ$$

$$T_K = T_C + 273$$



Termômetro de gás a volume constante

$$P \propto T$$

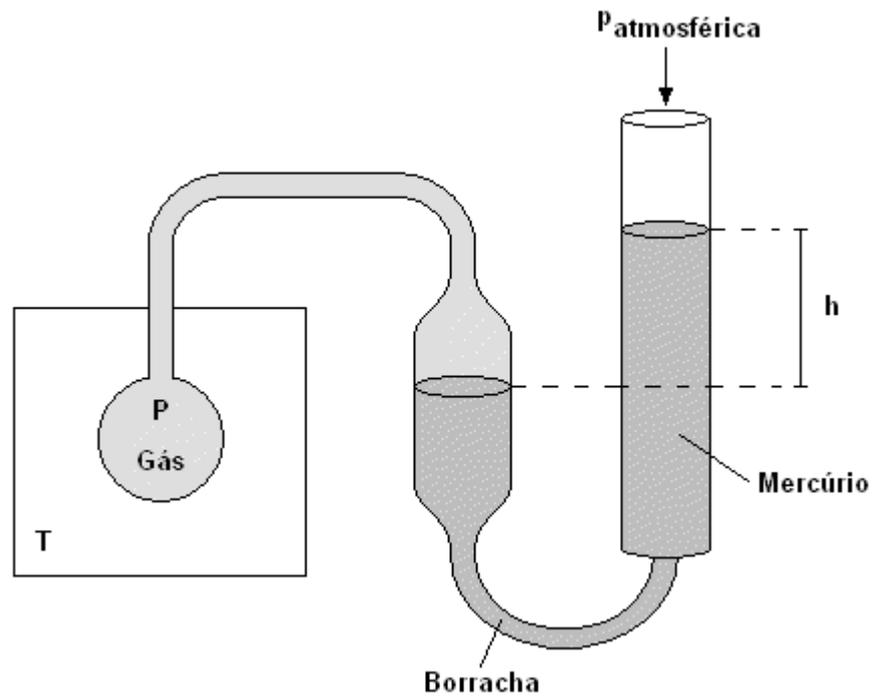


Figura 16.2 (pg 486 D. Knight)

Teste Conceitual 2

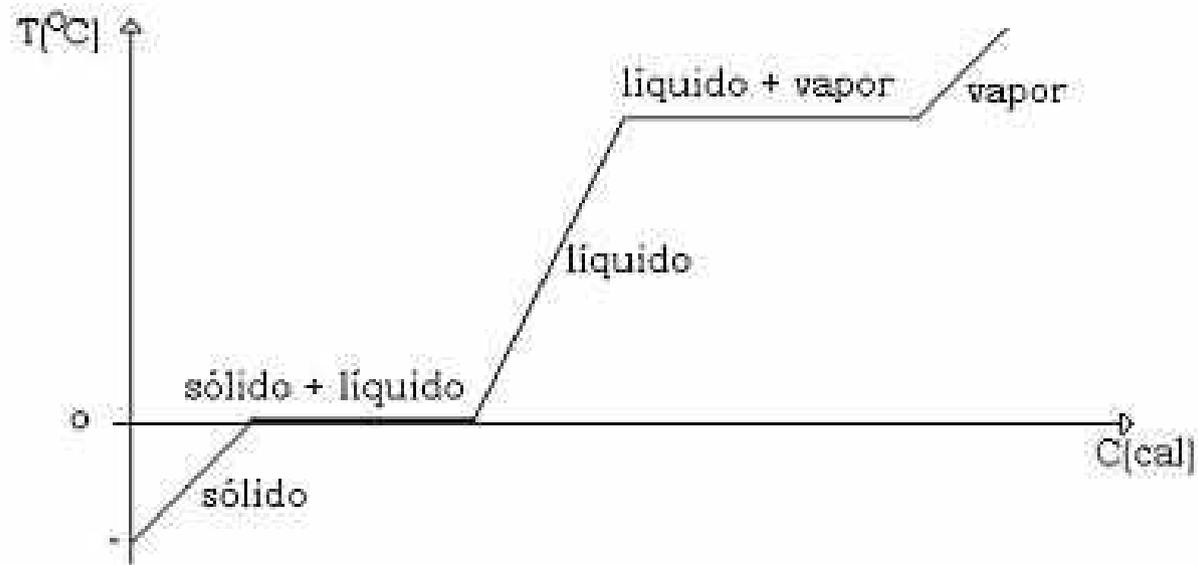
Suponha que um objeto **C** esteja em equilíbrio térmico simultaneamente com dois objetos **A** e **B**. A Lei Zero da Termodinâmica afirma:

- A) que o objeto **C** sempre estará em equilíbrio térmico com o objeto **A** e o objeto **B**.
- B) que **C** têm que transferir energia para ambos **A** e **B**
- C) que **A** está em equilíbrio térmico com **B**
- D) que **B** está em equilíbrio térmico **C** mas que **B** e **A** não estão em equilíbrio térmico.

Lei Zero da Termodinâmica

Dois sistemas em equilíbrio térmico com um terceiro sistema estão em equilíbrio térmico entre si.

