

3^a

Série

Física

**MATERIAL
DIGITAL**

Calor latente: mudança de estado e a energia envolvida

**2º bimestre
Aula 2**

**Ensino
Médio**

Secretaria da
Educação



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Conteúdos

- Calorimetria.

Objetivos

- Compreender o conceito de calor latente em diversas situações físicas;
- Compreender a noção de equilíbrio térmico com mudanças de estado físico.

Mudanças de estado

Nas condições comuns de temperatura e pressão do planeta Terra, as substâncias podem apresentar três estados físicos, sólido, líquido e gasoso, e podem mudar de um estado físico para outro.

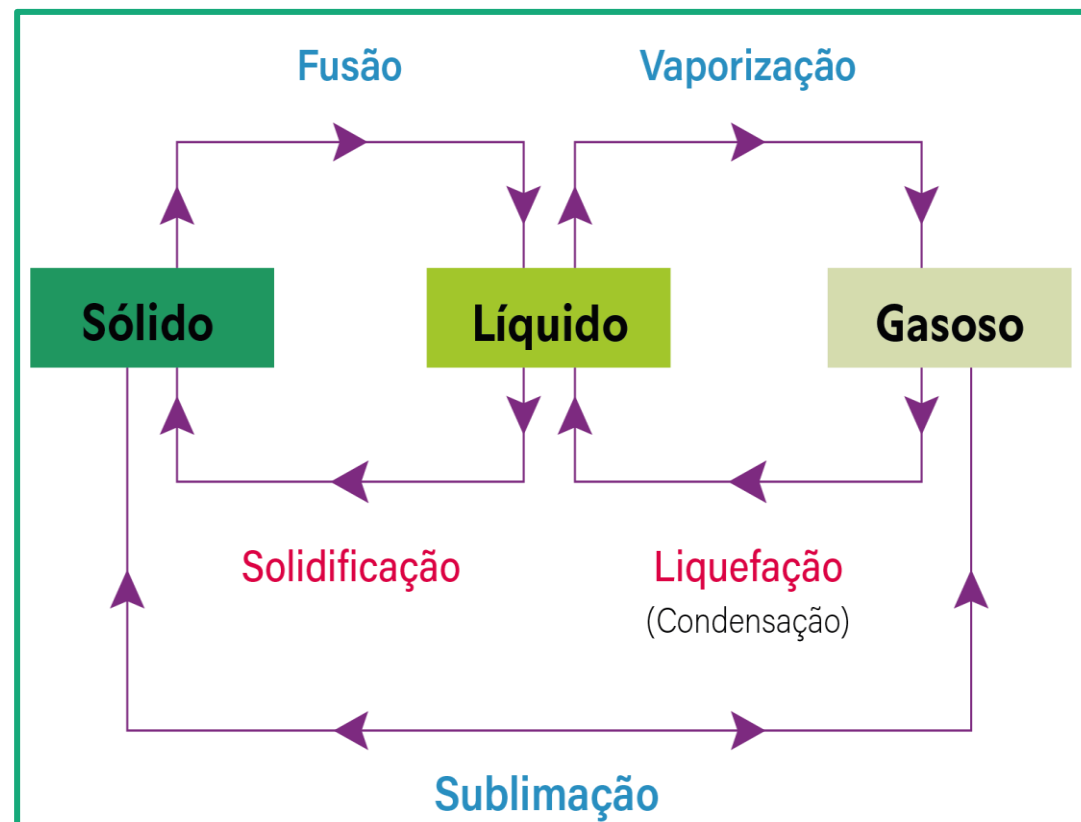
O que acontece com uma substância quando ela muda de um estado físico para outro?

O que é necessário para que essa mudança de estado físico aconteça?

