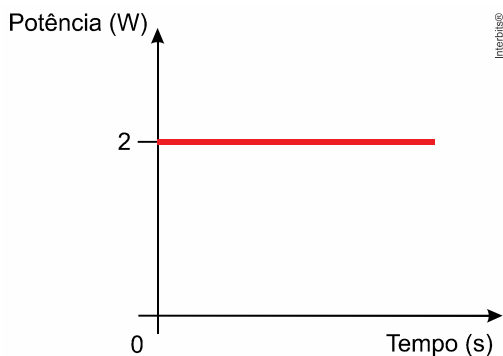


Lista de calor sensível, calor latente e sistema termicamente isolado

Nível I: 1, 9, 4 e 7(somente item a do ex. 7).

Nível II: os demais

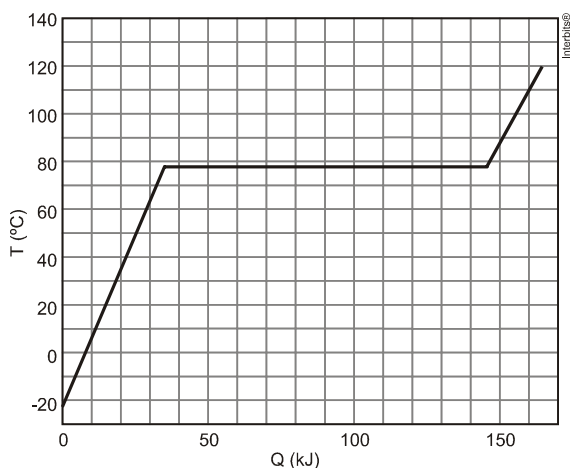
1. (Unesp 2022) Determinada peça de platina de 200 g, sensível à temperatura, é mantida dentro de um recipiente protegido por um sistema automático de refrigeração que tem seu acionamento controlado por um sensor térmico. Toda vez que a temperatura da peça atinge $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, um alarme sonoro soa e o sistema de refrigeração é acionado. Essa peça está dentro do recipiente em equilíbrio térmico com ele a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, quando, no instante $t = 0$, energia térmica começa a fluir para dentro do recipiente e é absorvida pela peça segundo o gráfico a seguir.



Sabendo que o calor específico da platina é $0,03\text{ cal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$ e adotando $1\text{ cal} = 4\text{ J}$, o alarme sonoro disparará, pela primeira vez, no instante

- a) $t = 8\text{ min}$.
- b) $t = 6\text{ min}$.
- c) $t = 10\text{ min}$.
- d) $t = 3\text{ min}$.
- e) $t = 12\text{ min}$.

2. (Fuvest 2013) Em um recipiente termicamente isolado e mantido a pressão constante, são colocados 138 g de etanol líquido. A seguir, o etanol é aquecido e sua temperatura T é medida como função da quantidade de calor Q a ele transferida. A partir do gráfico de $T \times Q$, apresentado na figura abaixo, pode-se determinar o calor específico molar para o estado líquido e o calor latente molar de vaporização do etanol como sendo, respectivamente, próximos de

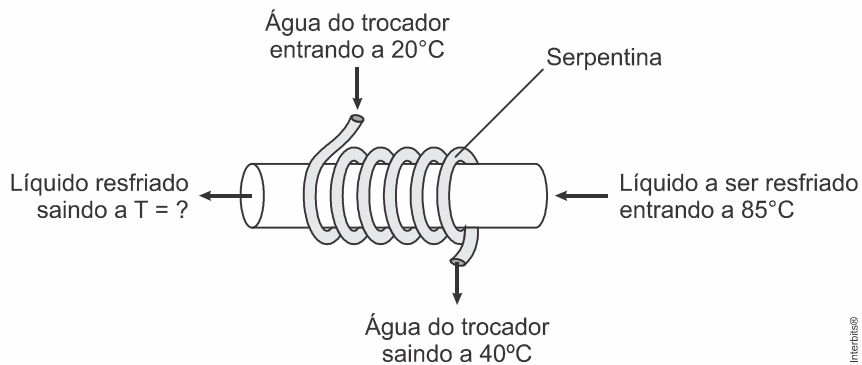


Dados: Fórmula do etanol = $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$; Massas molares = C(12g/mol), H(1g/mol), O(16g/mol).

- a) $0,12\text{ kJ}/(\text{mol}\cdot^{\circ}\text{C})$ e 36 kJ/mol .
- b) $0,12\text{ kJ}/(\text{mol}\cdot^{\circ}\text{C})$ e 48 kJ/mol .
- c) $0,21\text{ kJ}/(\text{mol}\cdot^{\circ}\text{C})$ e 36 kJ/mol .
- d) $0,21\text{ kJ}/(\text{mol}\cdot^{\circ}\text{C})$ e 48 kJ/mol .
- e) $0,35\text{ kJ}/(\text{mol}\cdot^{\circ}\text{C})$ e 110 kJ/mol .

