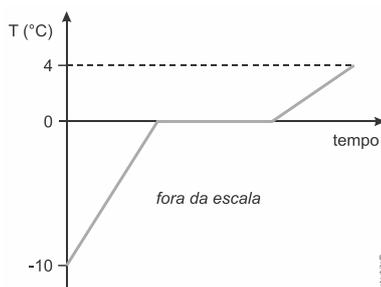




# ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA

1. (UNESP 2017) Um bloco de gelo de massa 200 g, inicialmente à temperatura de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , foi mergulhado em um recipiente de capacidade térmica 200 cal/ $^{\circ}\text{C}$  contendo água líquida a  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Após determinado intervalo de tempo, esse sistema entrou em equilíbrio térmico à temperatura de  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

O gráfico mostra como variou a temperatura apenas do gelo, desde sua imersão no recipiente até ser atingido o equilíbrio térmico.



calor específico da água líquida	1 cal/g. $^{\circ}\text{C}$
calor específico do gelo	0,5 cal/g. $^{\circ}\text{C}$
calor latente de fusão do gelo	80 cal/g

Considerando as informações contidas no gráfico e na tabela, que o experimento foi realizado ao nível do mar e desprezando as perdas de calor para o ambiente, calcule a quantidade de calor absorvido pelo bloco de gelo, em calorias, desde que foi imerso na água até ser atingido o equilíbrio térmico, e calcule a massa de água líquida contida no recipiente, em gramas, antes da imersão do bloco de gelo.

---

---

---

2. (PUCRJ 2015) Um recipiente isolado contém uma massa de gelo,  $M = 5,0\text{ kg}$ , à temperatura  $T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Por dentro desse recipiente, passa uma serpentina pela qual circula um líquido que se quer resfriar. Suponha que o líquido entre na serpentina a  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  e saia dela a  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O calor específico do líquido é  $c_L = 1,0\text{ cal}/(\text{g}^{\circ}\text{C})$  o calor latente de fusão do gelo é  $L_F = 80\text{ cal/g}$  e o calor específico da água é  $C_A = 1,0\text{ cal}/(\text{g}^{\circ}\text{C})$ .

a. Qual é a quantidade total de líquido (em kg) que deve passar pela serpentina de modo a derreter todo o gelo?

b. Quanto de calor (em kcal) a água (formada pelo gelo derretido) ainda pode retirar – do líquido que passa pela serpentina – até que a temperatura de saída se iguale à de entrada ( $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ )?

---

---

---

3. (UERJ 2014) A energia consumida por uma pessoa adulta em um dia é igual a 2 400 kcal.

Determine a massa de gelo a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  que pode ser totalmente liquefeita pela quantidade de energia consumida em um dia por um adulto. Em seguida, calcule a energia necessária para elevar a temperatura dessa massa de água até  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

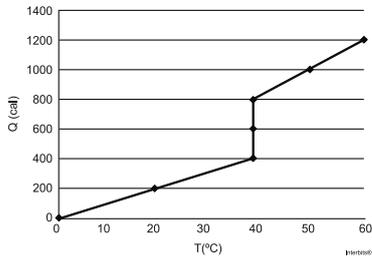
---

---

---



4. (UNIFESP 2013) O gráfico representa o processo de aquecimento e mudança de fase de um corpo inicialmente na fase sólida, de massa igual a 100g.



Sendo Q a quantidade de calor absorvida pelo corpo, em calorias, e T a temperatura do corpo, em graus Celsius, determine:

- a. o calor específico do corpo, em cal/(g°C), na fase sólida e na fase líquida.
- b. a temperatura de fusão, em °C, e o calor latente de fusão, em calorias, do corpo.

---



---



---

5. (UFMG 2012) Um copo com 200 g de água está inicialmente a 25 °C. Carolina coloca 50 g de gelo, a 0 °C, nesse copo. Após algum tempo, todo o gelo derrete e toda água no copo está à mesma temperatura.

- a. Considerando o sistema água e gelo isolado, calcule a temperatura no instante em que esse sistema chega ao equilíbrio térmico.
- b. Considerando-se, agora, o sistema isolado como água, gelo e copo, o valor obtido para a temperatura do sistema será menor, igual ou maior ao valor obtido no item anterior? Justifique sua resposta.