VIREM E CONVERSEM



 5 minutos



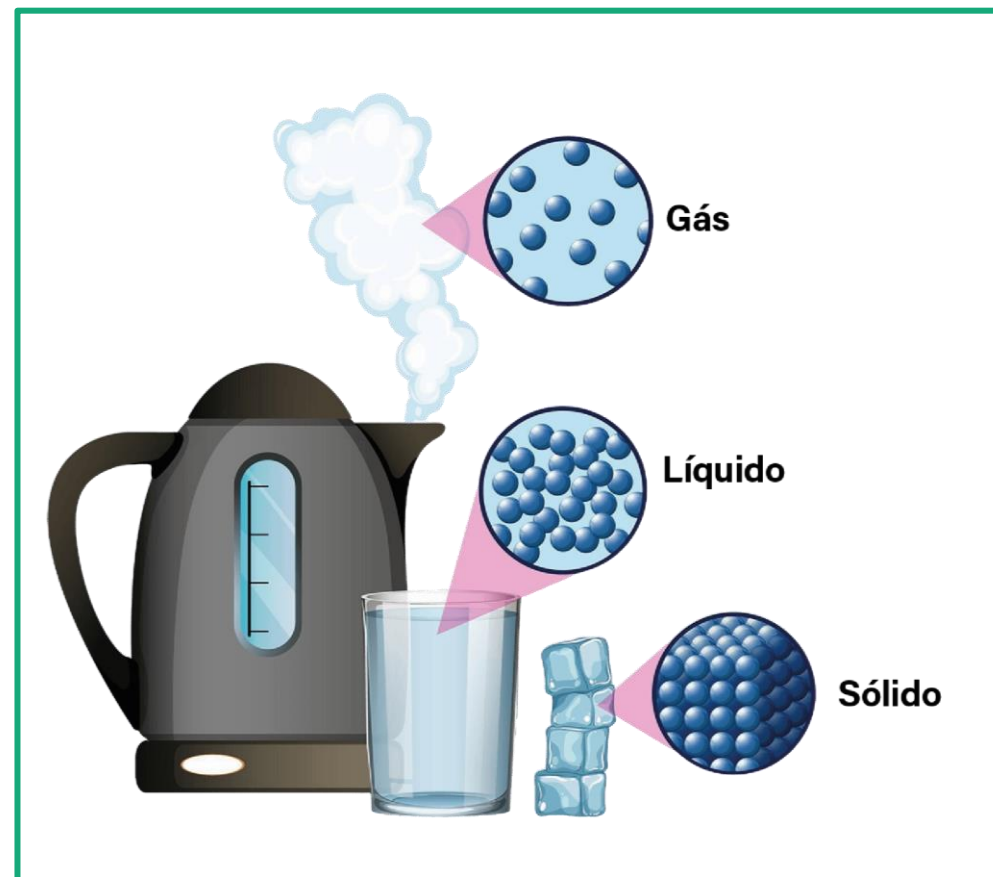
Mudanças de fase de uma substância

Produzido pela SEDUC-SP.

Calor latente

Um corpo, a uma certa temperatura e pressão, encontra-se em um determinado estado de agregação (líquido, por exemplo). Conforme aqueçamos ou esfriemos o corpo, o **estado de agitação das partículas (temperatura) sofrerá variações**.

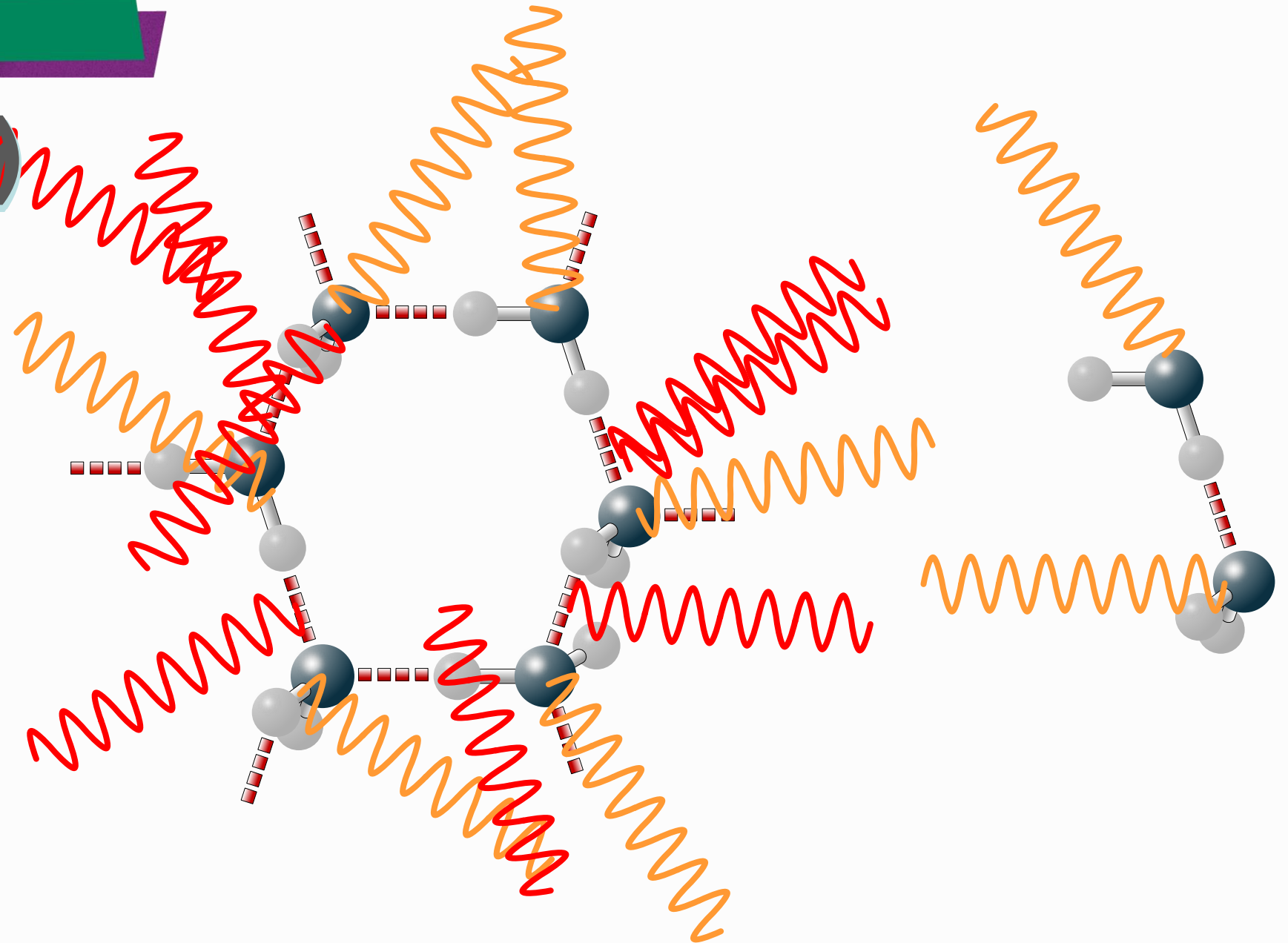
Porém, há um limite para essa variação, que corresponde à mudança de estado físico. Esse limite depende do material do corpo e da pressão exercida sobre ele. Por exemplo, a água, sob pressão de 1 atmosfera, sofre mudanças de estado físico a 0°C e a 100°C .