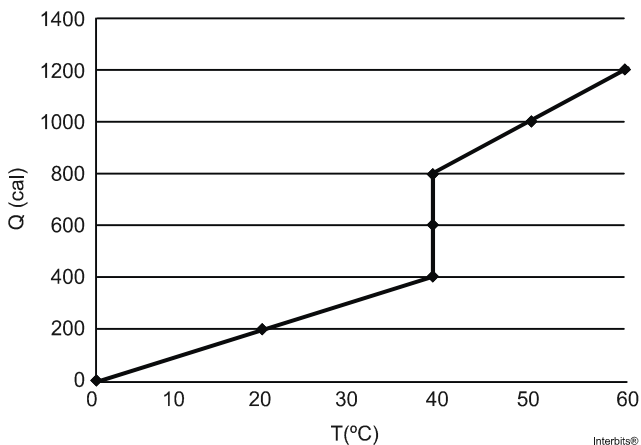
Lista de calor sensível, calor latente e sistema termicamente isolado

3. (Fuvest 2009) Um trocador de calor consiste em uma serpentina, pela qual circulam 18 litros de água por minuto. A água entra na serpentina à temperatura ambiente ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) e sai mais quente. Com isso, resfria-se o líquido que passa por uma tubulação principal, na qual a serpentina está enrolada. Em uma fábrica, o líquido a ser resfriado na tubulação principal é também água, a $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, mantida a uma vazão de 12 litros por minuto. Quando a temperatura de saída da água da serpentina for $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, será possível estimar que a água da tubulação principal esteja saindo a uma temperatura T de, aproximadamente,



- a) $75\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b) $65\text{ }^{\circ}\text{C}$
- c) $55\text{ }^{\circ}\text{C}$
- d) $45\text{ }^{\circ}\text{C}$
- e) $35\text{ }^{\circ}\text{C}$

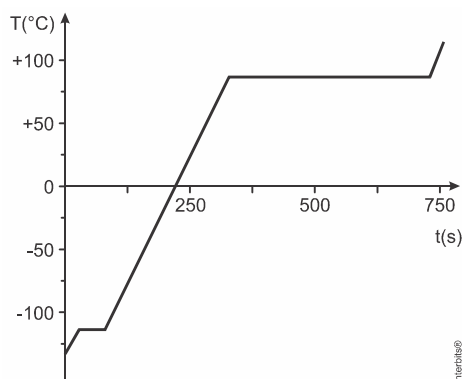
4. (Unifesp 2013) O gráfico representa o processo de aquecimento e mudança de fase de um corpo inicialmente na fase sólida, de massa igual a 100g .



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 $\text{cal}/(\text{g}^{\circ}\text{C})$, na fase sólida e na fase líquida.
- b) a temperatura de fusão, em $^{\circ}\text{C}$, e o calor latente de fusão, em calorias, do corpo.

5. (Fuvest 2017) Um cilindro termicamente isolado tem uma de suas extremidades fechadas por um pistão móvel, também isolado, que mantém a pressão constante no interior do cilindro. O cilindro contém uma certa quantidade de um material sólido à temperatura $T_i = -134\text{ °C}$. Um aquecedor transfere continuamente 3.000 W de potência para o sistema, levando-o à temperatura final $T_f = 114\text{ °C}$. O gráfico e a tabela apresentam os diversos processos pelos quais o sistema passa em função do tempo.



Processo	Intervalo de tempo (s)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)
I	0 – 24	20
II	24 – 78	0
III	78 – 328	200
IV	328 – 730	0
V	730 – 760	28

- Determine a energia total, E , fornecida pelo aquecedor desde $T_i = -134\text{ °C}$ até $T_f = 114\text{ °C}$.
- Identifique, para esse material, qual dos processos (I, II, III, IV ou V) corresponde à mudança do estado sólido para o estado líquido.
- Sabendo que a quantidade de energia fornecida pelo aquecedor durante a vaporização é $1,2 \times 10^6\text{ J}$, determine a massa, M , do material.
- Determine o calor específico a pressão constante, c_p , desse material no estado líquido.

Note e adote:

Calor latente de vaporização do material = 800 J/g .

Desconsidere as capacidades térmicas do cilindro e do pistão.

6. (Unicamp 2022) Foi inaugurada em 2021, no deserto do Atacama, no Chile, a primeira usina termossolar da América Latina. Nessa usina, a energia solar é usada para fundir uma mistura de sais em temperaturas elevadas. A energia térmica armazenada nesses sais fundidos é então usada para produzir vapor de água em alta pressão e temperatura, o qual aciona as turbinas geradoras de eletricidade. A coleta da energia solar é feita por mais de dez mil espelhos móveis (helióstatos) distribuídos sobre o terreno.