Mudança de Fase



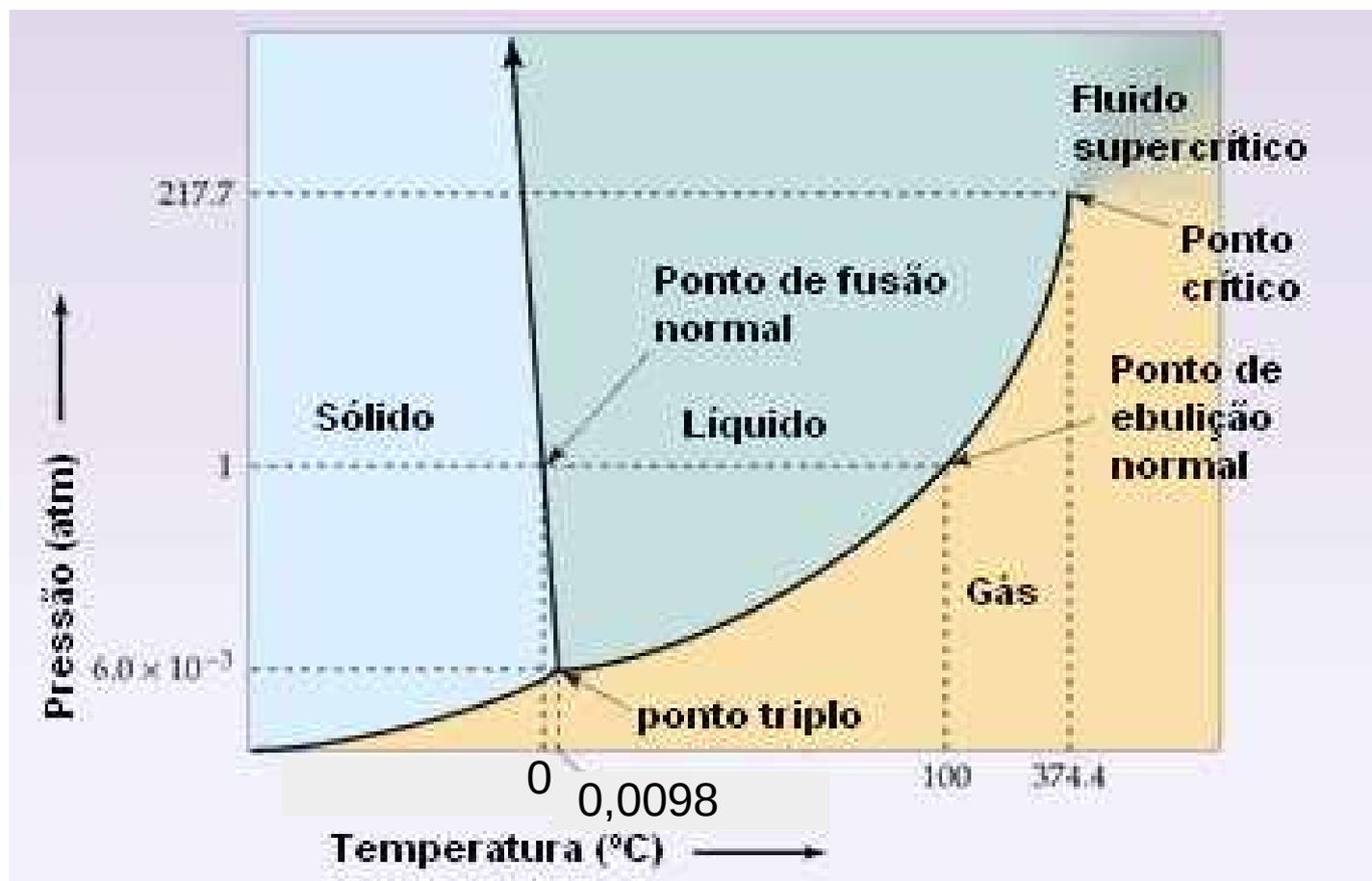
Teste Conceitual 3

O ponto triplo de uma substância é o ponto para o qual a temperatura e a pressão

- A) permitem a coexistência da substância nas formas sólida e líquida em equilíbrio
- B) permitem a coexistência da substância nas formas sólida e gasosa em equilíbrio
- C) permitem a coexistência da substância nas formas sólida, líquida e gasosa em equilíbrio
- D) permitem a coexistência da substância nas formas líquida e gasosa e fluida em equilíbrio

Mudança de Fase

Diagrama de fases da água



se aumentarmos a pressão em torno do ponto de fusão a Temperatura de fusão diminui.