Representação dos três estados da matéria

Produzido pela SEDUC-SP com imagem © Freepik.

H_2O (g)
líquida



Produzido pela SEDUC-SP com imagem © Freepik.

Mudanças de estados

A quantidade de calor necessária para provocar uma mudança de estado é diretamente proporcional à massa da porção do corpo que passa pela transformação. Considerando que m seja a massa de um corpo que precise de uma quantidade Q_l de calor (calor latente) para sofrer uma mudança completa de estado, podemos dizer que:

$$\begin{array}{c} \text{Massa do} \\ \text{corpo} \\ \swarrow \\ Q = m \cdot L \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{Quantidade de} \quad \text{Calor latente de} \\ \text{calor} \quad \text{mudança de fase} \end{array}$$

$$L = \frac{Q}{m} \rightarrow \begin{array}{c} \boxed{\frac{\text{cal}}{\text{g}}} \\ \text{usual} \end{array} \text{ ou } \begin{array}{c} \boxed{\frac{\text{J}}{\text{kg}}} \\ \text{S.I.} \end{array}$$

O calor latente de fusão-solidificação da água, a **0 °C**, vale **80 cal/g**, e o calor latente de vaporização-liquefação, a **100 °C**, vale 540 cal/g, aproximadamente.

Destaque

O calor latente de fusão-solidificação de um corpo pode ser entendido como a quantidade de calor necessária para que cada unidade de massa mude de estado físico, seja para passar do sólido para o líquido (fusão) ou do líquido para o sólido (solidificação).

Na prática

TODO MUNDO ESCRIVE



Atividade 1



Veja no livro!

Dentro de uma panela, que está sendo aquecida no fogão, há 500 mL de água em ebulição. Calcule a quantidade de calor necessária para vaporizar toda a água, dado que o calor latente de vaporização da água é de 540 cal/g.



5 minutos



Água fervendo em uma panela

Reprodução – TOMWSULCER/WIKIMEDIA COMMONS, 2013. Disponível em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Water_boiling_in_a_pot_on_a_stove.jpg. Acesso em: 17 out. 2024.



Correção

Como a água está mudando de estado físico, do líquido para o gasoso (vaporização), não há mudança de temperatura. Portanto, para calcular a quantidade de calor necessária para evaporar toda a água, devemos usar a expressão do calor latente. Sabendo que o calor latente de vaporização da água (L) é de 540 cal/g, e que a massa da água é 500 g, temos:

$$Q_L = m \cdot L$$

$$Q_L = 500 \cdot 540$$

$$Q_L = 270\,000 \text{ cal}$$



Pause e responda

Analise a afirmativa a seguir e responda se ela é verdadeira ou falsa: “Enquanto a água do exercício anterior fervia, sua temperatura aumentava cada vez mais!”.

Verdadeira

Falsa

Continua





Correção

Analise a afirmativa a seguir e responda se ela é verdadeira ou falsa: “Enquanto a água do exercício anterior fervia, sua temperatura aumentava cada vez mais!”.



Verdadeira

Falsa

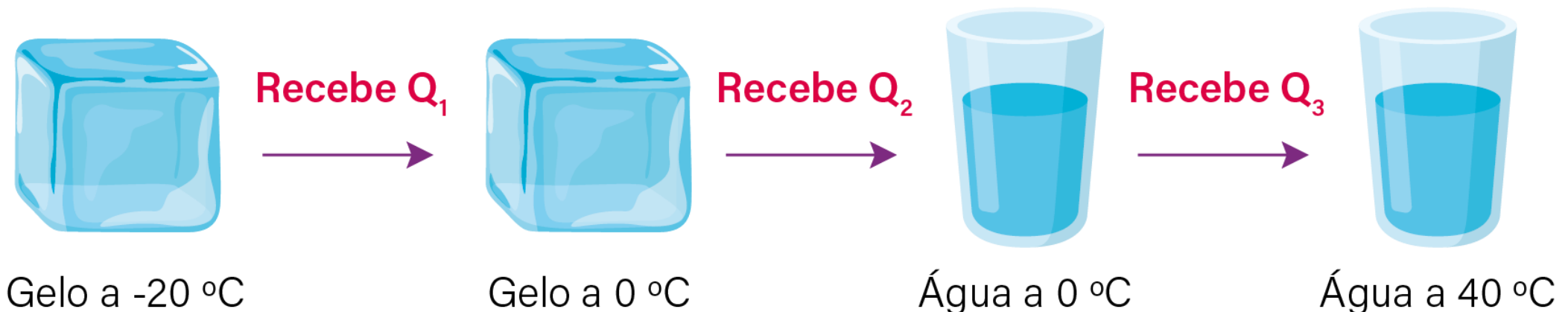


Calor Latente

Do ponto de vista **microscópico**, o calor latente pode ser entendido como a conversão da energia térmica, das moléculas de uma dada substância, em energia potencial de agregação. Essa transformação muda o arranjo físico das moléculas, provocando uma **mudança do estado físico** da substância, como do sólido para o líquido (fusão), **sem alterar a temperatura**. Para entender melhor, considere o exemplo ilustrado abaixo: um bloco de gelo, de massa 10 g, inicialmente a -20°C , é aquecido até se transformar completamente em água a 40°C . Vamos calcular a quantidade total de calor necessária para realizar essa transformação.