- A insolação diária σ é a energia solar incidente por unidade de área durante 1 dia. Na área $A = 6,0 \times 10^6\text{ m}^2$ do terreno ocupado pelos helióstatos, $\sigma = 8,0\text{ kWh/m}^2$. Uma fração de 5% dessa energia solar incidente no terreno é convertida em energia elétrica pela usina, energia esta fornecida para o consumo durante as 24 h do dia a uma potência constante. Qual é a potência fornecida pela usina?
- Quanto tempo leva para que uma massa $m = 25000$ toneladas de sal seja fundida se a potência luminosa usada para a fusão for $P_{\text{lumin}} = 400\text{ MW}$? O calor latente de fusão do sal é $L_{\text{sal}} = 160\text{ kJ/kg}$. Desde o início até o final do processo, a temperatura do sal permanece constante e igual à temperatura de fusão.

7. (Unesp 2018) A radiação solar incide sobre o painel coletor de um aquecedor solar de área igual a $2,0 \text{ m}^2$ na razão de 600 W/m^2 , em média.

- a) Considerando que em 5,0 minutos a quantidade da radiação incidente no painel transformada em calor é de $1,8 \times 10^5 \text{ J}$, calcule o rendimento desse processo (dica do Caio: $\text{rendimento} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{total}}}$).
- b) Considerando que o calor específico da água é igual a $4,0 \times 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)}$ e que 90% do calor transferido para a água são efetivamente utilizados no seu aquecimento, calcule qual deve ser a quantidade de calor transferido para 250 kg de água contida no reservatório do aquecedor para aquecê-la de 20 °C até 38 °C .

8. (G1 - ifsul 2020) Como consequência da busca cada vez maior pelo uso de energias renováveis, tem aumentado a utilização de energia solar para geração de energia elétrica e para aquecimento de água nas residências brasileiras.

A todo momento, o Sol emite grandes quantidades de energia para o espaço, e uma pequena parte dessa energia atinge a Terra. A quantidade de energia solar recebida, a cada unidade de tempo, por unidade de área, varia de acordo com o ângulo de inclinação dos raios solares em relação à superfície. Essa grandeza física é chamada de potência solar.

Considere que em determinada região do Brasil, a potência solar vale 200 W/m^2 e que uma placa solar para aquecimento de água tem área útil de 10 m^2 .

Considerando que todo calor absorvido pela placa é convertido em aquecimento da água e que o fluxo de água é de 5 litros ($m = 5.000 \text{ g}$) a cada 1 minuto, e adotando o calor específico da água igual a $4 \text{ J/g} \cdot \text{°C}$, qual é a elevação de temperatura que a placa solar é capaz de impor à água?

- a) 2 °C .
b) 4 °C .
c) 6 °C .
d) 10 °C .

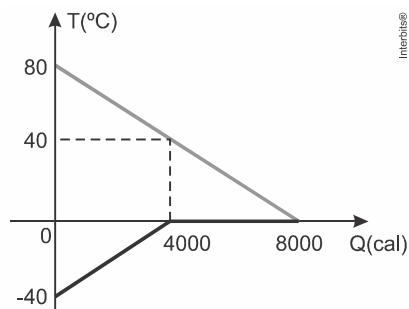
9. (Unesp 2012) Clarice colocou em uma xícara 50 mL de café a 80 °C , 100 mL de leite a 50 °C e, para cuidar de sua forma física, adoçou com 2 mL de adoçante líquido a 20 °C . Sabe-se que o calor específico do café vale $1 \text{ cal/(g} \cdot \text{°C)}$, do leite vale $0,9 \text{ cal/(g} \cdot \text{°C)}$, do adoçante vale $2 \text{ cal/(g} \cdot \text{°C)}$ e que a capacidade térmica da xícara é desprezível.



Considerando que as densidades do leite, do café e do adoçante sejam iguais e que a perda de calor para a atmosfera é desprezível, depois de atingido o equilíbrio térmico, a temperatura final da bebida de Clarice, em $^{\circ}\text{C}$, estava entre

- a) 75,0 e 85,0.
b) 65,0 e 74,9.
c) 55,0 e 64,9.
d) 45,0 e 54,9.
e) 35,0 e 44,9.

10. (G1 - ifsul 2015) Em um calorímetro ideal, misturam-se certa massa de água no estado sólido (gelo) com certa massa de água no estado líquido. O comportamento da Temperatura (T) em função da Quantidade de Calor (Q) para essa mistura é representado no gráfico.



Sabe-se que esse conjunto está submetido à pressão de 1 atm, que o Calor Latente de Fusão do gelo é $L_F = 80 \text{ cal/g}$, que o Calor Específico do Gelo é $c_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ e que o Calor Específico da água é $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$.

Qual é a massa de água no estado líquido no equilíbrio térmico?