Mudança de Fase

Diagrama de fases Gelo Seco

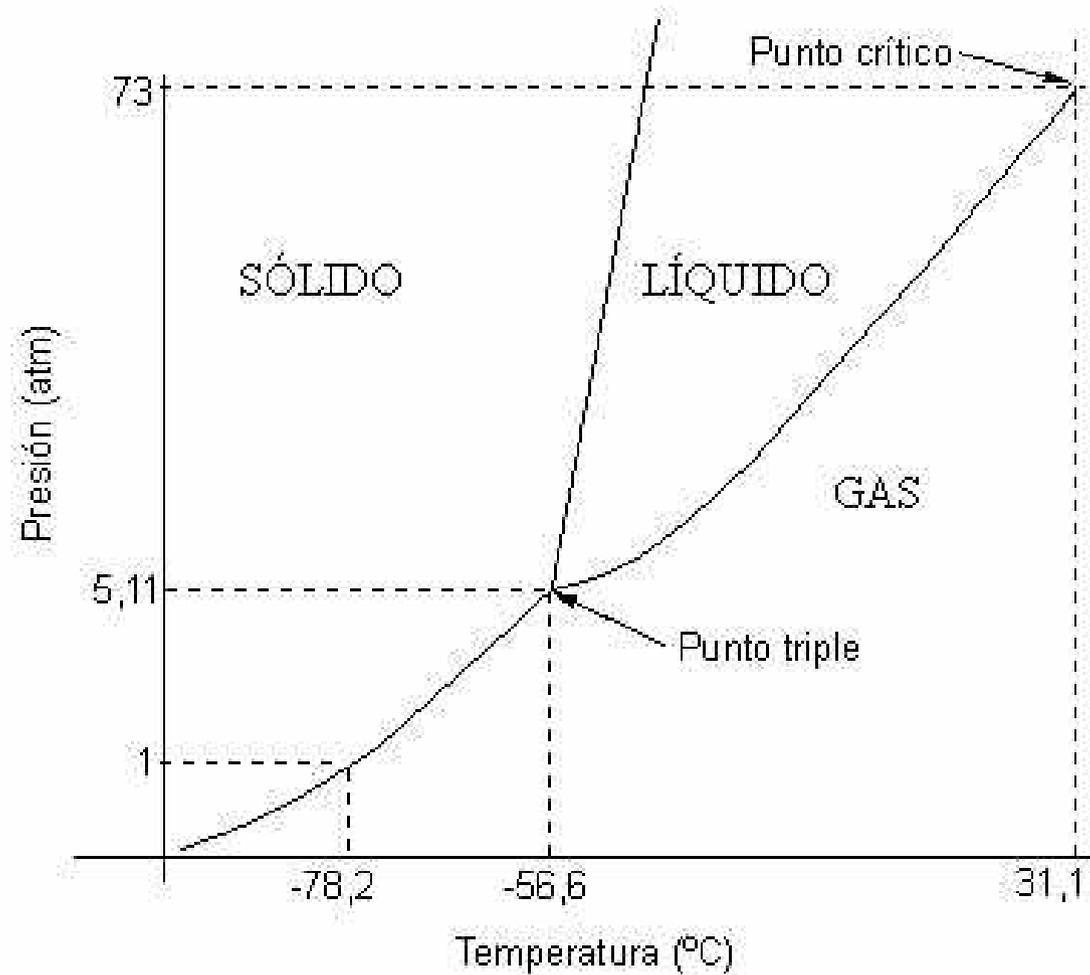


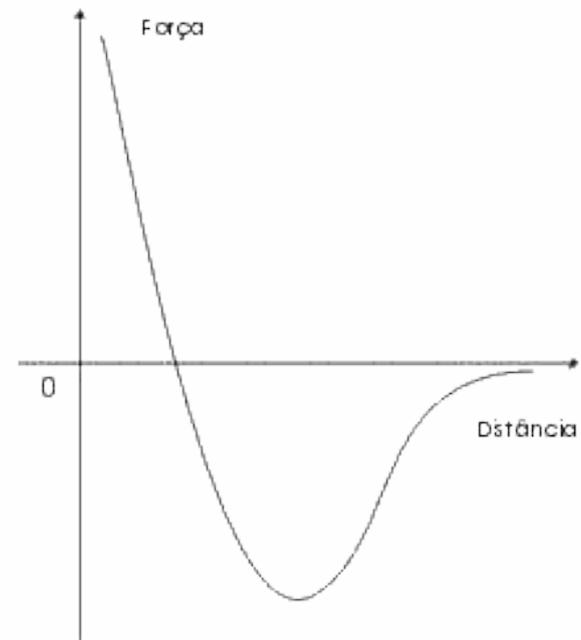
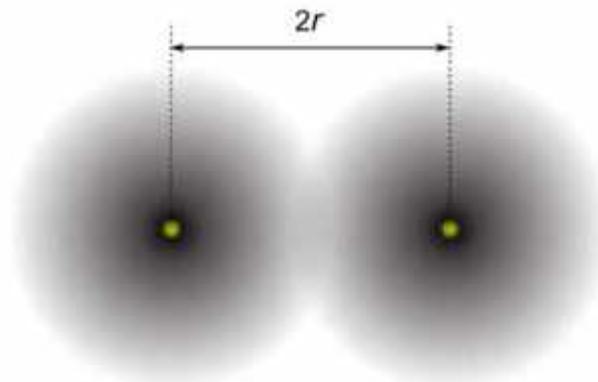
Fig.1: Diagrama de fases del CO₂

Descrição dos Gases

Descrição dos Gases

Modelo Atômico

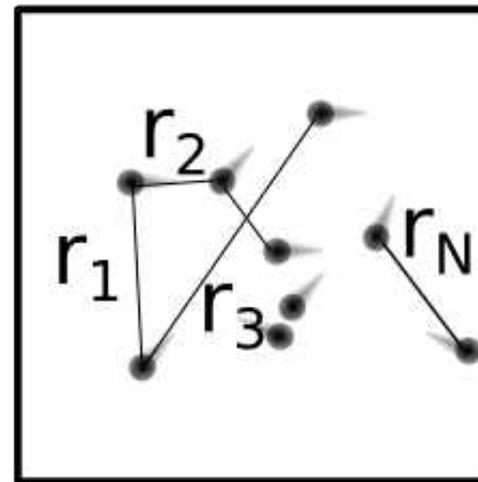
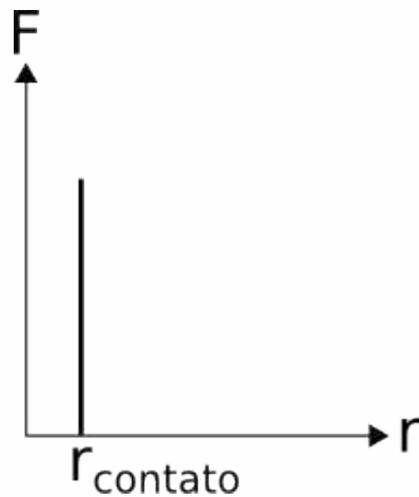
Da experiência cotidiana é mais fácil quebrar um objeto do que comprimi-lo...



Descrição dos Gases

Modelo Atômico: Gás Ideal

Em geral nos gases $r_1, r_2, \dots, r_N \ll r_{eq}$, isto é, praticamente não Existe interação entre as partículas quando não há colisão.