Dados:

$$c_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}; c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}; L_{\text{fusão}} = 80 \text{ cal/g}$$



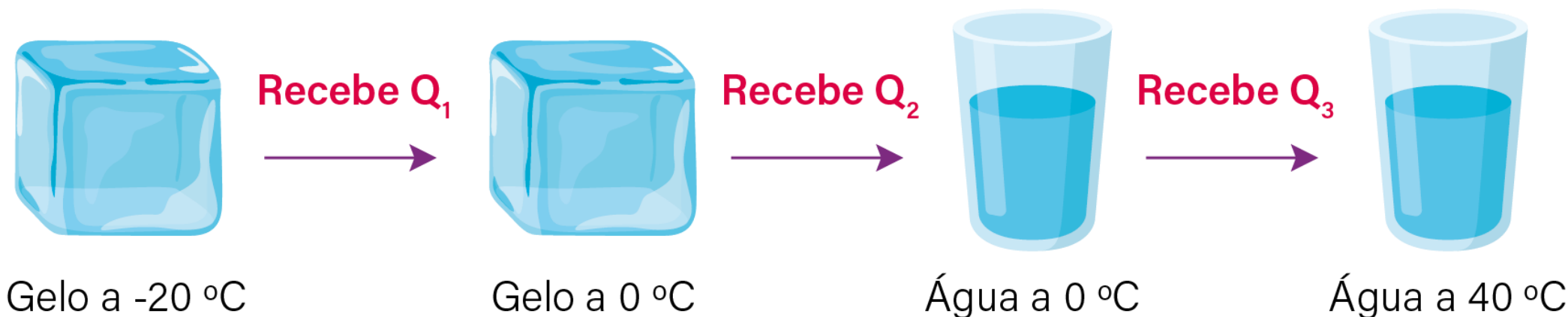


Calor latente

Para calcular a quantidade de calor necessária para transformar 10 g de gelo, inicialmente a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, em água líquida, a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, usaremos as fórmulas de calor sensível e latente. Assim, teremos:

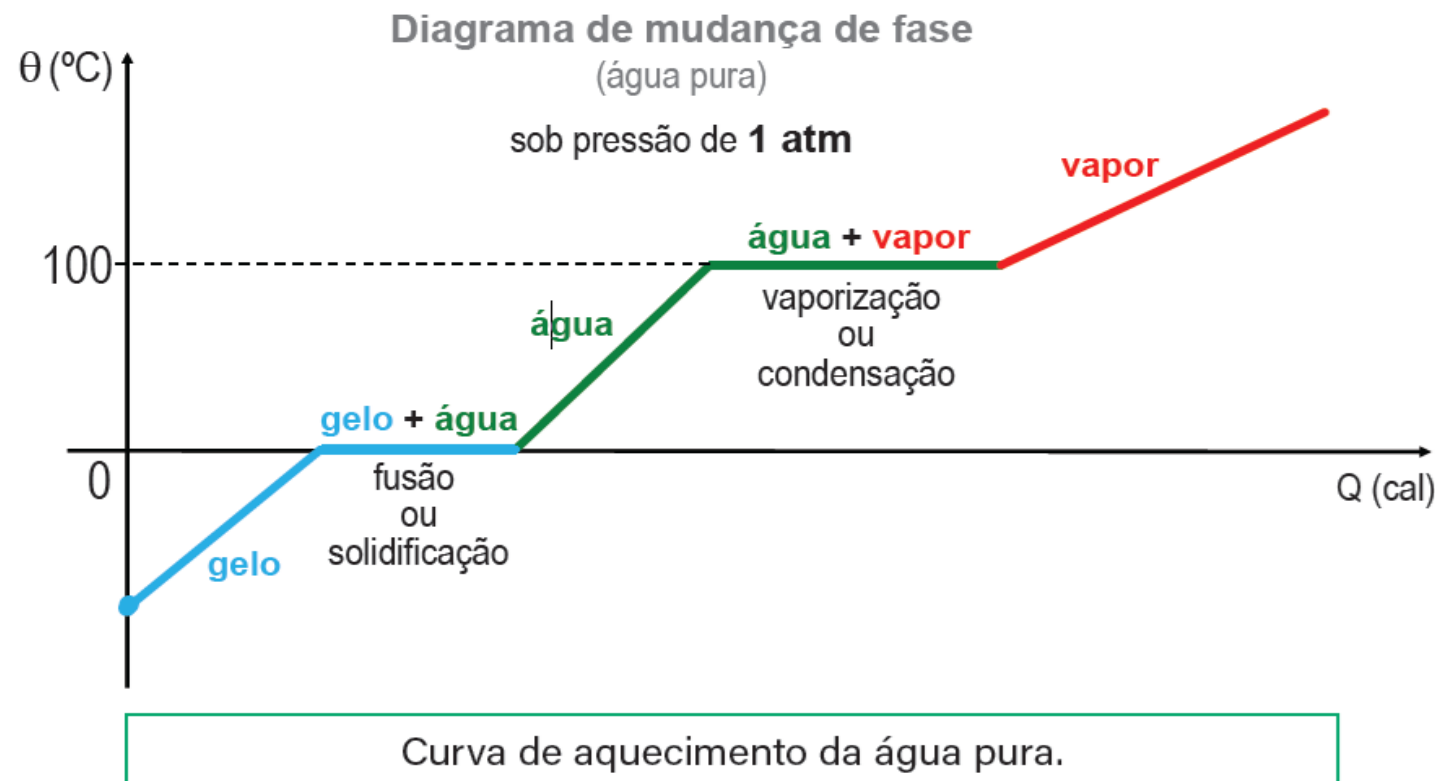
$$Q_{\text{Total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Podemos representar graficamente esse processo por meio de uma curva de aquecimento, conforme apresentado no próximo slide.