- a) 50 g
- b) 100 g
- c) 150 g
- d) 300 g

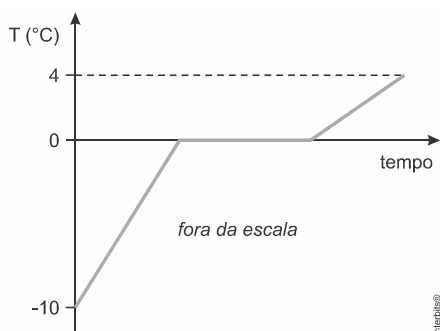
11. (Upf 2021) Ao preparar uma bebida, uma pessoa coloca pedaços de gelo em um copo que continha 100 ml de um líquido. Considerando que o gelo estava a -2°C e o líquido a 20°C e que haverá trocas de calor apenas entre o gelo e o líquido, podemos afirmar que a massa de gelo necessária para reduzir em 5°C a temperatura do líquido, será, em gramas, de:

Considere: calor específico da água = $1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$; calor específico do gelo = $0,5 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$; calor específico do líquido = $0,6 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$; calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g ; densidade do líquido $0,8 \text{ g/ml}$.

- a) 2,4
- b) 12
- c) 0,04
- d) 2,5
- e) 10

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

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



Lista de calor sensível, calor latente e sistema termicamente isolado

calor específico da água líquida	1 cal/g·°C
calor específico do gelo	0,5 cal/g·°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.

13. (Unifesp 2016) Considere um copo de vidro de 100 g contendo 200 g de água líquida, ambos inicialmente em equilíbrio térmico a 20 °C. O copo e a água líquida foram aquecidos até o equilíbrio térmico a 50 °C, em um ambiente fechado por paredes adiabáticas, com vapor de água inicialmente a 120 °C. A tabela apresenta valores de calores específicos e latentes das substâncias envolvidas nesse processo.

calor específico da água líquida	1 cal / (g·°C)
calor específico do vapor de água	0,5 cal / (g·°C)
calor específico do vidro	0,2 cal / (g·°C)
calor latente de liquefação do vapor de água	-540 cal / g

Considerando os dados da tabela, que todo o calor perdido pelo vapor tenha sido absorvido pelo copo com água líquida e que o processo tenha ocorrido ao nível do mar, calcule:

- a) a quantidade de calor, em cal, necessária para elevar a temperatura do copo com água líquida de 20 °C para 50 °C.
- b) a massa de vapor de água, em gramas, necessária para elevar a temperatura do copo com água líquida até atingir o equilíbrio térmico a 50 °C.

14. (G1 - col. naval 2021) Em um dia ensolarado, a beira do mar, um banhista introduz uma pedra de gelo de 50 g, a 0 °C, em uma garrafa térmica, contendo 250 g de água a 25 °C, e a fecha. Desconsidere as trocas de calor com a garrafa. Calcule a temperatura de equilíbrio do sistema, em °C, inicialmente formado por água e gelo, no interior da garrafa, e assinale a opção correta.

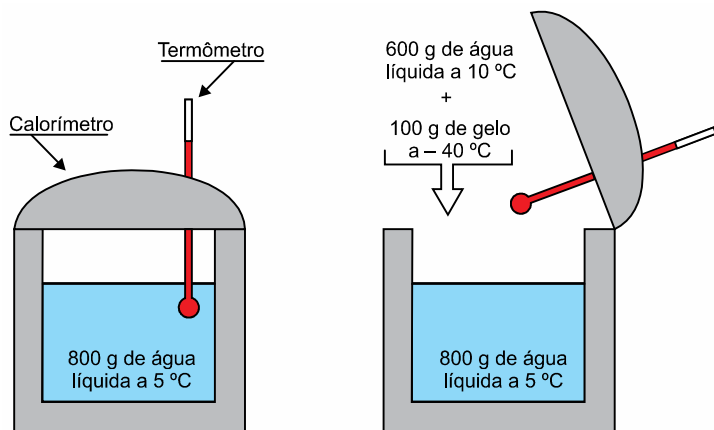
Dados:

Calor específico da água = 1,0 cal/g°C; e

Calor latente da água = 80 cal/g.

- a) 0
- b) 2.5
- c) 5
- d) 7.5
- e) 10

15. (Unesp 2022) Em um experimento de calorimetria realizado no nível do mar, um estudante colocou 600 g de água a 10 °C e 100 g de gelo a -40 °C em um calorímetro ideal, onde já existiam 800 g de água a 5 °C, em equilíbrio térmico com o calorímetro.



Sabendo que o calor específico da água líquida é $1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$, que o calor específico do gelo é $0,5 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ e que o calor latente de fusão do gelo é 80 cal/g , depois de atingido o novo equilíbrio térmico havia, dentro do calorímetro,

- a) 1 500 g de água líquida a 10°C .
- b) 1 450 g de água líquida e 50 g de gelo a 0°C .
- c) 1 500 g de gelo a -5°C .
- d) 1 500 g de água líquida a 0°C .
- e) 1 500 g de gelo a 0°C .