---



---



---

6. (UFTM 2012) Em uma choperia, o chope é servido à razão de 1 litro por minuto. Em um dia, cuja temperatura é de 24,5 °C, a bebida é introduzida na serpentina da chopeira à temperatura ambiente e, dela, sai a 4°C. A capacidade da chopeira é de 20 kg de gelo, colocado sobre a serpentina a -4 °C ( $c_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$  e  $L_f = 80 \text{ cal/g}$ ). Considere  $d_{\text{chope}} = 1,0 \text{ g/cm}^3$  e  $c_{\text{chope}} = 1,0 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$ .



Considerando que não há qualquer tipo de perda de energia térmica entre o meio ambiente e a chopeira, determine:

- a. a massa de gelo que se converte em água, para cada litro de chope retirado.
- b. o intervalo de tempo necessário para que se reponha o gelo, de modo a manter sempre a mesma temperatura final do chope.

---



---



---

**TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:**

Dados:

Aceleração da gravidade: 10 m/s<sup>2</sup>.

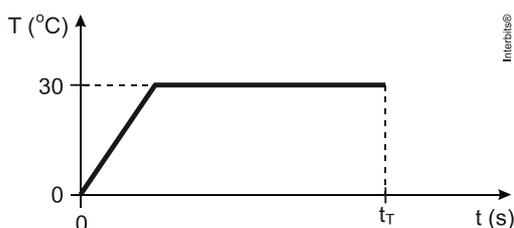
Densidade do mercúrio: 13,6 g/cm<sup>3</sup>.

Pressão atmosférica: 1,0.10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>.

Constante eletrostática:  $k_0 = 1/4 \pi \epsilon_0 = 9,0.10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ .



7. (UFPE 2012) O gálio (Ga) é um metal cuja temperatura de fusão, à pressão atmosférica, é aproximadamente igual a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O calor específico médio do Ga na fase sólida é em torno de  $0,4\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$  e o calor latente de fusão é  $80\text{ kJ}/\text{kg}$ . Utilizando uma fonte térmica de  $100\text{ W}$ , um estudante determina a energia necessária para fundir completamente  $100\text{ g}$  de Ga, a partir de  $0^{\circ}\text{C}$ . O gráfico mostra a variação da temperatura em função do tempo das medições realizadas pelo estudante. Determine o tempo total  $t_T$  que o estudante levou para realizar o experimento. Suponha que todo o calor fornecido pela fonte é absorvido pela amostra de Ga. Dê a sua resposta em segundos.



---

---

---

8. (UFJF 2010) Com a finalidade de se fazer café, um recipiente com  $0,5\text{ L}$  de água é aquecido em um fogão.

A temperatura da água aumenta desde  $25^{\circ}\text{C}$  até  $100^{\circ}\text{C}$ . Considere para a água: densidade

$\rho = 1,0\text{ kg}/\text{L}$ ; calor latente de vaporização  $L_v = 540\text{ cal}/\text{g}$ ; calor específico  $c = 1,0\text{ cal}/\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}$ .

- Calcule a quantidade de calor cedida à água, para que sua temperatura aumente desde  $25^{\circ}\text{C}$  até  $100^{\circ}\text{C}$ .
- Supondo que a quantidade de calor total cedida à água, até o momento em que se apaga a chama do fogão, foi de

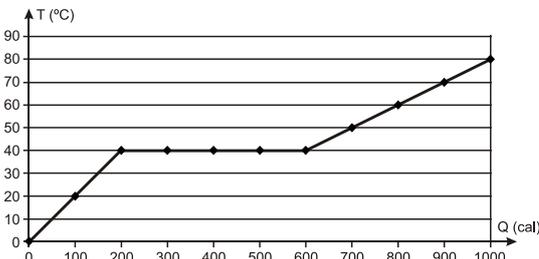
$145500\text{ cal}$ , calcule o volume de água, em litros, que ficou no recipiente para ser utilizada no preparo do café.

---

---

---

9. (UNIFESP 2010) Em uma experiência de Termologia, analisou-se a variação da temperatura, medida em graus Celsius, de  $100\text{ g}$  de uma substância, em função da quantidade de calor fornecido, medida em calorias. Durante o experimento, observou-se que, em uma determinada etapa do processo, a substância analisada apresentou mudança de fase sólida para líquida. Para visualizar o experimento, os dados obtidos foram apresentados em um gráfico da temperatura da substância como função da quantidade de calor fornecido.



Determine:

- O calor específico da substância na fase líquida e seu calor latente específico de fusão.
- Após a substância atingir a temperatura de  $80^{\circ}\text{C}$ , cessou-se o fornecimento de calor e adicionou-se à ela  $50\text{ g}$  de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$ . Supondo que a troca de calor ocorra apenas entre o gelo e a substância, determine a massa de água, fase líquida, em equilíbrio térmico.