Calor latente



A temperatura não muda, pois a agitação molecular atingiu seu limite. Toda a energia recebida a partir desse ponto, até que o gelo se transforme integralmente em água líquida, é utilizada para quebrar as ligações intermoleculares, aumentando o espaçamento entre as partículas.

Calor latente

Calculando a quantidade total de calor (Q_{total}) recebida pela amostra nesse processo, obtemos:

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{\text{total}} = (m \cdot c \cdot \Delta\theta)_{\text{gelo}} + m \cdot L_{\text{Fusão}} + (m \cdot c \cdot \Delta\theta)_{\text{água}}$$

$$Q_{\text{total}} = \left(10 \text{ g} \cdot \frac{0,5 \text{ cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 20 \cdot ^\circ\text{C}\right)_{\text{gelo}} + 10 \text{ g} \cdot 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}} + \left(10 \text{ g} \cdot \frac{1,0 \text{ cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 40 \cdot ^\circ\text{C}\right)_{\text{água}}$$

$$Q_{\text{total}} = 100 \text{ cal} + 800 \text{ cal} + 400 \text{ cal}$$

$$Q_{\text{total}} = \mathbf{1300 \text{ cal}}$$

$$Q_{\text{total}} = \left(10 \text{ g} \cdot \frac{0,5 \text{ cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 20 \cdot ^\circ\text{C}\right)_{\text{gelo}} + 10 \text{ g} \cdot 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}} + \left(10 \text{ g} \cdot \frac{1,0 \text{ cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 40 \cdot ^\circ\text{C}\right)_{\text{água}}$$

Na prática

TODO MUNDO ESCRIVE



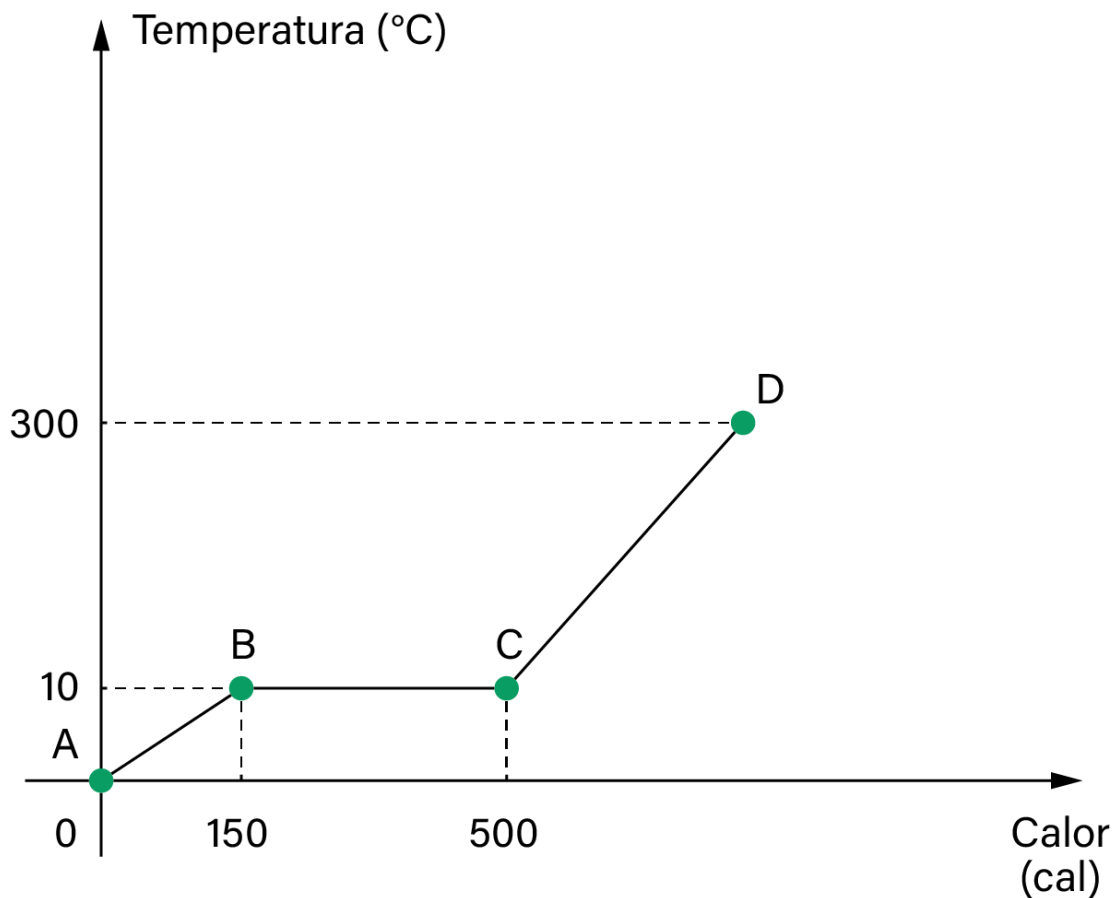
Atividade 2



Veja no livro!