16. (Ufpel 2000) Num dia muito quente, Roberto pretende tomar um copo de água bem gelada. Para isso, coloca, num recipiente termicamente isolado e de capacidade térmica desprezível, 1000g de água a 15°C e 200g de gelo a -6°C . Esperando pelo equilíbrio térmico, Roberto obterá

São dados:

calor específico da água = $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

calor específico do gelo = $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g

- a) 1020g de água e 180g de gelo, ambos a 0°C .
- b) 1180g de água e 20g de gelo, ambos a 0°C .
- c) 1100g de água e 100g de gelo, ambos a -1°C .
- d) 1200g de água a 0°C .
- e) 1200g de água a 1°C .

17. (Ita 2006) Um bloco de gelo com 725 g de massa é colocado num calorímetro contendo 2,50 kg de água a uma temperatura de $5,0^\circ\text{C}$, verificando-se um aumento de 64 g na massa desse bloco, uma vez alcançado o equilíbrio térmico. Considere o calor específico da água ($c = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) o dobro do calor específico do gelo, e o calor latente de fusão do gelo de 80 cal/g . Desconsiderando a capacidade térmica do calorímetro e a troca de calor com o exterior, assinale a temperatura inicial do gelo.

- a) $-191,4^\circ\text{C}$
- b) $-48,6^\circ\text{C}$
- c) $-34,5^\circ\text{C}$
- d) $-24,3^\circ\text{C}$
- e) $-14,1^\circ\text{C}$

18. (Unifesp) Sobrefusão é o fenômeno em que um líquido permanece nesse estado a uma temperatura inferior à de solidificação, para a correspondente pressão. Esse fenômeno pode ocorrer quando um líquido cede calor lentamente, sem que sofra agitação. Agitado, parte do líquido solidifica, liberando calor para o restante, até que o equilíbrio térmico seja atingido à temperatura de solidificação para a respectiva pressão. Considere uma massa de 100 g de água em sobrefusão a temperatura de -10°C e pressão de 1 atm, o calor específico da água de $1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ e o calor latente de solidificação da água de -80 cal/g . A massa de água que sofrerá solidificação se o líquido for agitado será

- a) 8,7 g.
- b) 10,0 g.
- c) 12,5 g.
- d) 50,0 g.
- e) 60,3 g.

19. Dois calorímetros ideais, A e B, são preenchidos com 100 g e 200 g de água, respectivamente. No equilíbrio térmico, ambos estão a 20°C . Um terceiro corpo, inicialmente a 90°C , com capacidade térmica igual a $400 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$, é colocado primeiro no calorímetro A e, em seguida, no calorímetro B, de modo que, ao término dessas duas operações todos os corpos apresentam a mesma temperatura. Obtenha a temperatura do terceiro corpo ao ser retirado do calorímetro A.

Gabarito:

Resposta da questão 1:

[E]

Dados: $m = 200 \text{ g}$; $\Delta T = 80 - 20 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$; $c = 0,03 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C} = 0,12 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$; $P = 2 \text{ W}$ (do gráfico).

Combinando a expressão da potência com a equação do calor sensível:

$$\left\{ \begin{array}{l} P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = P \Delta t \\ Q = mc \Delta T \end{array} \right\} \Rightarrow P \Delta t = mc \Delta T \Rightarrow \Delta t = \frac{mc \Delta T}{P} = \frac{200 \times 0,12 \times 60}{2} = 720 \text{ s} \Rightarrow$$

$$\Delta t = 12 \text{ min}$$

Resposta da questão 2:

[A]

Dados: Fórmula do etanol = $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$; Massas molares = C(12g/mol), H(1g/mol), O(16g/mol); $m = 138 \text{ g}$

Calculando a massa molar do etanol:

$$M = 2(12) + 5(1) + 16 + 1 = 46 \text{ g.}$$

O número de mols contido nessa amostra é:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{138}{46} \Rightarrow n = 3.$$

Analisando o gráfico, notamos que durante o aquecimento a energia absorvida na forma de calor sensível (Q_s) e a correspondente variação de temperatura ($\Delta\theta$) são, respectivamente:

$$Q_s \cong 35 \text{ kcal}; \Delta\theta \cong 78 - (-18) = 96 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Aplicando a equação do calor sensível na forma molar:

$$Q_s = n c_L \Delta\theta \Rightarrow c_L = \frac{Q}{n \Delta\theta} = \frac{35}{3(96)} \Rightarrow c_L \cong 0,12 \text{ kJ/mol}\cdot^\circ\text{C}.$$

Ainda do gráfico, a quantidade de calor absorvida durante a vaporização (Q_v) é:

$$Q = 145 - 35 = 110 \text{ kJ}.$$

Aplicando a equação do calor latente, também na forma molar:

$$Q_v = n L_v \Rightarrow L_v = \frac{Q_v}{n} = \frac{110}{3} \Rightarrow L_v = 36,7 \text{ kJ/mol}.$$