**Dados:**

Calor latente de fusão do gelo:  $L = 80\text{ cal}/\text{g}$



Calor específico da água:  $c = 1,0 \text{ cal/(g}\cdot\text{°C)}$

---

---

10. (UEG 2010) Foi realizado o seguinte experimento em uma aula de Laboratório de Física:

Uma jarra de vidro aberta foi aquecida até que a água no seu interior fervesse.

Cessando-se o aquecimento, a água parou de ferver. Posteriormente, a jarra foi tampada e em cima dela despejou-se água à temperatura ambiente. Então, observou-se que a água voltou a ferver.

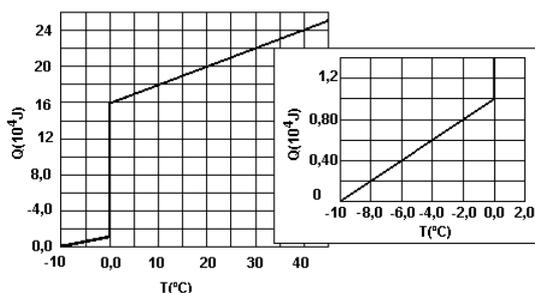
Sobre esse experimento, responda ao que se pede.

- a. Justifique o motivo que levou a água a voltar a ferver.
- b. Se esse mesmo experimento fosse realizado a uma altitude superior em relação ao anterior, a temperatura de ebulição da água aumentaria, diminuiria ou permaneceria constante? Justifique.

---

---

11. (UNIFESP 2009) 0,50 kg de uma substância a temperatura  $T_0 = 40^\circ\text{C}$ , na fase líquida, é colocado no interior de um refrigerador, até que a sua temperatura atinja  $T_1 = -10^\circ\text{C}$ . A quantidade de calor transferida em função da temperatura é apresentada no gráfico da figura.



A parte do gráfico correspondente ao intervalo de  $-10^\circ\text{C}$  a  $2,0^\circ$  foi ampliada e inserida na figura, à direita do gráfico completo. Calcule:

- a. O calor latente específico de solidificação.
- b. O calor específico na fase sólida.

---

---

12. (PUCRJ 2008) Um calorímetro isolado termicamente possui, inicialmente, 1,0 kg de água a uma temperatura de  $55^\circ\text{C}$ . Adicionamos, então, 500 g de água a  $25^\circ\text{C}$ . Dado que o calor específico da água é  $1,0 \text{ cal/(g}\cdot\text{°C)}$ , que o calor latente de fusão é  $80 \text{ cal/g}$  e que sua densidade é  $1,0 \text{ g/cm}^3$ , calcule:

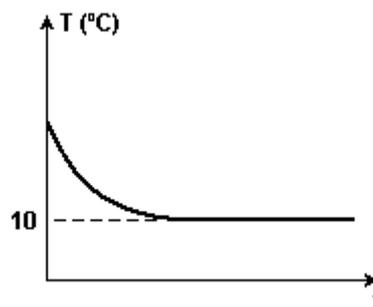
- a. a temperatura de equilíbrio da água;
- b. a energia (em calorias - cal) que deve ser fornecida à água na situação do item a) para que esta atinja a temperatura de ebulição de  $100^\circ\text{C}$
- c. quanto calor deve ser retirado do calorímetro, no item b), para que toda a água fique congelada.

---

---

13. (UFRRJ 2007) Em um calorímetro ideal, dotado de um termômetro, colocam-se 0,5 kg de água, inicialmente a  $28^\circ\text{C}$ , e uma certa massa de gelo, inicialmente a  $0^\circ\text{C}$ .

O gráfico a seguir ilustra a temperatura da água em função do tempo.





Calcule:

- a. O calor (medido em calorias) cedido pela água ao gelo.
- b. A massa de gelo inicialmente presente no calorímetro.

**Dados:** calor específico da água,  $c_a = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ , e o calor latente de fusão do gelo,  $L = 80 \text{ cal/g}$ .

---

---

---

---

14. (UFJF 2007) Um bloco de gelo com 5 kg de massa encontra-se a  $-20^\circ\text{C}$ .