Foi feito um estudo da temperatura de um material de 10 g, que, inicialmente, estava no estado sólido, à medida que recebia calor. O resultado do estudo é mostrado no gráfico a seguir. Com base em seus conhecimentos, responda:

- 1) Qual é o estado físico do material nos segmentos: AB, BC e CD?
- 2) Calcule o calor específico do material em seu estado sólido.
- 3) Calcule o calor latente de fusão desse material.



Curva de aquecimento

Produzido pela SEDUC-SP.



5 minutos

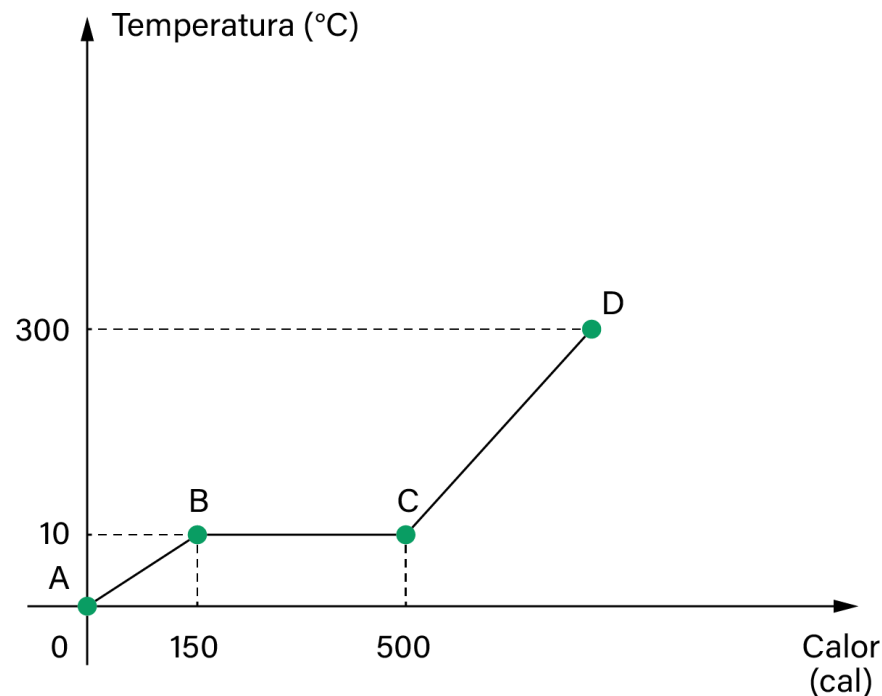
Correção

1) Para a curva de aquecimento, devemos interpretar cada segmento de acordo com seu comportamento. Dessa forma, temos:

AB: a reta é crescente, o que indica que a temperatura do material está sendo alterada, mas sem mudar o estado físico. Portanto, como o material estava, inicialmente, no estado sólido, ele continuará no estado sólido até que a temperatura pare de variar.

BC: como a reta se mantém constante, interpretamos que o material está passando pelo processo de fusão, isto é, passando do estado sólido para o líquido. Nesse caso, podemos dizer que o material é composto de uma mistura de sólido e líquido.

CD: nesse segmento, a reta volta a ficar crescente, o que significa que o material agora está em estado líquido e que sua temperatura volta a aumentar.



Produzido pela SEDUC-SP.

