



4300159 – Física do Calor

Calor e Mudança de Fase

Mudança de Fase

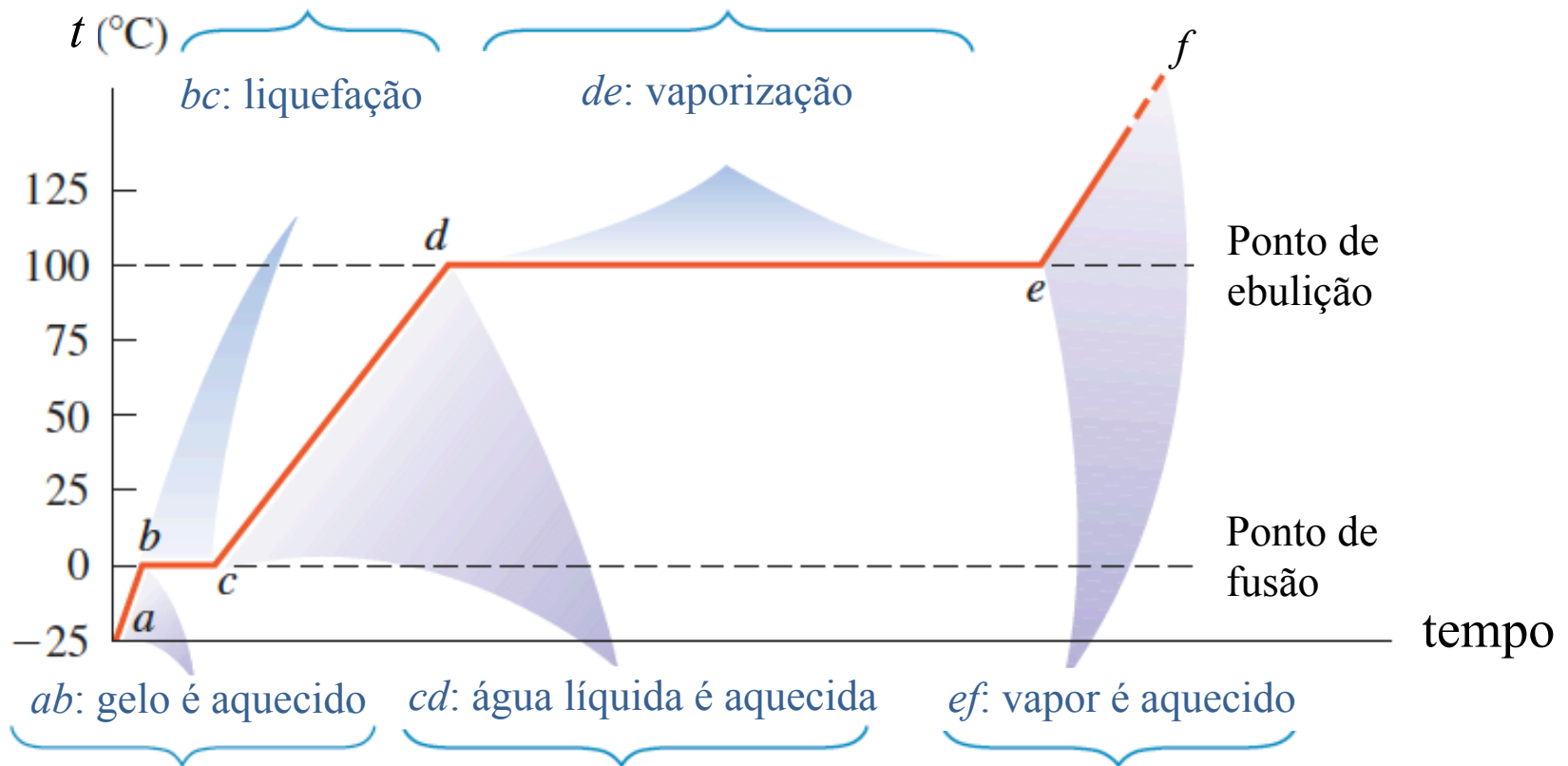
- Neste contexto, o termo *fase* se refere aos estados da matéria (sólido, líquido ou gasoso).
- Em determinadas condições de temperatura e pressão, o trânsito de energia (calor) não resulta em variação de temperatura, mas em *mudança de fase*.