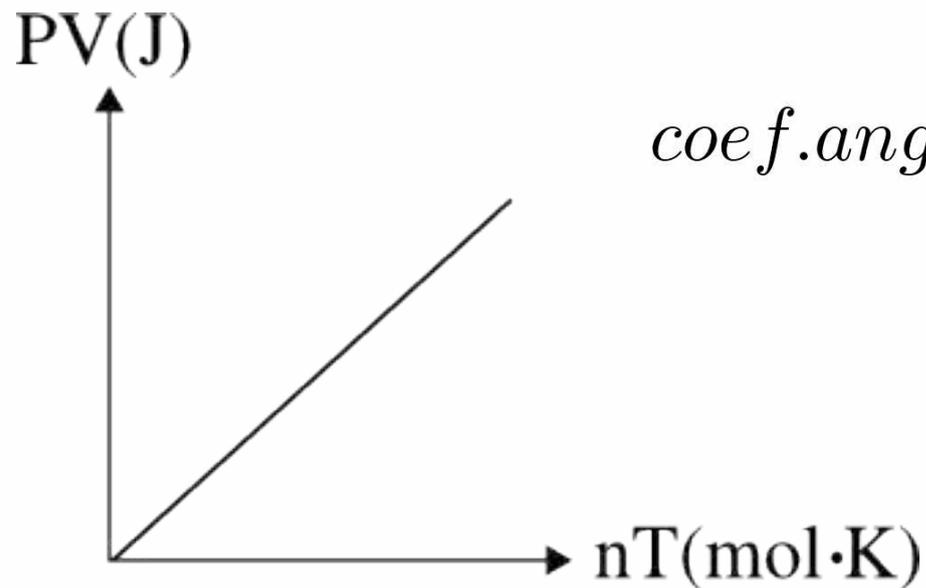
Modelo válido para:

- Baixa pressão
- $T \gg T_{\text{fusão}}$

Descrição dos Gases

Modelo Atômico: Gás Ideal

As Variáveis de estado: P, V, T e n não são independentes entre si.



$$\text{coef.ang} = R = 8,31 \frac{J}{\text{mol}\dot{K}}$$



$$PV = nRT$$

Descrição dos Gases

Modelo Atômico: Gás Ideal

$$PV = nRT$$

A eq. acima caracteriza o gás (em função das variáveis de estado P , V , T e n) no equilíbrio térmico.

Se o gás estiver confinado num recipiente:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0}$$

Problema:

**Qual a distância média entre as partículas
num gás nas CNTP?**

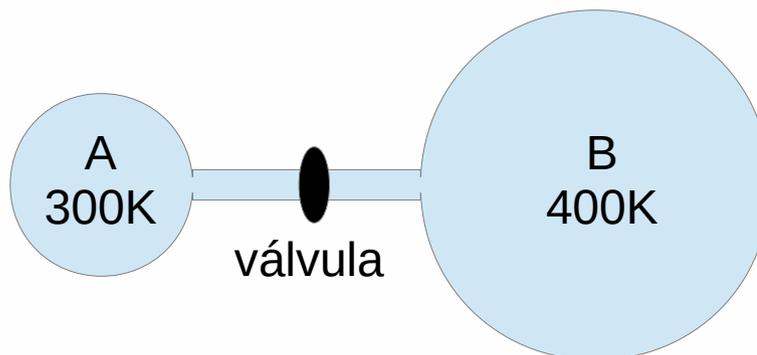
Dados:

CNTP = Condição Normal de Temperatura e Pressão
($P = 1,0 \text{ atm}$ e $T = 0^{\circ}\text{C}$)

Desafio: Para o Lar!

Os recipientes A e B da figura abaixo contêm os mesmos gases. O volume de B é quatro vezes maior que o volume de A. Os dois recipientes estão conectados por um tubo fino (de volume desprezível) e por uma válvula, que está fechada. O gás em A está a 300K e a pressão de $1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. O gás em B está a 400K e a pressão de $5,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Um sistema de controle de temperatura mantém a temperatura dos reservatórios inalteradas mesmo após a abertura da válvula.

Qual a pressão final do gás após a válvula ter sido aberta?

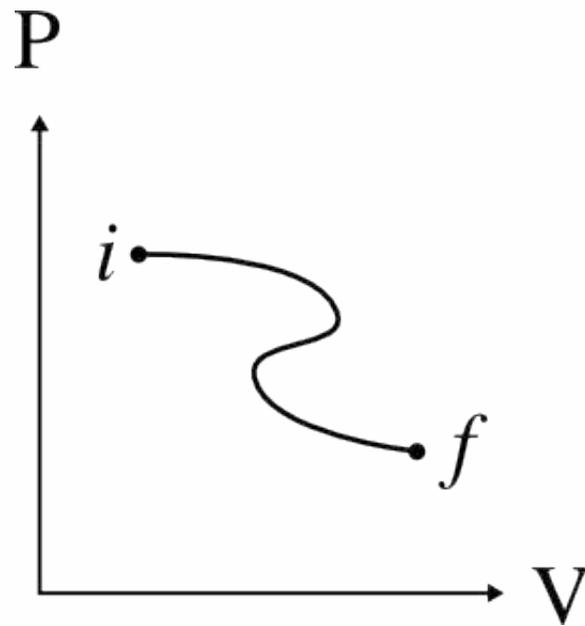


Descrição dos Gases

Modelo Atômico: Gás Ideal

Representando um processo de um gás..

$$P_0, V_0, T_0 \text{ e } n_0 \rightarrow P, V, T \text{ e } n.$$



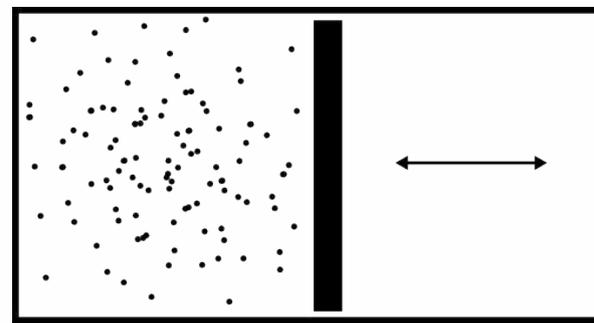
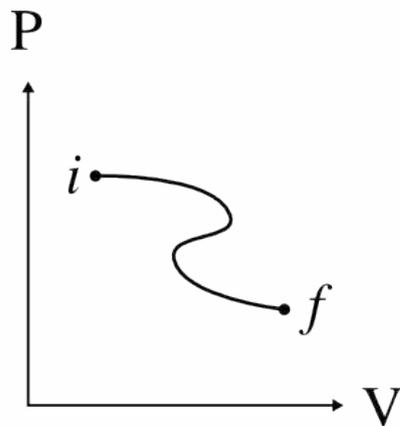
→ Processo Quase-Estático e reversível

