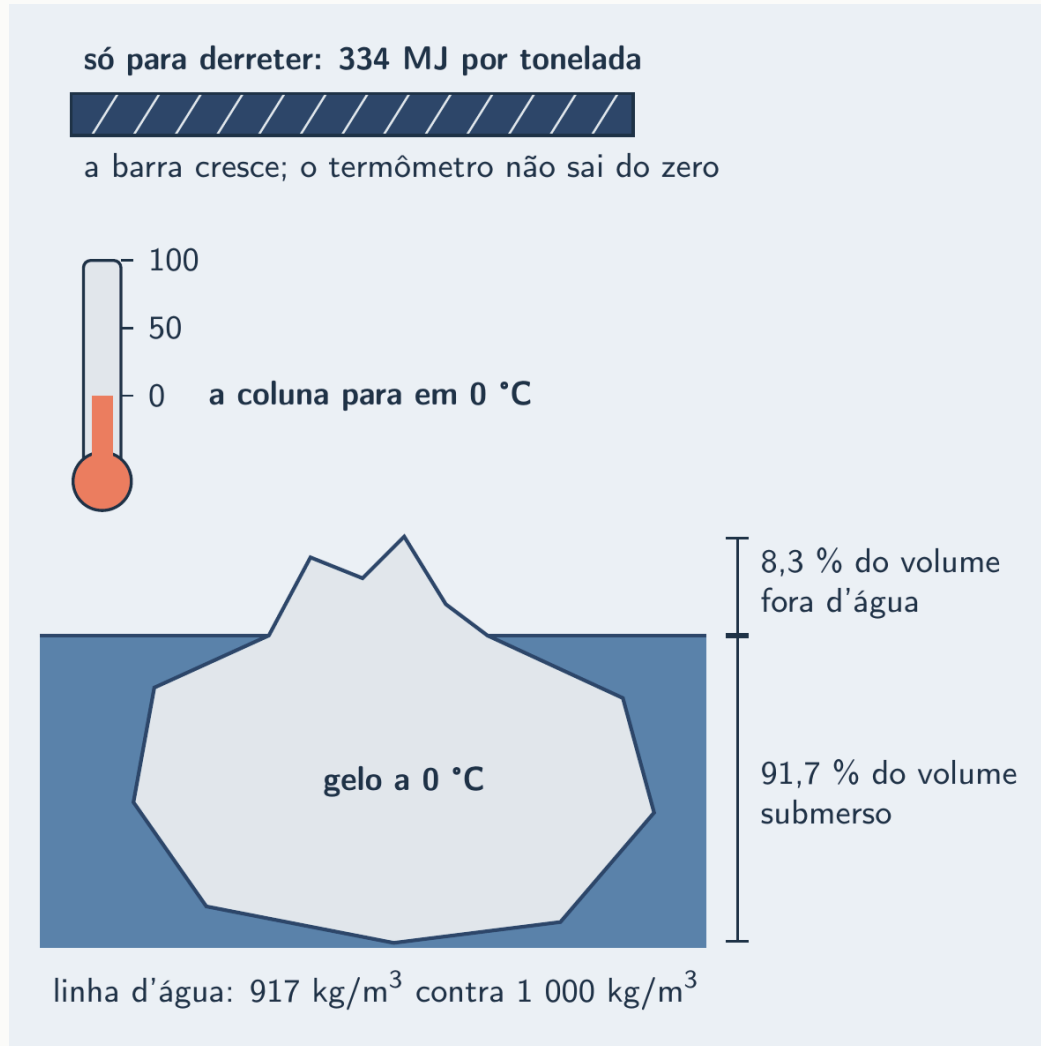


Termodinâmica I · Episódio 8

O iceberg que rouba calor sem esquentar

Calor latente e mudanças de fase

O caso

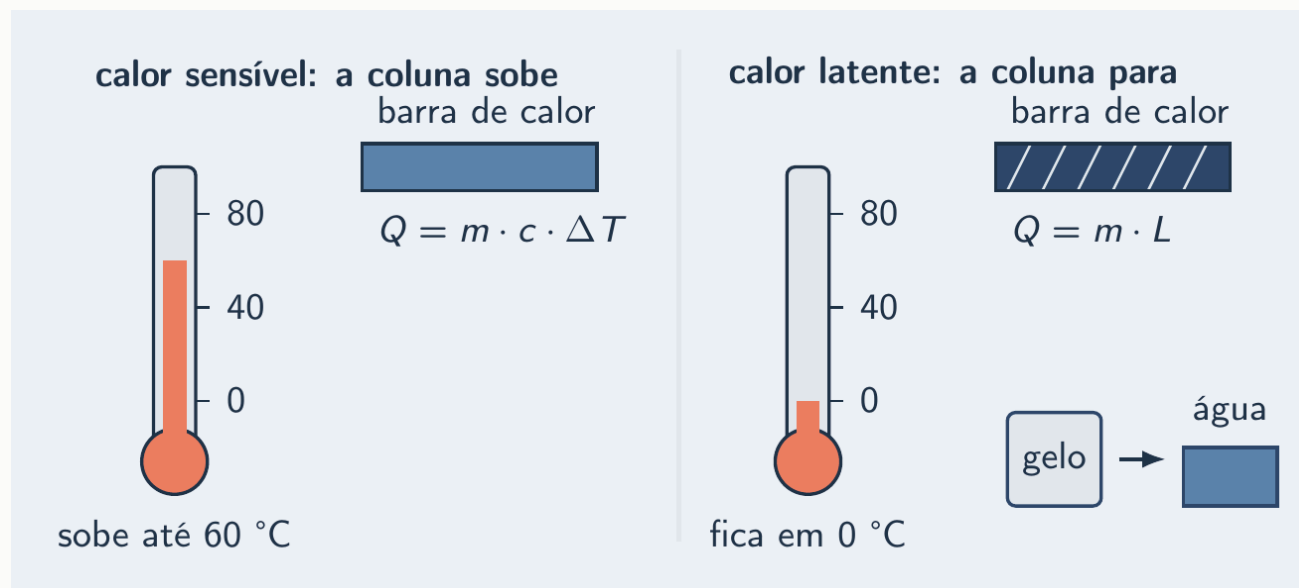


- Atlântico Norte, 14/04/1912, 23h40
- só **8,3%** do gelo fora d'água (917 contra 1 000 kg/m³)
- 1 t de gelo a 0 °C pede **334 MJ** só para derreter
- 80 kg de água fervente até 0 °C: só 33,5 MJ

Pergunta do episódio

Para onde vai o calor que entra no gelo sem mexer no termômetro?

Conceito 1 – Calor latente



- latente: "escondido":
termômetro não acusa
 $Q = m L$
- L em J/kg ou cal/g
- fase muda, temperatura **constante**