- Mantendo a pressão constante, e adicionando calor *lentamente* (sistema próximo ao equilíbrio térmico), a temperatura permanece constante até que todo o gelo derreta.

Mudança de Fase

- No exemplo abaixo, calor é transferido lentamente à água (inicialmente gelo a -25°C).

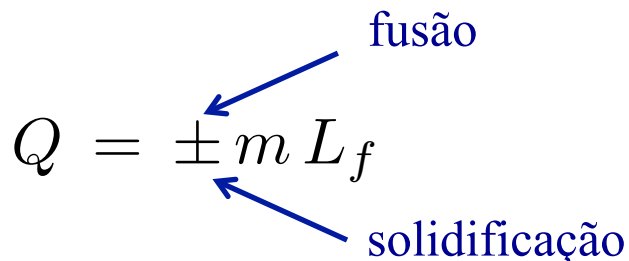


Calor Latente

– Mudanças de fase de substâncias puras são caracterizadas pelo *calor latente* (L), definido com a energia necessária para promover a mudança de fase de uma unidade de massa da substância.

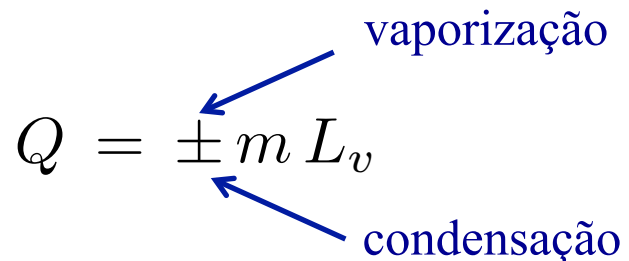
$$Q = m L$$

– Na situação considerada (sistema próximo ao equilíbrio térmico), as mudanças de fase são reversíveis, de forma que a mesma energia é necessária para fundir/solidificar ou evaporar/condensar.

$$Q = \pm m L_f$$


fusão

solidificação

$$Q = \pm m L_v$$


vaporização

condensação

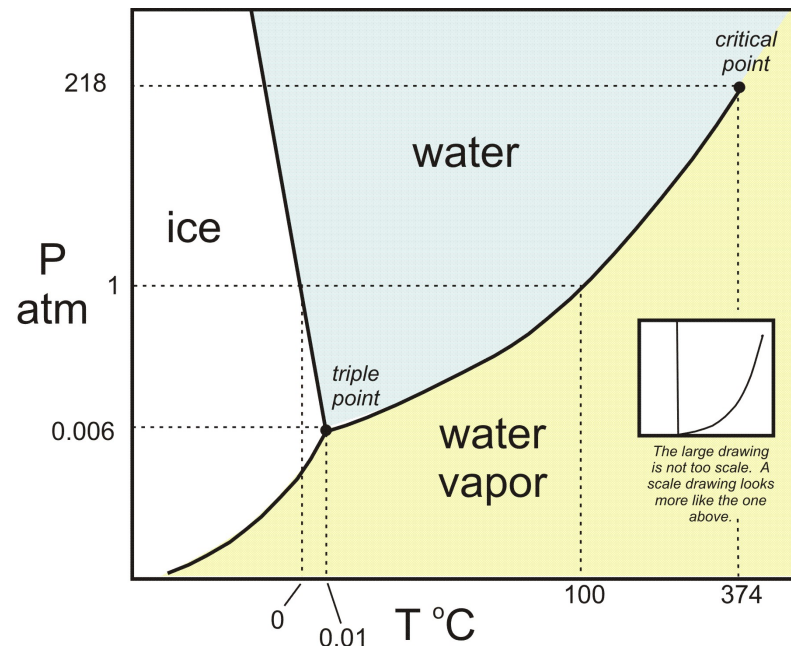
Q1) No interior de um recipiente isolante térmico, são misturados gelo a 0°C e água a 0°C , sendo a pressão 1 atm. O que acontece?

- (a) A água congela, aumentando a quantidade de gelo.
- (b) O gelo derrete, aumentando a quantidade de água líquida.
- (c) As massas de gelo e água permanecem as mesmas.

i) A água e o gelo estão isolados do entorno e em equilíbrio térmico (entre si), não havendo sentido preferencial para trânsito de energia em nível macroscópico (isto é, o calor não se transfere preferencialmente da água para o gelo ou do gelo para a água).

ii) As transferências de energia em nível microscópico não devem aumentar/diminuir de forma significativa as quantidades de água e gelo.