Resposta da questão 3:

[C]

Em um minuto: Circulam 18 litros de água na serpentina: $18 \text{ kg} = 18.000 \text{ g}$; $T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t = 18.000 \cdot 1 \cdot (40 - 20) = 360.000 \text{ cal}$$

No mesmo minuto: 12 litros de água a ser resfriada: $12 \text{ kg} = 12.000 \text{ g}$; $T_0 = 85 \text{ }^\circ\text{C}$; $T = ?$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \Rightarrow -360.000 = 12.000 \cdot 1 \cdot (T - 85) \Rightarrow -30 = T - 85 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$$

Resposta da questão 4:

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

Do gráfico:

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

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

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:

$$Q_{\text{fusão}} = m L_{\text{fusão}} \Rightarrow L_{\text{fusão}} = \frac{Q_{\text{fusão}}}{m} = \frac{400}{100} \Rightarrow L_{\text{fusão}} = 4 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}.$$

Resposta da questão 5:

a) Da tabela, nota-se que o intervalo de tempo necessário para que ocorram os cinco processos e $\Delta t = 760 \text{ s}$.

Aplicando a definição de potência:

$$P = \frac{E}{\Delta t} \Rightarrow E = P \Delta t = 3.000 \cdot 760 \Rightarrow E = 2,28 \times 10^6 \text{ J.}$$

b) A mudança do estado sólido para o estado líquido ocorre no processo II, pois na fusão a temperatura permanece constante.

c) O calor latente de fusão do material é $L_f = 800 \text{ J/g}$ e a energia fornecida durante a fusão é $E_f = 1,2 \times 10^6 \text{ J}$.

Aplicando a equação do calor latente:

$$E_f = M L_f \Rightarrow M = \frac{E_f}{L_f} = \frac{1,2 \times 10^6}{800} \Rightarrow M = 1.500 \text{ g} \Rightarrow M = 1,5 \text{ kg.}$$

d) De acordo com a tabela, durante aquecimento do material no estado líquido (processo III) a variação de temperatura é $\Delta T = 200^\circ\text{C}$ e o intervalo de tempo do processo é: $\Delta t = 328 - 78 = 250 \text{ s}$.

Combinando as expressões de potência e calor sensível, vem:

$$\begin{cases} E = P \Delta t \\ E = m c_p \Delta T \end{cases} \Rightarrow m c_p \Delta T = P \Delta t \Rightarrow c_p = \frac{P \Delta t}{M \Delta T} = \frac{3.000 \cdot 250}{1,5 \cdot 200} \Rightarrow c_p = 2.500 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}.$$

Resposta da questão 6:

a) Da definição de potência:

Dados: $A = 6,0 \times 10^6 \text{ m}^2$; $\sigma = 8 \text{ kWh/m}^2$; $\eta = 5\% = 0,05$; $\Delta t = 24 \text{ h}$.

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\eta \sigma A}{\Delta t} = \frac{0,05 \times 8 \times 6 \times 10^6}{24} \left[\frac{\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^2}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \right] \Rightarrow P = 1 \times 10^5 \text{ kW}$$

b) Novamente, a definição de potência:

Dados: $m = 25000 \text{ t} = 25 \times 10^6 \text{ kg}$; $L = 160 \text{ kJ/kg} = 160 \times 10^3 \text{ J/kg}$; $P = 400 \text{ MW} = 400 \times 10^6 \text{ W}$.

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta E}{P} \Rightarrow \Delta t = \frac{mL}{P} = \frac{25 \times 10^6 \times 160 \times 10^3}{400 \times 10^6} \Rightarrow \Delta t = 1 \times 10^4 \text{ s}$$

Resposta da questão 7:

a) Potência total da radiação incidente:

$$P_t = 2 \text{ m}^2 \cdot 600 \text{ W/m}^2 = 1200 \text{ W}$$

Potência útil (transformada em calor):

$$P_u = \frac{1,8 \cdot 10^5 \text{ J}}{5 \cdot 60 \text{ s}} = 600 \text{ W}$$

Sendo assim, o rendimento é de:

$$\eta = \frac{600 \text{ W}}{1200 \text{ W}} = 0,5$$

$$\therefore \eta = 50\%$$

b) Pela equação da calorimetria, temos:

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

$$0,9Q_t = 250 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot (38 - 20)$$

$$0,9Q_t = 18 \cdot 10^6$$

$$\therefore Q_t = 2 \cdot 10^7 \text{ J}$$

Resposta da questão 8:

[C]

Considerando que toda energia solar é transmitida para o aquecimento da água, isto é, a energia solar é igual ao calor sensível, em termos de potência, a potência solar (P_S) é igual à potência de aquecimento da água (P_a).