Descrição dos Gases

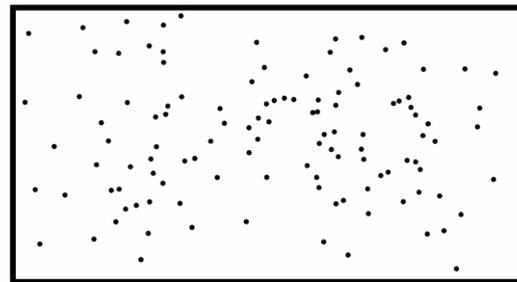
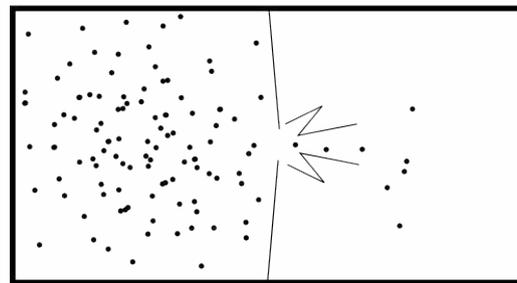
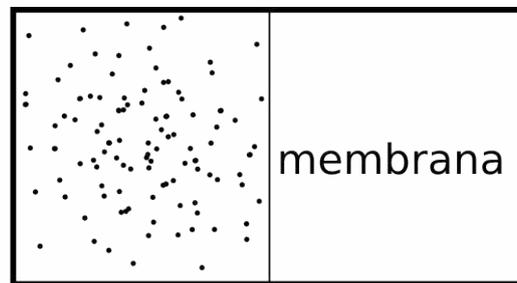
Modelo Atômico: Gás Ideal

Processo Quase-Estático

As variáveis de estado de um gás mudam durante um processo. Isto nos diz que o gás não está, efetivamente, em equilíbrio. Todavia, se o *processo for lento*, isto é, se a cada instante P , V e T estiverem muito próximo do equilíbrio, em outras palavras, se P , V e T estabilizarem assim que o processo for parado, a equação dos gases continua válida.

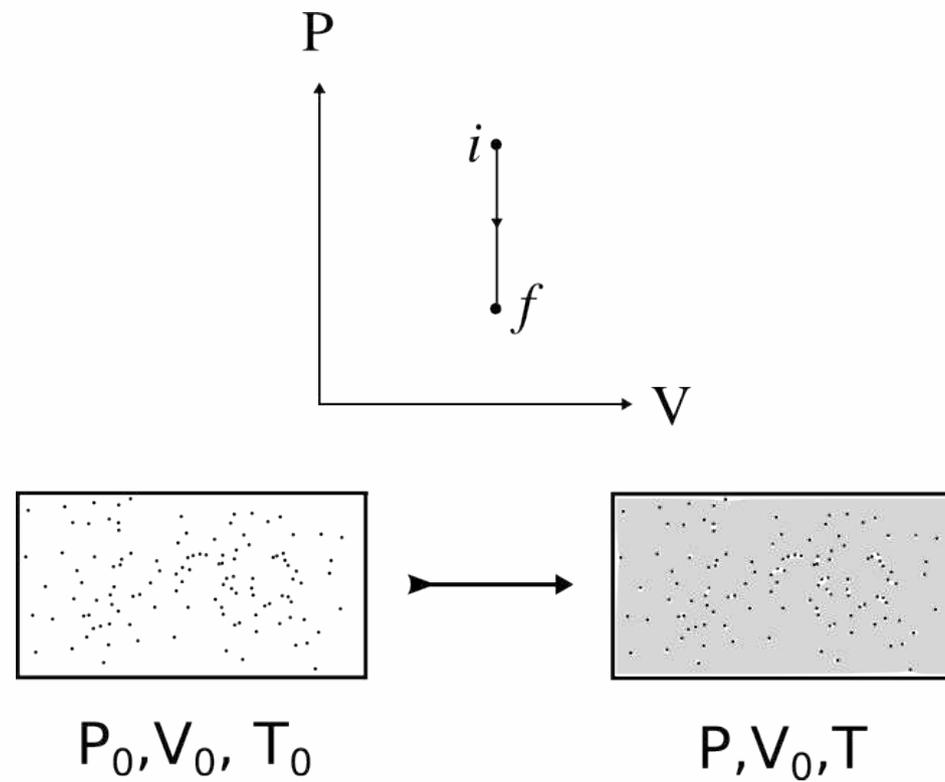


Processo irreversível

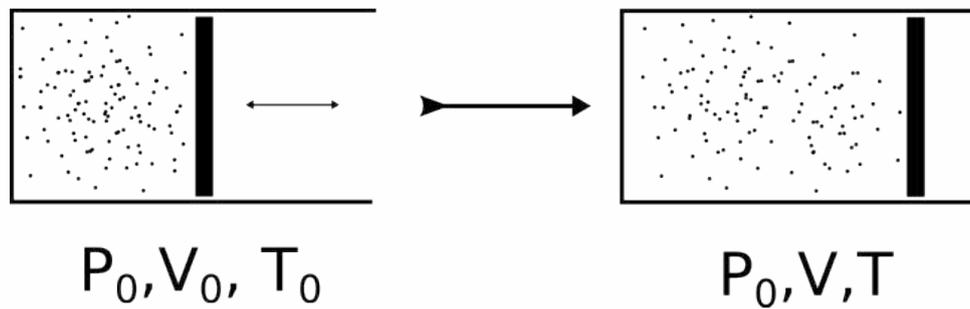
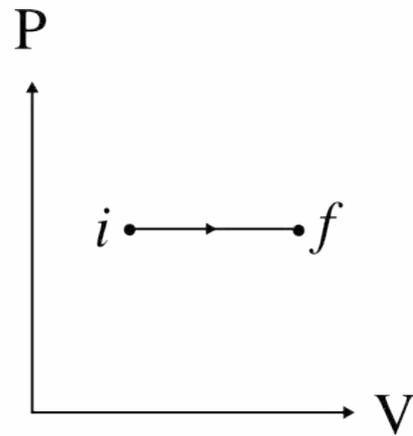


O processo não pode ser representado no diagrama PV!