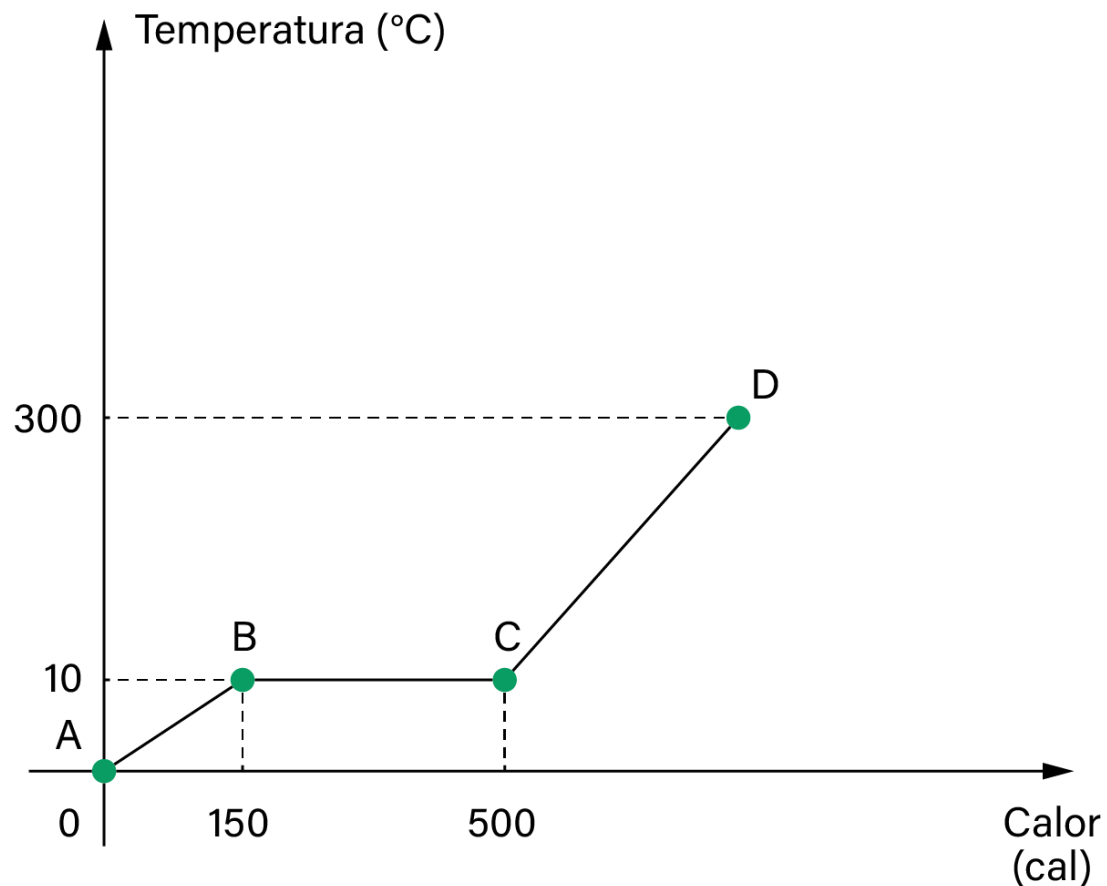
Correção

2) Para calcular o calor específico do material, usaremos a expressão do calor sensível. Ao analisar o gráfico, percebemos que a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura do material de 0 °C a 10 °C é de 150 cal. Assim, podemos concluir que:

$$Q_s = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$150 = 10 \cdot c \cdot 10$$

$$c = 1,5 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$$



Produzido pela SEDUC-SP.

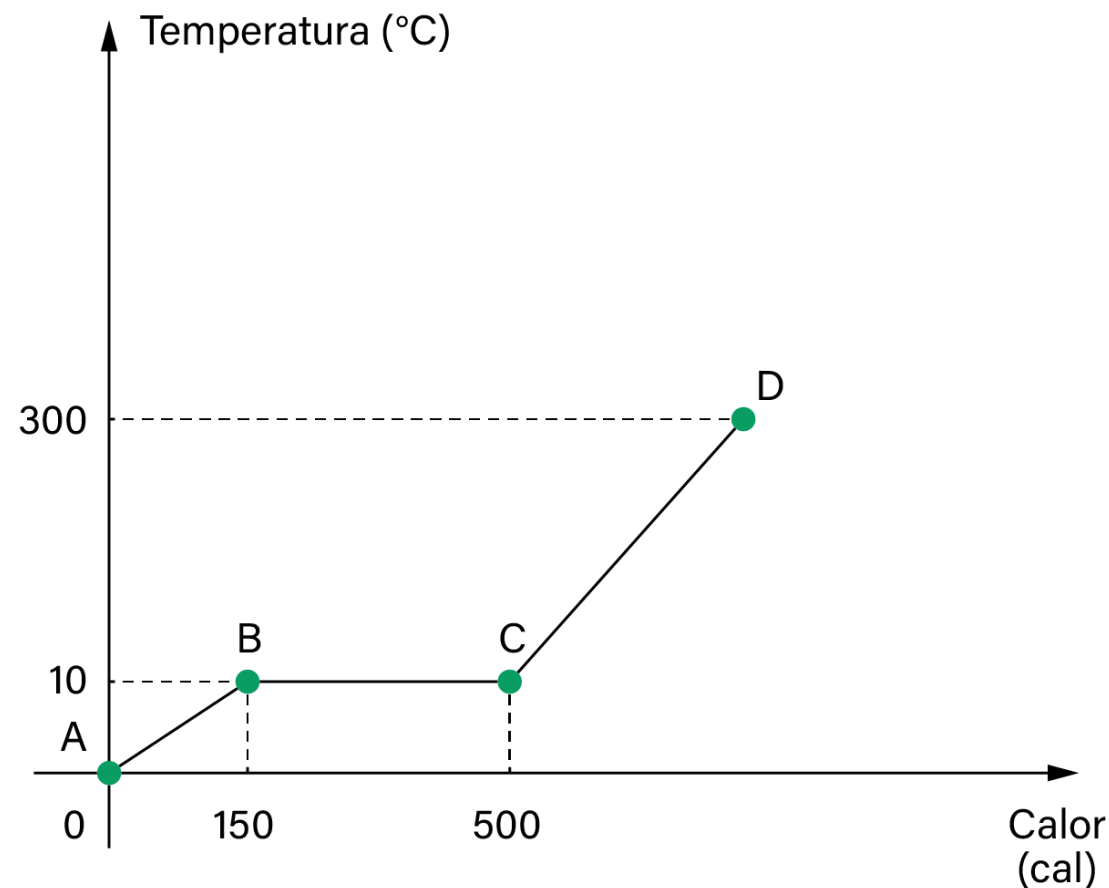
Correção

3) Para calcularmos o calor latente de fusão do material, utilizaremos a expressão do calor latente. De acordo com o gráfico, a quantidade de calor latente é a diferença entre os pontos B e C, portanto, 350 cal. Isolando o calor latente (L), obtemos:

$$Q_l = m \cdot L$$

$$350 = 10 \cdot L$$

$$L = 35 \text{ cal/g}$$



Produzido pela SEDUC-SP.