Cálculo da potência solar.

$$P_S = 200 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 10 \text{ m}^2 \therefore P_S = 2000 \text{ W}$$

Como a potência de aquecimento da água é igual à potência solar, determinamos a diferença de temperatura, ΔT . Usando a relação $1 \text{ L} = 1000 \text{ g}$, para a água, obtém-se:

$$P_a = \frac{m}{t} \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow 2000 \text{ W} = \frac{5000 \text{ g}}{60 \text{ s}} \cdot 4 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{2000 \text{ W} \cdot 60 \text{ s}}{5000 \text{ g} \cdot 4 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}} \therefore \Delta T = 6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Resposta da questão 9:

[C]

$$V_{\text{Café}} = 50 \text{ mL}; V_{\text{Leite}} = 100 \text{ mL}; V_{\text{Adoçante}} = 2 \text{ mL}; c_{\text{Café}} = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}; c_{\text{Leite}} = 0,9 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}; c_{\text{Adoçante}} = 2 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}.$$

Considerando o sistema termicamente isolado, vem:

$$Q_{\text{Café}} + Q_{\text{Leite}} + Q_{\text{Adoçante}} = 0 \Rightarrow (mc\Delta\theta)_{\text{Café}} + (mc\Delta\theta)_{\text{Leite}} + (mc\Delta\theta)_{\text{Adoçante}} = 0 \Rightarrow$$

Como as densidades (ρ) dos três líquidos são iguais, e a massa é o produto da densidade pelo volume ($m = \rho \cdot V$), temos:

$$(\rho V c \Delta\theta)_{\text{Café}} + (\rho V c \Delta\theta)_{\text{Leite}} + (\rho V c \Delta\theta)_{\text{Adoçante}} = 0 \Rightarrow$$

$$50(1)(\theta - 80) + 100(0,9)(\theta - 50) + 2(2)(\theta - 20) = 0 \Rightarrow$$

$$50\theta - 4.000 + 90\theta - 4.500 + 4\theta - 80 = 0 \Rightarrow$$

$$144\theta = 8.580 \Rightarrow \theta = \frac{8.580}{144} \Rightarrow$$

$$\theta = 59,6 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Portanto, a temperatura de equilíbrio está sempre $55 \text{ }^\circ\text{C}$ e $64,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Resposta da questão 10:

[C]

Seja Q o módulo da quantidade de calor trocada entre o gelo de -40°C até 0°C e a água de 80°C até 40°C .

Do gráfico, $Q = 4.000 \text{ cal}$.

Calculando as massas iniciais de água (m_1) e gelo (m_2):

$$\begin{cases} \text{Água: } -Q = m_1 c_a \Delta\theta_a \Rightarrow -4.000 = m_1(1)(40 - 80) \Rightarrow m_1 = 100 \text{ g.} \\ \text{Gelo: } Q = m_2 c_g \Delta\theta_g \Rightarrow 4.000 = m_2(0,5)(0 - 40) \Rightarrow m_2 = 200 \text{ g.} \end{cases}$$

A massa de gelo que funde (m') é a que recebeu $Q' = 4.000$ cal.

$$Q' = m' L_f \Rightarrow 4.000 = m'(80) \Rightarrow m' = 50 \text{ g.}$$

A massa de água (m) no equilíbrio térmico é:

$$m = m_1 + m' = 100 + 50 \Rightarrow \boxed{m = 150 \text{ g.}}$$

Resposta da questão 11:

[D]

Sendo m a massa de gelo, temos que:

Calor necessário para o gelo chegar a 0°C :

$$Q_1 = m \cdot 0,5 \cdot (0 + 2) = m$$

Calor necessário para todo o gelo derreter:

$$Q_2 = m \cdot 80 = 80m$$

Calor necessário para a água oriunda do gelo atingir a temperatura final:

$$Q_3 = m \cdot 1 \cdot (15 - 0) = 15m$$

Massa do líquido:

$$m_\ell = d_\ell V_\ell = 0,8 \cdot 100$$

$$m_\ell = 80 \text{ g}$$

Calor necessário para o líquido ter a sua temperatura reduzida em 5°C :

$$Q_4 = 80 \cdot 0,6 \cdot (-5) = -240 \text{ cal}$$

Logo:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0$$

$$m + 80m + 15m - 240 = 0$$

$$96m = 240$$

$$\therefore m = 2,5 \text{ g}$$

Resposta da questão 12:

- Quantidade de calor recebido pela massa correspondente ao bloco de gelo, até que a água proveniente desse bloco atinja o equilíbrio térmico:

$$Q_{\text{gelo}} = (mc\Delta\theta)_{\text{bloco degelo}} + (mL)_{\text{fusão}} + (mc\Delta\theta)_{\text{água do gelo}} =$$

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

- 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:

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

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

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

Resposta da questão 13:

a) A quantidade de calor necessária para elevar a temperatura do copo com água é igual a soma dos calores necessários para elevar a temperatura dos dois (copo e água separadamente). Assim,

$$Q_T = Q_c + Q_{\text{H}_2\text{O}} = (m \cdot c \cdot \Delta T)_c + (m \cdot c \cdot \Delta T)_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$Q_T = (100 \cdot 0,2 \cdot 30) + (200 \cdot 1 \cdot 30)$$

$$Q_T = 600 + 6000$$

$$Q_T = 6600 \text{ cal}$$

b) O calor fornecido pelo vapor d'água ao copo com água é:

$$Q_v = Q_{120^\circ\text{C} \rightarrow 100^\circ\text{C}} + Q_L + Q_{100^\circ\text{C} \rightarrow 50^\circ\text{C}}$$

$$Q_v = m \cdot c_v \cdot (-20) + m \cdot L + m \cdot c \cdot (-50)$$

$$Q_v = m \cdot 0,5 \cdot (-20) + m(-540) + m \cdot 1 \cdot (-50)$$

$$Q_v = -600m$$

Para o equilíbrio térmico, a soma algébrica das quantidades de calor trocadas deve ser igual a zero. Assim,

$$\sum Q = 0$$

$$Q_T + Q_v = 0$$

$$6600 - 600m = 0$$

$$m = 11 \text{g}$$

A massa de vapor necessária é de 11 gramas.

Resposta da questão 14:

[D]

O sistema é termicamente isolado. Então:

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

$$m_g L_f + m_g c_a (T - 0) + m_a c_a (T - 25) = 0 \Rightarrow$$

$$50(80) + 50(1)(T) + 250(1)(T - 25) = 0 \Rightarrow$$

$$80 + T + 5T - 125 = 0 \Rightarrow 6T = 45 \Rightarrow T = 7,5^\circ\text{C}$$

Resposta da questão 15:

[D]

As duas porções de água fornecem calor para o gelo. Primeiramente, verifica-se se o calor liberado por essas duas porções é suficiente para levar o gelo à fusão total.

1. Calor necessário (Q_N) para levar a massa de gelo -40°C até a fusão total:

$$Q_N = Q_{\text{gelo}} + Q_{\text{fusão}} = (mc\Delta T)_{\text{gelo}} + (mL)_{\text{fusão}} = 100 \times 0,5 \times [0 - (-40)] + 100 \times 80 \Rightarrow$$

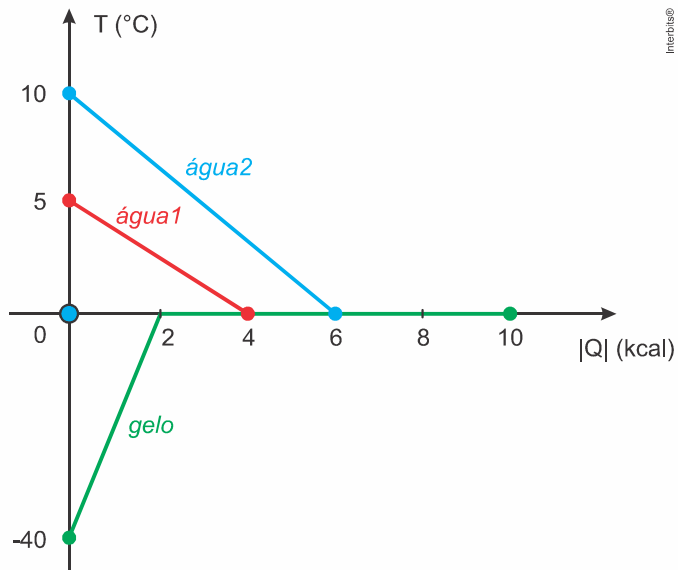
$$Q_N = 2.000 + 8.000 \Rightarrow Q_N = 10.000 \text{ cal}$$

2. Calor liberado (Q_L) pelas duas massas de água até atingir 0°C :

$$Q_L = Q_{\text{água1}} + Q_{\text{água2}} = (mc\Delta T)_{\text{água1}} + (mc\Delta T)_{\text{água2}} = 800 \times 1 [0 - 5] + 600 \times 1 [0 - 10] \Rightarrow$$

$$Q_L = -4.000 - 6.000 \Rightarrow |Q_L| = 10.000 \text{ cal}$$

Como as duas quantidades de calor são iguais, em módulo, todo o gelo se funde e a temperatura de equilíbrio é 0 °C. O gráfico ilustra a situação descrita.



Resposta da questão 16:

[B]

Resposta da questão 17:

[B]

Troca de calor:

$$Q(\text{gelo}) + Q(\text{agua}) + Q(\text{água congelada}) = 0$$

$$725 \cdot 0,5 \cdot (0-x) + 2500 \cdot 1 \cdot (0-5) + 64 \cdot (-80) = 0$$

$$-362,5 \cdot x - 12500 - 5120 = 0$$

$$-362,5 \cdot x = 17620$$

$$x = -17620/362,5 = -48,6^\circ\text{C}$$

Resposta da questão 18:

[C]

Resposta da questão 19

80°C