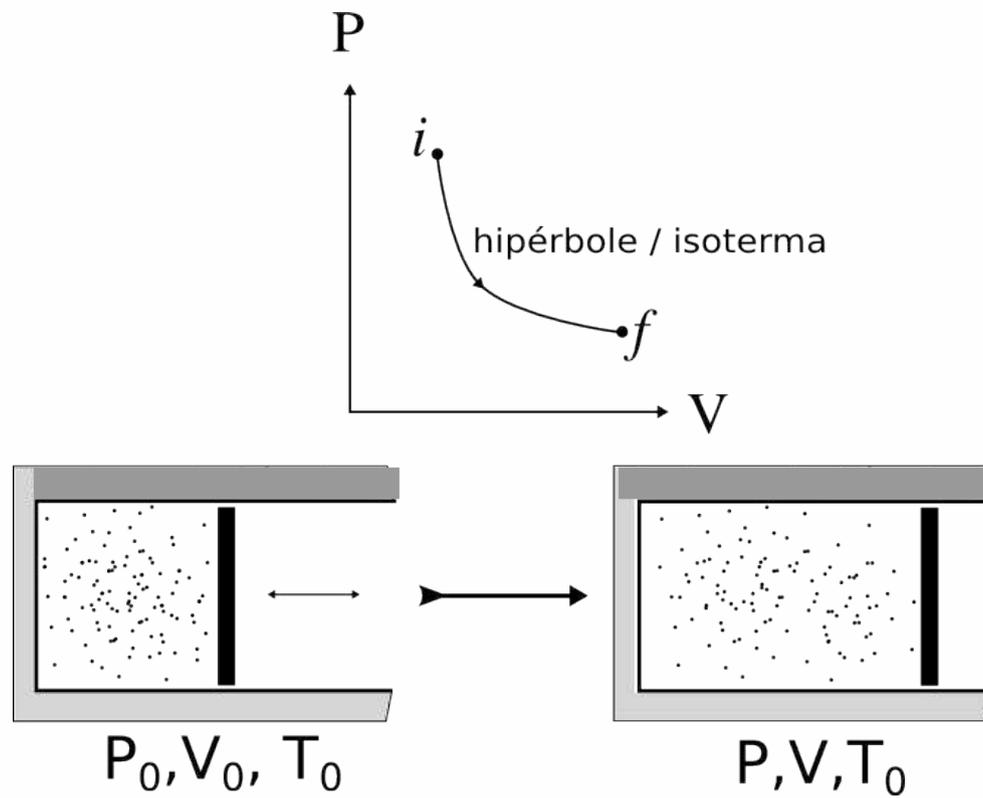
Processo Isocórico ou Isovolumétrico



Processo Isobárico



Processo Isotérmico



Teste Conceitual 4

Quando dois gases separados por uma parede diatérmica (transparentes ao calor) estão em equilíbrio térmico um com o outro:

- A) se somente suas pressões são iguais.
- B) se eles possuem o mesmo número de partículas
- C) se eles ocupam o mesmo volume e têm a mesma pressão
- D) se somente suas temperaturas são iguais.

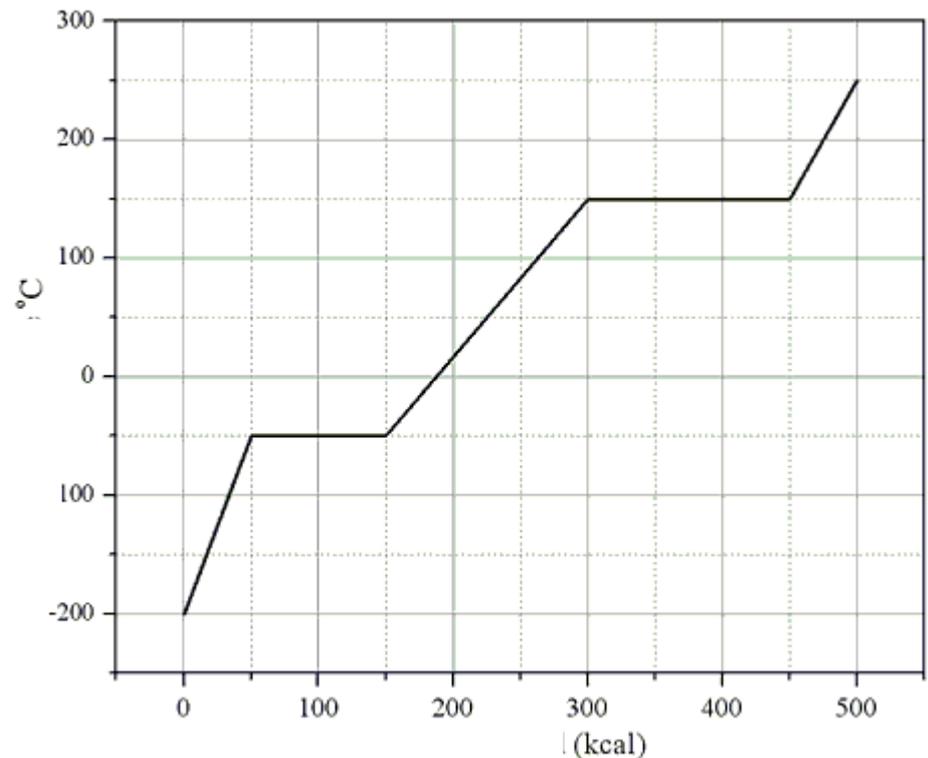
Teste Conceitual 5

Um balão de gás frio é colocado em uma sala quente. Ele não estará em equilíbrio térmico com o ar da sala até que

- A) ele suba até atingir o teto
- B) caia e fique em repouso no chão
- C) pare de expandir
- D) pare de se contrair

Teste Conceitual 6

Calor é adicionado a uma amostra sólida de 1,0 kg de um material a $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. A figura mostra a temperatura do material como uma função da adição de calor.