Retomando aprendizagens

Uma das maneiras de classificarmos o calor recebido/cedido por um corpo é com base no efeito produzido por ele.

Quando o calor recebido/cedido provoca variação de temperatura, é chamado de **calor sensível**. Quando o calor provoca uma mudança no estado físico, é denominado **calor latente**.

Com isso em mente, observe as imagens abaixo e discuta com seus colegas:

- a) Qual é o nome apropriado para o calor cedido pela esfera de metal ao gelo?
- b) Qual é o nome para o calor recebido pelo gelo?

Considere que o bloco de gelo esteja a uma temperatura de aproximadamente 0°C .



BÔAS, N. V.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. **Tópicos de Física**. São Paulo: Saraiva, 2012. v. 2.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)**, 2023. Prova de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias e Redação; Prova de Ciências Humanas e suas Tecnologias, 1º dia, Caderno 1 – Azul. Disponível em:

https://arquivos.qconcursos.com/prova/arquivo_prova/101194/inep-2023-enem-exame-nacional-do-ensino-medio-primeiro-e-segundo-dia-edital-2023-prova.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

LEMOV, D. **Aula nota 10**: 49 técnicas para ser um professor campeão de audiência. São Paulo: Da Prosa/Fundação Lemann, 2011.

PIETROCOLA, M. *et al.* **Física**: conceitos e contextos. São Paulo: Editora do Brasil, 2016. v. 3.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Currículo Paulista**: etapa Ensino Médio, 2020. Disponível em: https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2023/02/CURR%C3%8DCULO-PAULISTA-etapa-Ensino-M%C3%A9dio_ISBN.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

YAMAMOTO, K.; FUKUE, L. F. **Física para o Ensino Médio**, v. 2. São Paulo: Saraiva, 2016.

Identidade visual: imagens © Getty Images

Aprofundando

A seguir, você encontra uma seleção de exercícios extras, que ampliam as possibilidades de prática, de retomada e aprofundamento do conteúdo estudado.



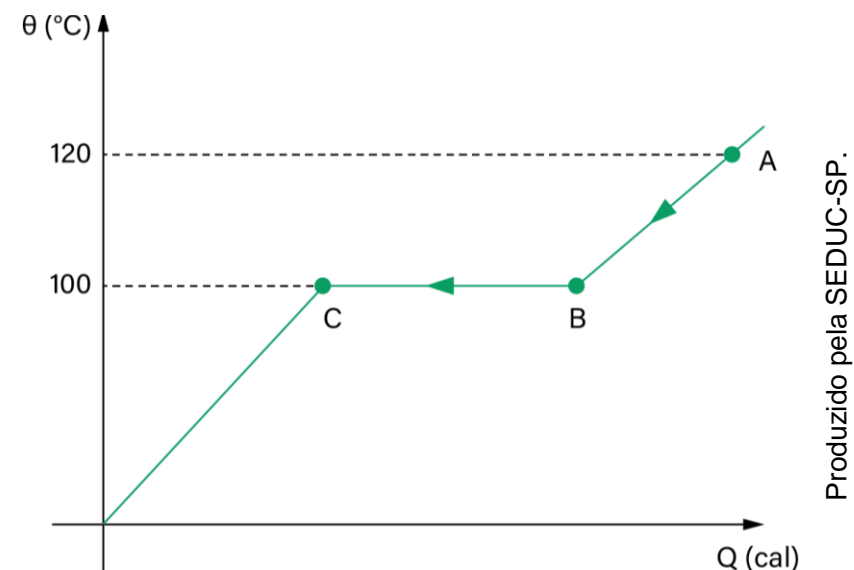
(ENEM 2023) Em uma indústria alimentícia, para produção de doce de leite, utiliza-se um tacho de parede oca com uma entrada para vapor de água a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, e uma saída para água líquida, em equilíbrio com o vapor a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ao passar pela parte oca do tacho, o vapor de água se transforma em líquido, liberando energia. A parede transfere essa energia para o interior do tacho, resultando na evaporação de água e na consequente concentração do produto. No processo de concentração do produto, é utilizada energia proveniente:

- A somente do calor latente de vaporização.
- B somente do calor latente de condensação.
- C do calor sensível e do calor latente de vaporização.
- D do calor sensível e do calor latente de condensação.
- E do calor latente de condensação e do calor latente de vaporização.



Correção:

- A **somente do calor latente de vaporização.** ✗
- B **somente do calor latente de condensação.** ✗
- C **do calor sensível e do calor latente de vaporização.** ✗
- D **do calor sensível e do calor latente de condensação.** ✓
- E **do calor latente de condensação e do calor latente de vaporização.** ✗



Curva de aquecimento do vapor transformado em água líquida

O processo AB representa o resfriamento do vapor de água, inicialmente a 120 °C, até atingir 100 °C (calor sensível);
O processo BC representa a condensação do vapor de água (calor latente de condensação).