Exemplo resolvido – a tonelada de gelo

1 000 kg de gelo a 0 °C viram água a 0 °C; $L = 334 \text{ kJ/kg}$

Fórmula:

$$Q = m L$$

Substituição:

$$Q = 1\,000 \cdot 334\,000$$

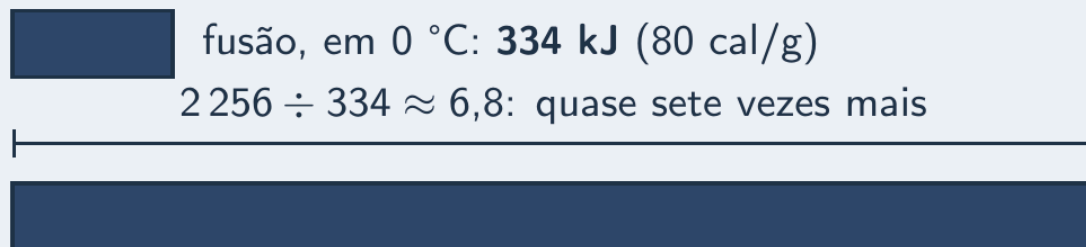
Resultado:

$$Q = \mathbf{3,34 \times 10^8 \text{ J}}$$

- isto é, 334 MJ, recebidos

Conceito 2 – Os dois pedágios da água

1 kg de água: os dois pedágios, na mesma escala



vaporização, em 100 °C: **2 256 kJ** (540 cal/g)

calor é barra: cresce quando o corpo recebe, encolhe quando cede

- fusão a 0 °C: **334 kJ/kg**, ou **80 cal/g**
- vaporização a 100 °C: **2 256 kJ/kg**, ou **540 cal/g**
- ida: Q positivo · volta: Q negativo, mesmo L