Dados: calor específico: gelo ( $c_g = 0,50 \text{ cal g}^{-1} (\text{C}^{-1})$ ), chumbo ( $c_c = 0,031 \text{ cal g}^{-1} (\text{C}^{-1})$ )  
calor latente de fusão: gelo ( $L_g = 80 \text{ cal g}^{-1}$ ), chumbo ( $L_c = 5,9 \text{ cal g}^{-1}$ )

temperatura de fusão: gelo ( $T_g = 0^\circ\text{C}$ ),  
chumbo ( $T_c = 327,3^\circ\text{C}$ )

- a. Calcule a quantidade de calor necessário para derreter completamente o bloco de gelo.
- b. Com o calor necessário para derreter o bloco de gelo calculado no item acima, qual seria a massa de um bloco de chumbo que poderia ser derretido, se esse bloco de chumbo estivesse inicialmente, também a  $-20^\circ\text{C}$ ?
- c. A que grandeza(s) física(s) você atribui essa diferença na massa que você calculou no item b)?

---

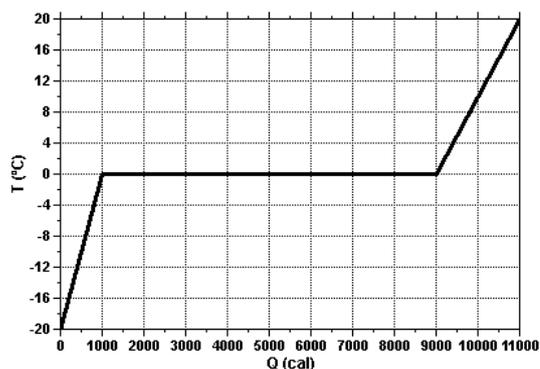
---

---

---

---

15. (UFU 2006) Na aula de Física, o professor entrega aos estudantes um gráfico da variação da temperatura (em  $^\circ\text{C}$ ) em função do calor fornecido (em calorias). Esse gráfico, apresentado a seguir, é referente a um experimento em que foram aquecidos 100 g de gelo, inicialmente a  $-20^\circ\text{C}$ , sob pressão atmosférica constante.



Em seguida, o professor solicita que os alunos respondam algumas questões. Auxilie o professor na elaboração do gabarito correto, calculando, a partir das informações dadas,

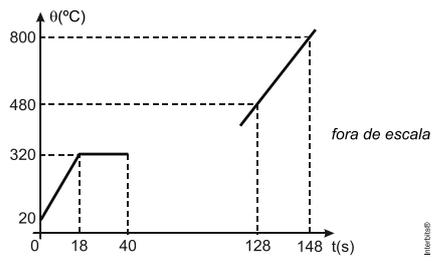
- a. o calor específico do gelo;
- b. o calor latente de fusão do gelo;
- c. a capacidade térmica da quantidade de água resultante da fusão do gelo.

---

---

---

16. (UNESP 2013) Determinada substância pura encontra-se inicialmente, quando  $t = 0 \text{ s}$ , no estado sólido, a  $20^\circ\text{C}$ , e recebe calor a uma taxa constante. O gráfico representa apenas parte da curva de aquecimento dessa substância, pois, devido a um defeito de impressão, ele foi interrompido no instante 40 s, durante a fusão da substância, e voltou a ser desenhado a partir de certo instante posterior ao término da fusão, quando a substância encontrava-se totalmente no estado líquido.



Sabendo-se que a massa da substância é de 100 g e que seu calor específico na fase sólida é igual a 0,03 cal/(g.°C), calcule a quantidade de calor necessária para aquecê-la desde 20 °C até a temperatura

em que se inicia sua fusão, e determine o instante em que se encerra a fusão da substância.

---



---



---



---



---

**ANOTAÇÕES**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# GABARITO



1. o bloco de gelo, até que a água proveniente desse bloco atinja o equilíbrio térmico:

$$Q_{\text{gelo}} = (m c \Delta\theta)_{\text{bloco de gelo}} + (m L)_{\text{fusão}} + (m c \Delta\theta)_{\text{água do gelo}} =$$

$$200 \times 0,5 \times 10 + 200 \times 80 + 200 \times 1 \times 4 \Rightarrow \boxed{Q_{\text{gelo}} = 17.800 \text{ cal.}}$$

- Calculando a massa de água (M):