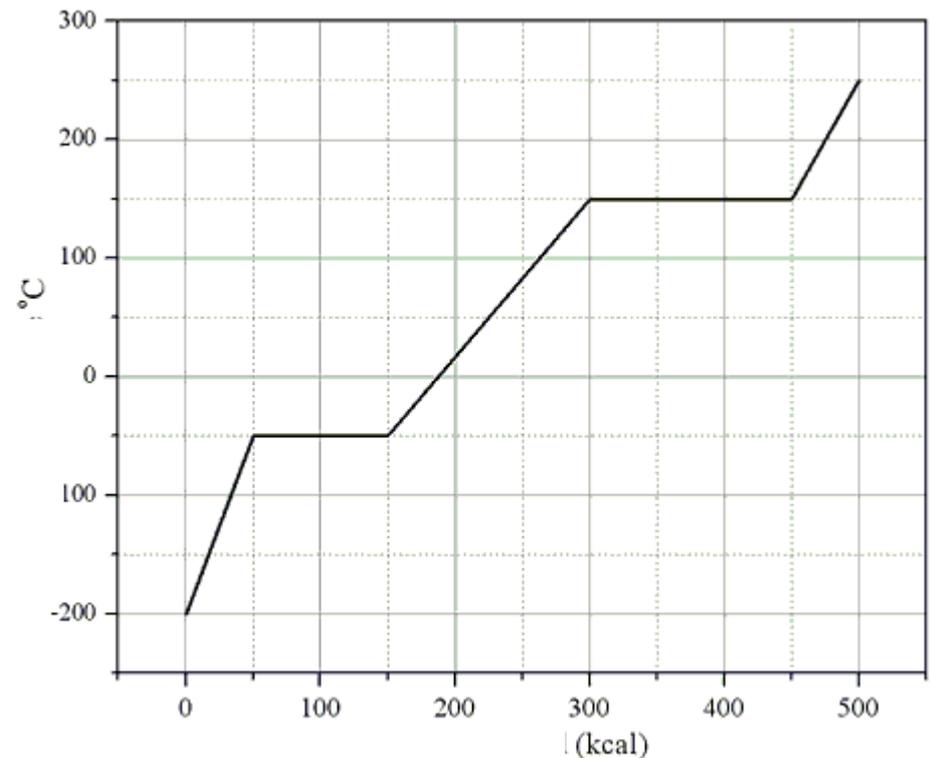


Qual das seguintes afirmações sobre esta substância é verdadeira?

- A) entra em ebulição a $300\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- B) É um líquido a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- C) pode coexistir como um sólido e um líquido à temperatura de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- D) pode existir como um sólido, líquido e gasoso a $150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Teste Conceitual 6

Calor é adicionado a uma amostra sólida de 1,0 kg de um material a $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. A figura mostra a temperatura do material como uma função da adição de calor.

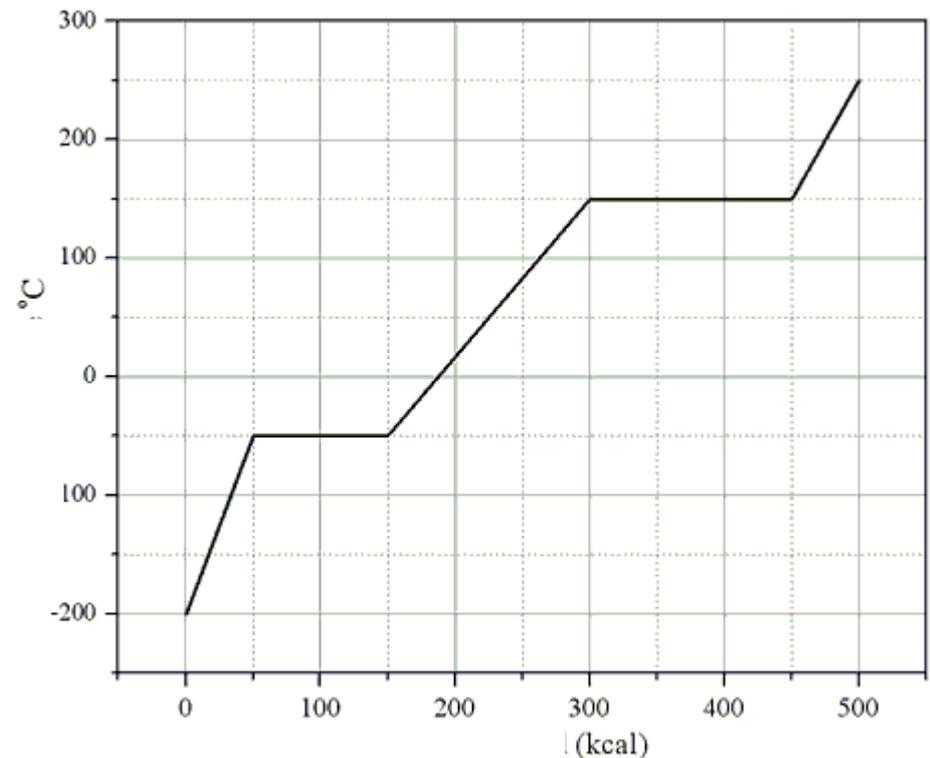


Qual das seguintes afirmações sobre esta substância é verdadeira?