Nessa situação de equilíbrio térmico, a água e o gelo coexistem, sendo correta a alternativa (c).



Q2) Uma pedra de gelo, cuja temperatura é -20°C , é adicionada e uma caixa de isopor, onde há cerca de dois litros de água a 0°C . O que acontece no interior da caixa? Admita pressão atmosférica.

- (a) O gelo aquece até derreter completamente.
- (b) A água esfria até que equilíbrio térmico se estabeleça.
- (c) Parte da água congela, aumentando a quantidade de gelo, até que o equilíbrio térmico se estabeleça.
- (d) Energia se transfere da água para o gelo.
- (e) Energia se transfere do gelo para a água.

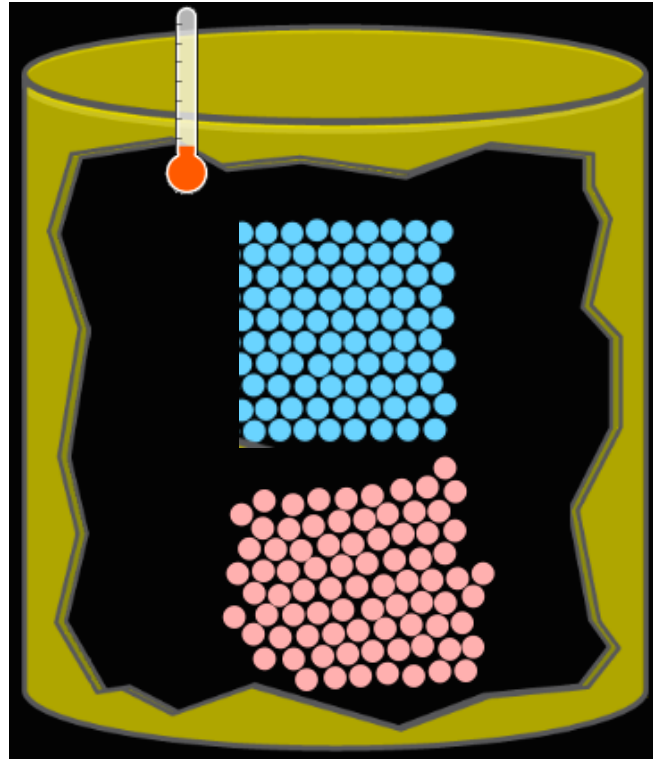
i) Água e gelo fora do equilíbrio térmico, embora isolados do entorno, de forma que há transferência de calor, necessariamente da água (maior temperatura) para o gelo.

ii) A água está na condição de transição de fase. Portanto, ao ceder calor, irá solidificar-se (congelar), mantendo-se a 0°C .

iii) O gelo irá aquecer até 0°C , havendo então equilíbrio entre água e gelo.

Portanto, as alternativas (c) e (d) estão corretas.

Modelo Microscópico



<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/states-of-matter>

P1) Uma substância tem as seguintes propriedades à pressão atmosférica:

Ponto de fusão, $T_f = 20^\circ\text{C}$.

Calor latente de fusão, $L_f = 39 \text{ kJ/kg}$.

Ponto de ebulição, $T_v = 150^\circ\text{C}$.

Calor latente de vaporização, $L_v = 78 \text{ kJ/kg}$.

Calor específicos: 600 J/K.kg na fase sólida, 1000 J/K.kg na fase líquida e 400 J/K.kg na fase gasosa.

A energia necessária para elevar a temperatura de 3.80kg da substância de -6°C a 128°C é, aproximadamente:

(a) 620 kJ

(b) 470 kJ

(c) 560 kJ

(d) 210 kJ

(e) 770 kJ

Aquecimento do sólido: $Q_1 \approx 59 \text{ kJ}$

Fusão: $Q_2 \approx 148 \text{ kJ}$

Aquecimento do líquido: $Q_3 \approx 410 \text{ kJ}$

Total: $Q_1 + Q_2 + Q_3 \approx 617 \text{ kJ}$

Alternativa (a).