Considerando que o sistema seja termicamente isolado, e que a água e o recipiente estejam à mesma temperatura inicial de 24°C, têm-se:

$$Q_{\text{água}} + Q_{\text{rec}} + Q_{\text{gelo}} = 0 \Rightarrow (M c \Delta\theta)_{\text{água}} + (C \Delta\theta)_{\text{rec}} + 17.800 = 0 \Rightarrow$$

$$M \times 1 \times (4 - 24) + 200(4 - 24) + 17.800 = 0 \Rightarrow M = \frac{17.800 - 4.000}{20} \Rightarrow$$

$$\boxed{M = 690 \text{ g.}}$$

2.

a) Neste caso o calor latente é igual ao calor sensível do líquido.

$$Q_{\text{lat}} = Q_{\text{sens}}$$

$$m_g \cdot L_f = m_{\text{liq}} \cdot c_{\text{liq}} \cdot \Delta T_{\text{liq}}$$

Isolando a massa do líquido e substituindo os valores:

$$m_{\text{liq}} = \frac{m_g \cdot L_f}{c_{\text{liq}} \cdot \Delta T_{\text{liq}}}$$

$$m_{\text{liq}} = \frac{5 \text{ kg} \cdot 80 \text{ cal/g}}{1 \text{ cal/g} \cdot \text{°C} \cdot (28 - 8) \text{°C}} \therefore m_{\text{liq}} = 20 \text{ kg}$$

b) O calor trocado pela água resultante do derretimento do gelo é dado pelo calor sensível.

$$Q_{\text{sens}} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{sens}} = 5 \text{ kg} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot \text{°C} \cdot (28 - 0) \text{°C}$$

$$Q_{\text{sens}} = 140 \text{ kcal}$$

3. → Massa de gelo fundida:

Dados:  $Q = 2.400 \text{ kcal}$ ;  $L_f = 80 \text{ kcal/kg}$ .

Da expressão do calor latente:

$$Q = m \cdot L_f \rightarrow m = Q/L_f = 2400/80 \rightarrow m = 30 \text{ kg}$$

→ Energia para elevar até 30°C:

Dados:  $m = 30 \text{ kg}$ ;  $c = 1 \text{ kcal/kg} \cdot \text{°C}$ ;  $\Delta\theta = 30 \text{°C}$ .

Da expressão do calor sensível:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \rightarrow Q = 30 \cdot 1 \cdot 30 \rightarrow Q = 900 \text{ kcal}$$

4.

a) Dado:  $m = 100 \text{ g}$ .

Do gráfico:

$$\rightarrow Q_{\text{sól}} = (400 - 0) = 400 \text{ cal}; Q_{\text{liq}} = (1200 - 800) = 400 \text{ cal.}$$

$$Q = m c \Delta\theta \Rightarrow$$

$$c = \frac{Q}{m \Delta\theta} \begin{cases} c_{\text{sól}} = \frac{400}{100 \cdot 40} \Rightarrow c_{\text{sól}} = 0,1 \text{ cal/g} \cdot \text{°C.} \\ c_{\text{liq}} = \frac{400}{100 \cdot 20} \Rightarrow c_{\text{liq}} = 0,2 \text{ cal/g} \cdot \text{°C.} \end{cases}$$

b) Do gráfico, a temperatura de fusão é 40°C.

OBS.: a questão pede o calor latente de fusão, que é:  $Q_{\text{fusão}} = (800 - 400) = 400 \text{ cal}$ . Mas vamos entender calor latente de fusão como calor específico latente de fusão ( $L_{\text{fusão}}$ ). Assim:

$$Q_{\text{fusão}} = m L_{\text{fusão}} \Rightarrow L_{\text{fusão}} = \frac{Q_{\text{fusão}}}{m} = \frac{400}{100} \Rightarrow$$

$$L_{\text{fusão}} = 4 \text{ cal/g} \cdot \text{°C.}$$

5.

a) Dados:  $m_{\text{água}} = 200 \text{ g}$ ;  $m_{\text{gelo}} = 50 \text{ g}$ ;  $m_{\text{água/gelo}} L_{\text{gelo}} = 80 \text{ cal/g}$ ;  $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g} \cdot \text{°C}$ ;  $q_{0\text{gelo}} = 0 \text{°C}$  e  $q_{0\text{água}} = 25 \text{°C}$ .