Exemplo resolvido – chuveiro fervendo 1 kg

Chuveiro de 5 500 W, 1 kg de água já a 100 °C, tudo vira vapor

Fórmula:

$$\Delta t = \frac{m L}{P}$$

Substituição:

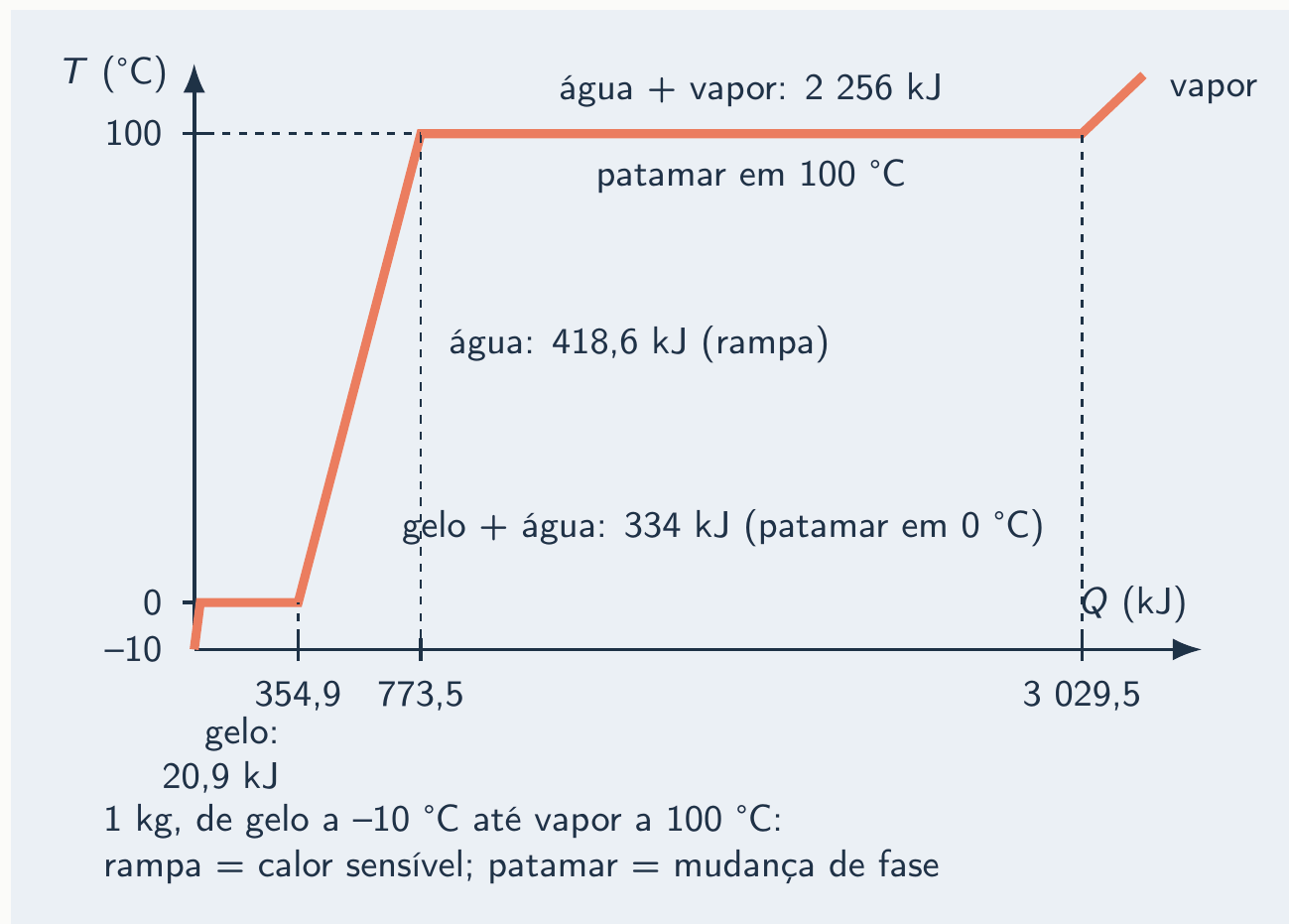
$$\Delta t = \frac{1 \cdot 2\,256\,000}{5\,500}$$