- A) entra em ebulição a $300\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- B) É um líquido a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- C) **pode coexistir como um sólido e um líquido à temperatura de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.**
- D) pode existir como um sólido, líquido e gasoso a $150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Teste Conceitual 7

Calor é adicionado a uma amostra sólida de 1,0 kg de um material a $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. A figura mostra a temperatura do material como uma função da adição de calor.

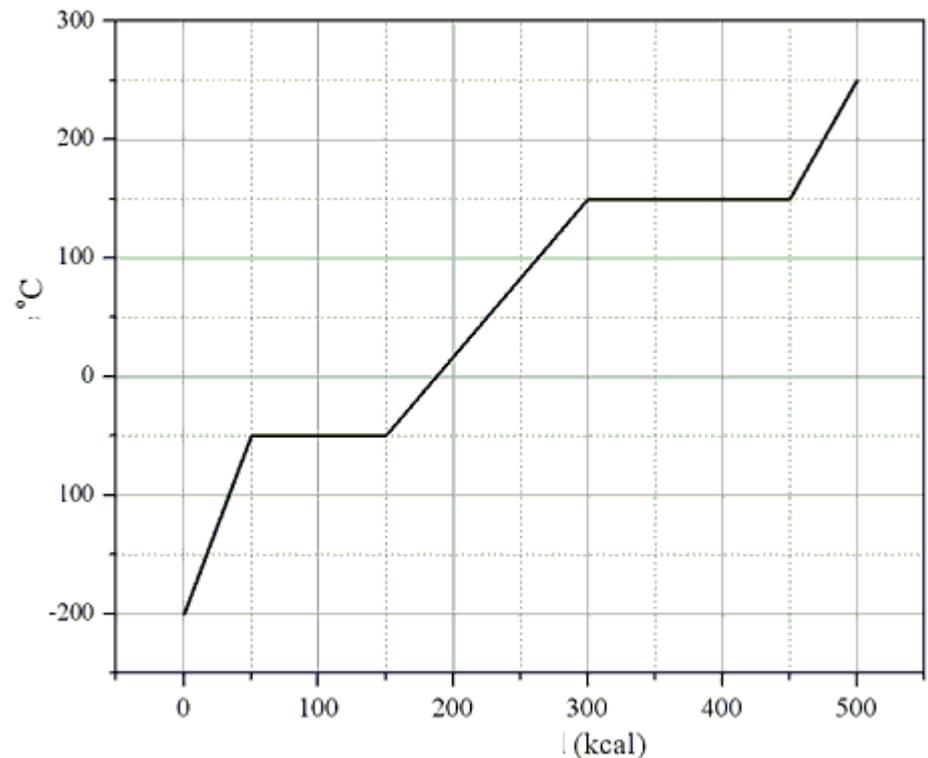


Qual é o calor latente de vaporização do material?

- A) de 50 cal / g
- B) 100 cal / g
- C) 150 cal / g
- D) 300 cal / g

Teste Conceitual 7

Calor é adicionado a uma amostra sólida de 1,0 kg de um material a $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. A figura mostra a temperatura do material como uma função da adição de calor.



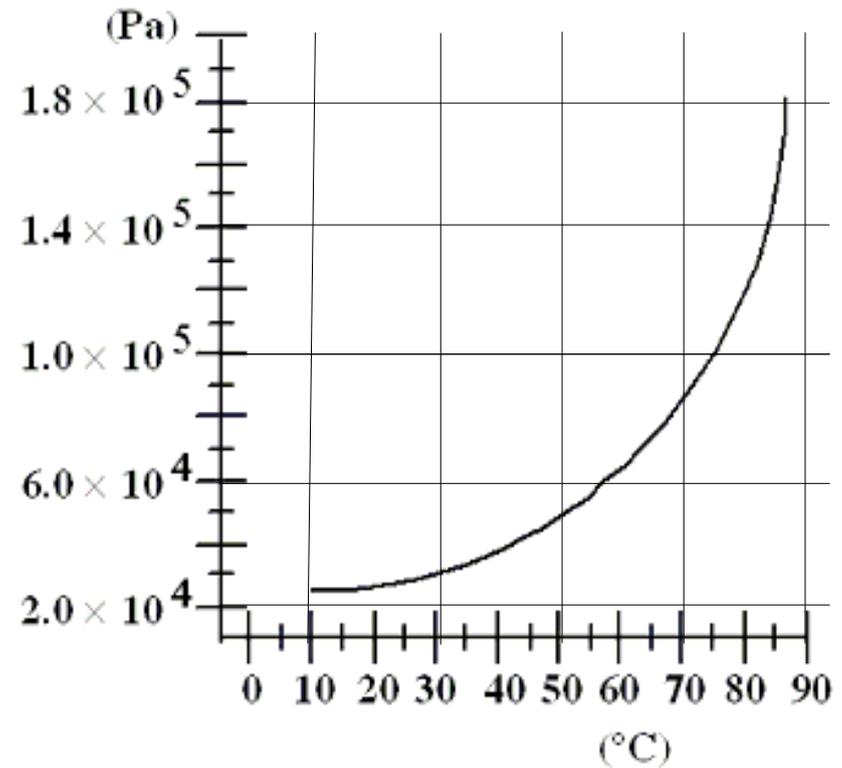
Qual é o Calor Latente de Vaporização do material?

- A) de 50 cal / g
- B) 100 cal / g
- C) 150 cal / g**
- D) 300 cal / g

Teste Conceitual 8

O gráfico mostra a curva líquido-vapor em função da temperatura para um determinado líquido dentro de um recipiente aberto. **Se o recipiente estiver aberto ao nível do mar, a que temperatura o líquido vai ferver?**

- A) 50 °C
- B) 65 °C
- C) 75 °C
- D) 85 °C



Teste Conceitual 8

O gráfico mostra a curva líquido-vapor em função da temperatura para um determinado líquido dentro de um recipiente aberto. **Se o recipiente estiver aberto ao nível do mar, a que temperatura o líquido vai ferver?**

- A) 50 °C
- B) 65 °C
- C) 75 °C**
- D) 85 °C