Considerando o sistema termicamente isolado, no instante em que é atingido o equilíbrio térmico a temperatura é  $q_e$ :

$$Q_{\text{gelo}} + Q_{\text{água/gelo}} + Q_{\text{água}} = 0 \Rightarrow$$

$$m_{\text{gelo}} L_{\text{gelo}} + m_{\text{água/gelo}} c_{\text{água}} \Delta\theta_{\text{água/gelo}} + m_{\text{água}} c_{\text{água}} \Delta\theta_{\text{água}} = 0 \Rightarrow$$

$$50(80) + 50(1)(\theta_e - 0) + 200(1)(\theta_e - 25) = 0 \Rightarrow$$

$$4.000 + 50 \theta_e + 200 \theta_e - 5.000 = 0 \Rightarrow$$

$$250 \theta_e = 1.000 \Rightarrow \theta_e = \frac{1.000}{250}$$

$$\theta_e = 4 \text{°C.}$$

b) Considerando o copo, a temperatura de equilíbrio é maior do que o valor obtido no item anterior, pois o copo também fornecerá calor para a fusão do gelo e para o aquecimento da massa de água resultante do gelo fundido.

Vamos ao equacionamento, considerando  $C_{\text{copo}}$  a capacidade térmica do copo e sua temperatura inicial igual à da água que ele contém (25°C).

$$Q_{\text{gelo}} + Q_{\text{água/gelo}} + Q_{\text{água}} + Q_{\text{copo}} = 0 \Rightarrow$$

$$m_{\text{gelo}} L_{\text{gelo}} + m_{\text{água/gelo}} c_{\text{água}} \Delta\theta_{\text{água/gelo}} +$$



$$m_{\text{água}} c_{\text{água}} \Delta\theta_{\text{água}} + C_{\text{copo}} \Delta\theta_{\text{copo}} = 0 \Rightarrow$$

$$50(80) + 50(1)(\theta'_e - 0) + 200(1)(\theta'_e - 25) + C_{\text{copo}}(\theta'_e - 25) = 0 \Rightarrow$$

$$4.000 + 50 \theta'_e + 200 \theta'_e - 5.000 + C_{\text{copo}} \theta'_e - C_{\text{copo}} 25 = 0 \Rightarrow$$

$$(250 + C_{\text{copo}})\theta'_e = 1.000 \Rightarrow \theta'_e = \frac{1.000 + 25 C_{\text{copo}}}{250 + C_{\text{copo}}} \Rightarrow$$

$$\theta'_e > 4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

6. Dados:  $m_{\text{gelo}} = 20 \text{ kg}$ ;  $d_{\text{chope}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ;  $V_{\text{chope}} = 1 \text{ L} = 1.000 \text{ cm}^3$ ;  $c_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ ;  $T_{\text{amb}} = 24,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $T_{\text{gelo}} = -4 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t = 1 \text{ min}$ .

a) Assumindo, como sugere o enunciado, que cada litro de chope leve à fusão completa uma massa  $m$  de gelo, aplicando a equação do sistema termicamente isolado, temos:

$$Q_{\text{gelo}} + Q_{\text{fusão}} + Q_{\text{chope}} = 0 \Rightarrow$$

$$m c_{\text{gelo}} \Delta T_{\text{gelo}} + m L_{\text{fusão}} = 0 \Rightarrow$$

$$d_{\text{chope}} V_{\text{chope}} c_{\text{chope}} \Delta T_{\text{chope}} = 0 \Rightarrow$$

$$m(0,5)[0 - (-4)] + m(80) + 1(1.000)(4 - 24,5) = 0 \Rightarrow$$

$$82 m = 20.500 \Rightarrow$$

$$m = 250 \text{ g}.$$

b) Ainda considerando a hipótese do item anterior:

$$\left. \begin{array}{l} 0,25 \text{ kg} \rightarrow 1 \text{ min} \\ 20 \text{ kg} \rightarrow \Delta t \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta t = \frac{20}{0,25} \Rightarrow$$

$$\Delta t = 80 \text{ min}.$$

### 7.

Energia necessária para aquecer e fundir 0,1kg (100g) de gálio:

$$Q = Q_{\text{sensível}} + Q_{\text{latente}} \rightarrow Q = m \cdot c \cdot \Delta T + m \cdot L$$

Substituindo os valores:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T + m \cdot L \rightarrow Q = 0,1 \cdot 0,4 \cdot 30 + 0,1 \cdot 80 \rightarrow Q = 9,2 \text{ kJ}$$

$$Q = 9200 \text{ J}$$

Da definição de potência temos:

$$P = \frac{Q}{t} \rightarrow t = \frac{Q}{P}$$

Substituindo os valores:

$$t = \frac{Q}{P} \rightarrow t = \frac{9200}{100}$$

$$t = 92 \text{ s}.$$

8. Dados:  $V = 0,5 \text{ L} \rightarrow M = 500 \text{ g}$ ;  $\Delta T = (100 - 25) = 75 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $Q_T = 145.500 \text{ cal}$ .

a) Durante o aquecimento, a quantidade de calor absorvida é:

$$Q = M c \Delta T = 500(1)(75) \Rightarrow$$

$$Q = 37.500 \text{ cal}.$$

b) A quantidade de calor usada na vaporização da  $Q_V = Q_T - Q = 145.500 - 37.500 = 108.000 \text{ cal}$ .