Resultado:

$$\Delta t \approx \mathbf{410\,s}$$

- cerca de 6,8 min

Conceito 3 – Curva de aquecimento



- **rampa**: calor sensível ·
inclinação $\frac{1}{m c}$
- **patamar**: troca de fase ·
comprimento $m L$
- patamar baixo: fusão ·
patamar alto: ebulição

Exemplo resolvido – L lido no gráfico

100 g de substância; primeiro patamar dura 8 000 cal

Fórmula:

$$L = \frac{Q}{m}$$

Substituição:

$$L = \frac{8\,000}{100}$$

Resultado:

$$L = 80 \text{ cal/g}$$

- fusão

Conceito 4 – O gelo como ralo de calor

extrato de calor, na mesma escala

1 t de gelo, derretendo a 0 °C — recebe



80 kg de água fervente, de 100 a 0 °C — cede



$$334 \div 33,5 \approx 10$$

dez para um

sinal declarado: recebe $Q > 0$, cede $Q < 0$

- gelo não "faz frio": **recebe** calor sem esquentar
- isopor: cada grama derretido puxa 80 cal
- sinal antes da conta: quem cede tem $Q < 0$

Exemplo resolvido – a água fervente

80 kg de água esfriam de 100 °C a 0 °C; $c = 4\,186 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

Fórmula:

$$Q = m c \Delta T$$

Substituição:

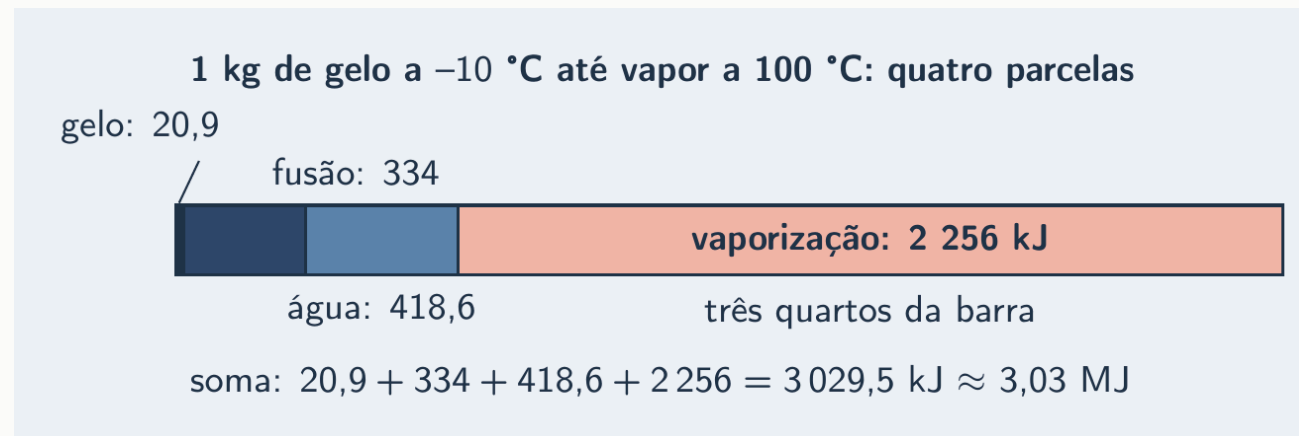
$$Q = 80 \cdot 4\,186 \cdot (0 - 100)$$

Resultado:

$$Q \approx -3,35 \times 10^7 \text{ J}$$

- isto é, -33,5 MJ · o gelo leva 10 vezes isso

Conceito 5 – Sensível + latente



- uma parcela por trecho da curva
- rampa: $m c \Delta T$ (c da fase) ·
patamar: $m L$
- desenhar a curva **antes** de somar