água é:

Calculando a massa  $m'$  vaporizada com essa quantidade de calor:

$$Q_V = m' L_V \Rightarrow m' = \frac{Q_V}{L_V} = \frac{108.000}{540} = 200 \text{ g}.$$

A massa de água restante no recipiente é:

$$m = M - m' = 500 - 200 \Rightarrow$$

$$m = 300 \text{ g}.$$

### 9.

a) Dado:  $m = 100 \text{ g}$ .

Pela leitura do gráfico, conclui-se que:

– de  $0^\circ\text{C}$  até  $40 \text{ } ^\circ\text{C}$  a substância esteve na fase sólida;

– a fusão ocorreu na temperatura de  $40 \text{ } ^\circ\text{C}$  com absorção de  $400 \text{ cal}$

– após a fusão, iniciou-se novo aquecimento, de  $40 \text{ } ^\circ\text{C}$  a  $80 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Na fase líquida a quantidade de calor absorvida foi:

$$Q_S = 1.000 - 600 = 400 \text{ cal}.$$

$$Q_S = m c \Delta T \Rightarrow$$

$$c = \frac{Q}{m \Delta T}$$

$$\frac{400}{100 \times 40} \Rightarrow$$

$$c = 0,1 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}.$$

Durante a fusão, a temperatura se manteve constante, absorvendo nesse processo:

$$Q_L = 600 - 200 = 400 \text{ cal}.$$

$$Q_L = m L \Rightarrow$$

$$L = \frac{Q_L}{m} = \frac{400}{100} \Rightarrow$$

$$L = 4 \text{ cal/g}.$$

b) Dados:  $m_g = 50 \text{ g}$ ;  $L_g = 80 \text{ cal/g}$ ;  $c_{\text{ag}} = 1 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ .

Calculemos a quantidade calor necessária para fundir totalmente o gelo:

$$Q_g = m L_g = 50(80) = 4.000 \text{ cal}.$$

Ora, se a substância recebeu  $1.000 \text{ cal}$  para aquecer de  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$  até  $80 \text{ } ^\circ\text{C}$ , para retornar a  $0^\circ\text{C}$ , fazendo o processo inverso, ela liberou, também,  $1.000 \text{ cal}$ , que foram absorvidas pelo gelo. Mas essa quantidade é insuficiente para fundir totalmente o gelo.

A massa ( $m'$ ) de gelo fundida é, então, a que recebeu  $Q'_g = 1.000 \text{ cal}$ .



$$Q'_g = m' L_g \Rightarrow 1.000 = m' (80) \Rightarrow m' = 12,5 \text{ g.}$$

10.

a) A temperatura de ebulição de uma substância depende da própria substância e da pressão. Por isso que se usa a panela de pressão. Aumentando a pressão na superfície da água aumentando a dificuldade de as moléculas vaporizarem, aumentando, portanto, a temperatura de ebulição.

No caso dessa questão, ao se jogar água fria na tampa da jarra, diminui-se a pressão na superfície do líquido, diminuindo a temperatura de ebulição.

b) Aumentando a altitude, diminui-se a pressão, diminuindo a temperatura de ebulição da água. Somente para exemplificar: em São Paulo a água ferve a 98 °C, em Brasília, a 96 °C e, em La Paz, a 87 °C.

11. De acordo com os gráficos a mudança de estado físico, solidificação, ocorreu entre as leituras de calor 16.10<sup>4</sup> J (veja no gráfico maior) e 1.10<sup>4</sup> J (veja no detalhe gráfico a direita)

$$Q = m \cdot L$$

$$(1 \cdot 10^4 - 16 \cdot 10^4) = 0,5 \cdot L$$

$$-15 \cdot 10^4 = 0,5 \cdot L$$

$$L = -30 \cdot 10^4 = -3,0 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$$

O resfriamento na fase sólida pode ser lido no detalhe gráfico, onde se pode ver que este resfriamento ocorreu entre 1.10<sup>4</sup> J e zero.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$(0 - 1 \cdot 10^4) = 0,5 \cdot c \cdot (-10 - 0)$$

$$-10^4 = -5 \cdot c \rightarrow c = 2000 \text{ J/(kg}^\circ\text{C)} = 2 \text{ kJ/(kg}^\circ\text{C)}$$

12.

a)  $1000 \times 1,0 \times (T - 55) + 500 \times 1 \times (T - 25) = 0$   
 $\rightarrow 1500 T = 67500 \rightarrow T = 45 \text{ }^\circ\text{C.}$

b)  $Q = 1500 \times 1,0 \times (100 - 45) = 1.500 \times 55 = 82500 \text{ cal} = 82,5 \text{ kcal.}$

c) Para resfriar a água:  $Q_1 = -1500 \times 1 \times 100 = -150\,000 \text{ cal.}$  Para congelar a água:  $Q_2 = -80 \times 1500 \text{ cal} = -120\,000 \text{ cal.}$  Portanto o calor total a ser RETIRADO da água será  $QT = Q_1 + Q_2 = -270\,000 \text{ cal} = -270 \text{ kcal.}$

13.

a) Pelo gráfico, vemos que a temperatura de equilíbrio é igual a 10 °C. Portanto, a água, inicialmente a 28 °C, cede uma quantidade de calor  $Q_c$  dada por:

$$Q_c = m a c_a \Delta T = 0,5 \cdot 1,0 \times 10^3 (28 - 10) = 9,0 \times 10^3 \text{ cal}$$

b) A quantidade calculada no item a corresponde ao calor recebido,  $Q_r$ , pela massa de gelo,  $m_g$ , utilizado, tanto para a sua fusão, quanto para a elevação de sua temperatura até o valor final de equilíbrio.

$$Q_r = m_g L + m_g c_a \Delta T \rightarrow m_g = \frac{Q_r}{L + c_a \Delta T} = \frac{9,0 \times 10^3}{80 + 1,0 \times 10} = 100 \text{ g}$$

14.

a)  $Q = mc\Delta\theta + mL = 5000 \cdot 0,5 \cdot 20 + 5000 \times 80$

$$Q = 450000 \text{ cal}$$

b)  $Q = mc\Delta\theta + mL$

$$450000 = m(0,03 \times 350 + 6) \rightarrow m \cong 27 \text{ kg}$$

15.

a) O primeiro trecho de gráfico corresponde ao aquecimento do gelo. Pela equação fundamental do calor sensível,  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$  temos:

$$1000 = 100 \cdot c \cdot 20 \Rightarrow c = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

b) O segundo trecho, uma linha horizontal sobre o eixo das abscissas, corresponde a fusão do gelo. Pela equação:  $Q = m \cdot L$  temos:

$$8000 = 100 \cdot L \Rightarrow L = 80 \text{ cal/g}$$

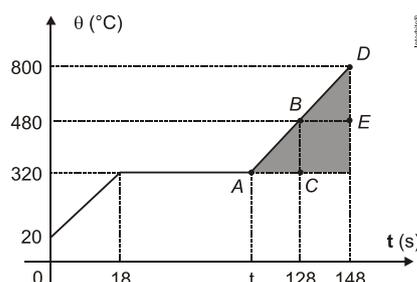
c) O terceiro e último trecho do diagrama corresponde ao aquecimento da água provinda da fusão do gelo. A capacidade térmica é dada pelo produto entre a massa e o calor específico sensível, ou seja,  $C = m \cdot c$ . De onde vem:  $C = 100 \cdot 1 = 100 \text{ cal}^\circ\text{C}$

16. Aplicando a expressão do calor sensível para a fase sólida:

$$Q_S = m c_s \Delta\theta \Rightarrow Q_S = 100 \cdot 0,03(320 - 20) = 3 \cdot 300 \Rightarrow$$

$$Q_S = 900 \text{ cal.}$$

Como a potência da fonte é constante e a substância é pura, o gráfico completo (também fora de escala) é o apresentado abaixo.





Usando semelhança de triângulos:

$$\Delta ABC \approx \Delta BDE \Rightarrow \frac{AC}{BC} = \frac{BE}{DE} \Rightarrow \frac{128-t}{480-320} = \frac{148-128}{800-480} \Rightarrow$$

$$\frac{128-t}{160} = \frac{20}{320} \Rightarrow 128-t=10 \Rightarrow$$

$t = 118$  s.

### ANOTAÇÕES