Exemplo resolvido – do gelo ao vapor (1/2)

1 kg de gelo a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ até vapor a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ · gelo esquenta e derrete

Fórmula:

$$Q_1 = m c_{\text{gelo}} \Delta T_1$$

$$Q_2 = m L_{\text{fus}}$$

Substituição:

$$Q_1 = 1 \cdot 2\,090 \cdot 10$$

$$Q_2 = 1 \cdot 334\,000$$

Resultado:

$$Q_1 = 20\,900\text{ J}$$

$$Q_2 = 334\,000\text{ J}$$

Exemplo resolvido – do gelo ao vapor (2/2)

Água esquentada de 0 a 100 °C e vira vapor

Fórmula:

$$Q_3 = m c_{\text{água}} \Delta T_2$$

$$Q_4 = m L_{\text{vap}}$$

Substituição:

$$Q_3 = 1 \cdot 4\,186 \cdot 100$$

$$Q_4 = 1 \cdot 2\,256\,000$$

Resultado:

$$Q_3 = 418\,600 \text{ J}$$

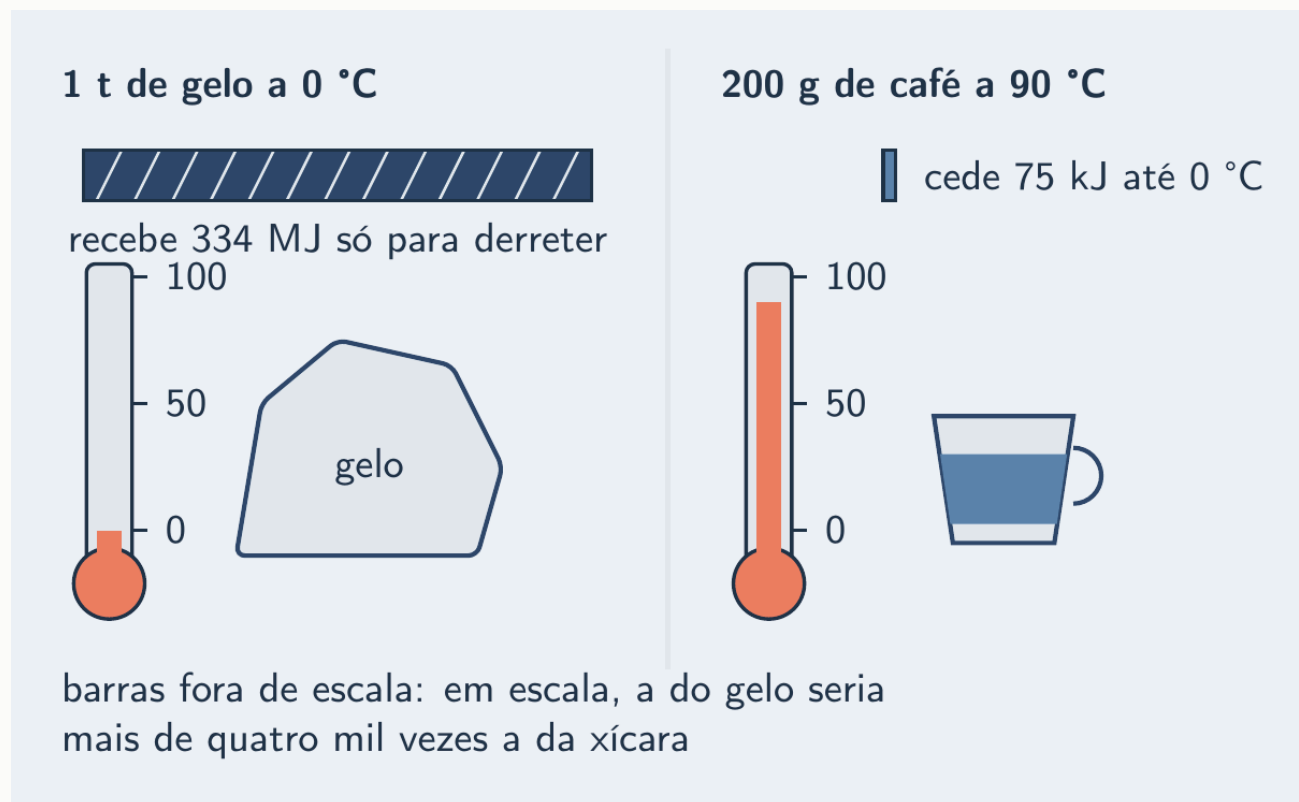
$$Q_4 = 2\,256\,000 \text{ J}$$

- soma das quatro:

$$Q = 3\,029\,500 \text{ J} \approx \mathbf{3,03 \text{ MJ}}$$

- 74% é vapor

Conceito 6 – Temperatura não é energia



- suor que **evapora** leva cerca de 540 cal/g da pele
- temperatura: sentido do fluxo
 - energia: quanto flui
- iceberg a 0 °C > xícara a 90 °C em energia

Exemplo resolvido — a xícara de café

200 g de café a 90 °C esfriam até 0 °C; $c = 4\,186 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

Fórmula:

$$Q = m c \Delta T$$

Substituição:

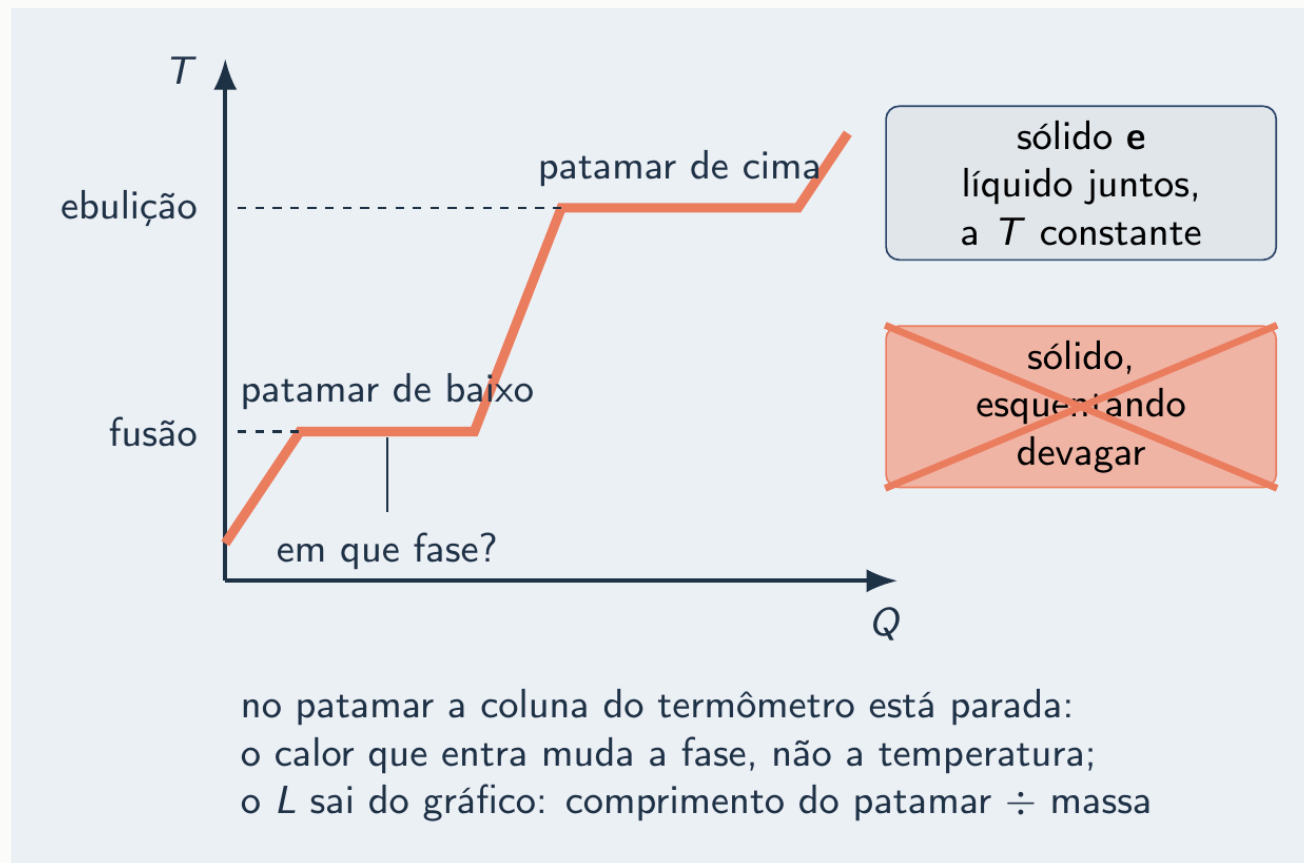
$$Q = 0,2 \cdot 4\,186 \cdot (0 - 90)$$

Resultado:

$$Q \approx \textbf{−75 kJ}$$

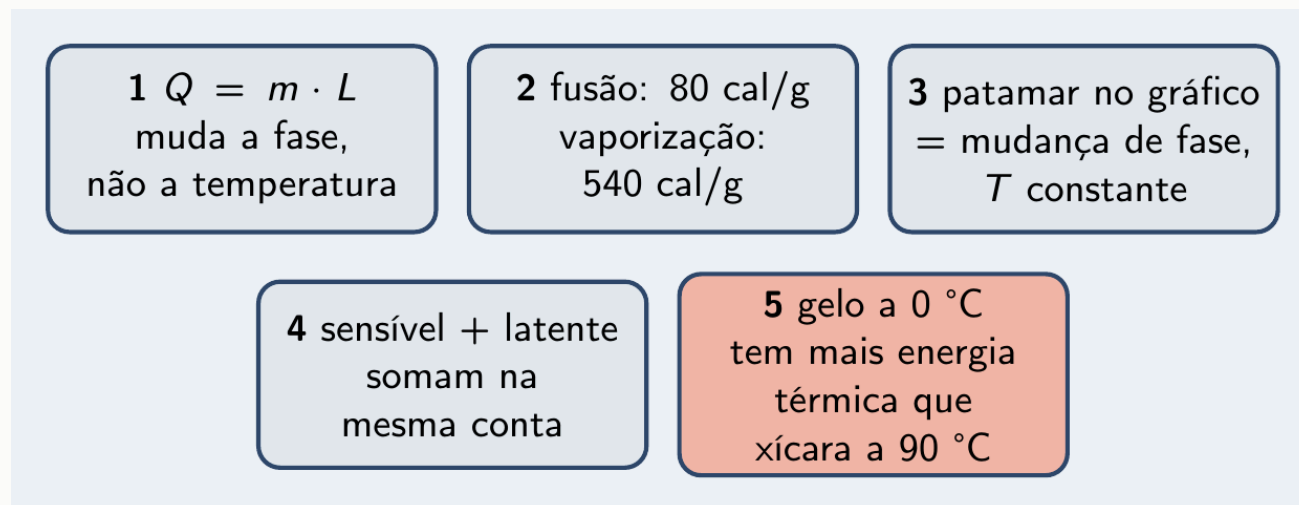
- 334 MJ do gelo: cerca de 4 450 xícaras

Radar ENEM



- ✗ no patamar a temperatura sobe devagar
- ✗ esquecer a rampa do gelo ou a fusão
- ✗ misturar kg com cal/g (erro de mil)
- ✗ 8 000 cal como resposta (não dividiu por m)
- ✓ patamar: duas fases juntas, T constante

Resumo em cinco peças



1. $Q = m L$: fase muda, T fica
2. água: 80 e 540 cal/g
3. rampa sensível · patamar latente
4. somar parcela por trecho
5. temperatura não mede energia

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/t1/c8/lista>

Canarinho · lista do Episódio 8

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/t1/c8/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/t1/c8/lista>

Livro da minissérie



Com QR em cada capítulo, que
leva ao vídeo e à lista daquele
tema.

<https://professorcanario.com.br/termodinamica1/li>
[vro/](#)