

1. (Unicamp 2022) A água é essencial para a vida, não apenas por compor a maior parte do corpo das plantas, mas também pelas suas propriedades. Devido às pontes de hidrogênio formadas entre as moléculas, a água tem um alto calor específico e também um alto calor latente de vaporização. Essas propriedades são essenciais para a regulação térmica das plantas em um ambiente em constante mudança, onde temperatura e disponibilidade de água variam sazonalmente.

- a) Tecidos hidratados possuem menor variação da sua temperatura se comparados a tecidos desidratados. Considerando o enunciado, defina a propriedade da água que explica esse fenômeno.
- b) Em uma situação de baixa disponibilidade de água no solo, a temperatura das folhas aumenta. Com base no enunciado, explique esse fenômeno.

2. (Fcmscsp 2022) Uma esfera metálica maciça, de massa 600 g e inicialmente a 20 °C, encontra-se no interior de um calorímetro de capacidade térmica desprezível. Adiciona-se ao calorímetro certa massa de água a 90 °C e, após certo tempo, o sistema atinge o equilíbrio térmico a 70 °C.

- a) Sabendo que os calores específicos da água e do material que constitui a esfera são, respectivamente, 1,0 cal/(g·°C) e 0,20 cal/(g·°C), calcule a quantidade de calor absorvida pela esfera nesse processo, em calorias, e a massa de água adicionada ao calorímetro, em gramas.
- b) Sabendo que o volume da esfera a 20 °C é 200 cm³, e que o coeficiente de dilatação linear do metal que a constitui é $2,0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, calcule a variação do volume da esfera, em cm³, entre o início e o fim do processo.

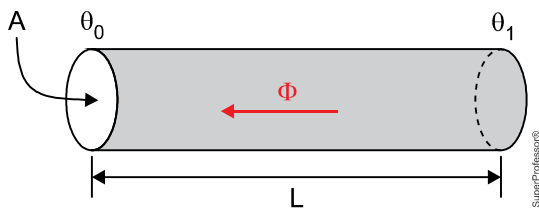
3. (Unicamp 2016) O Parque Güell em Barcelona é um dos mais impressionantes parques públicos do mundo e representa uma das obras mais marcantes do arquiteto Antoni Gaudí. Em sua obra, Gaudí utilizou um número imenso de azulejos coloridos.

- a) Considere que, no Parque Güell, existe um número $N = 2 \times 10^6$ de azulejos cujas faces estão perfeitamente perpendiculares à direção da radiação solar quando o sol está a pino na cidade de Barcelona. Nessa situação, a intensidade da radiação solar no local é $I = 1200 \text{ W/m}^2$. Estime a área de um azulejo tipicamente presente em casas e, a partir da área total dos N azulejos, calcule a energia solar que incide sobre esses azulejos durante um tempo $t = 60 \text{ s}$.
- b) Uma das esculturas mais emblemáticas do parque Güell tem a forma de um réptil multicolorido conhecido como *El Drac*, que se converteu em um dos símbolos da cidade de Barcelona. Considere que a escultura absorva, em um dia ensolarado, uma quantidade de calor $Q = 3500 \text{ kJ}$. Considerando que a massa da escultura é $m = 500 \text{ kg}$ e seu calor específico é $c = 700 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, calcule a variação de temperatura sofrida pela escultura, desprezando as perdas de calor para o ambiente.

4. (Unesp 2018) A radiação solar incide sobre o painel coletor de um aquecedor solar de área igual a 2,0 m² na razão de 600 W/m², 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.
- b) Considerando que o calor específico da água é igual a $4,0 \times 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{ } ^\circ\text{C)}$ 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.

5. (Famerp 2023) Uma barra cilíndrica de alumínio tem, à temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, comprimento $L = 50\text{ cm}$ e área da seção transversal $A = 5,0\text{ cm}^2$. Essa barra é mantida com uma das bases à temperatura constante $\theta_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a outra base à temperatura constante $\theta_1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$.



- a) O fluxo de calor por condução Φ , ou seja, a quantidade de calor transferida por unidade de tempo, através dessa barra, obedece à expressão: $\Phi = k \frac{A \cdot (\theta_1 - \theta_0)}{L}$ sendo k o coeficiente de condutibilidade térmica que, para o alumínio, vale $0,50\text{ cal}/(\text{s} \cdot \text{cm} \cdot ^{\circ}\text{C})$. Calcule o fluxo de calor por condução, em cal/s , através dessa barra e a quantidade de calor em calorias, que flui de uma base à outra da barra em 1,0 minuto.
- b) Considerando que a área da base do cilindro à temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ está $2,20 \times 10^{-2}\text{ cm}^2$ maior do que a área da outra base, que está à temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, calcule os coeficientes de dilatação superficial e linear do alumínio, em $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

6. (Fuvest 2011) Um forno solar simples foi construído com uma caixa de isopor, forrada internamente com papel alumínio e fechada com uma tampa de vidro de $40\text{ cm} \times 50\text{ cm}$. Dentro desse forno, foi colocada uma pequena panela contendo 1 xícara de arroz e 300 ml de água à temperatura ambiente de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Suponha que os raios solares incidam perpendicularmente à tampa de vidro e que toda a energia incidente na tampa do forno a atravesse e seja absorvida pela água. Para essas condições, calcule:

- a) A potência solar total P absorvida pela água.
 b) A energia E necessária para aquecer o conteúdo da panela até $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 c) O tempo total T necessário para aquecer o conteúdo da panela até $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e evaporar $1/3$ da água nessa temperatura (cozer o arroz).

NOTE E ADOTE

Potência solar incidente na superfície da Terra: 1 kW/m^2

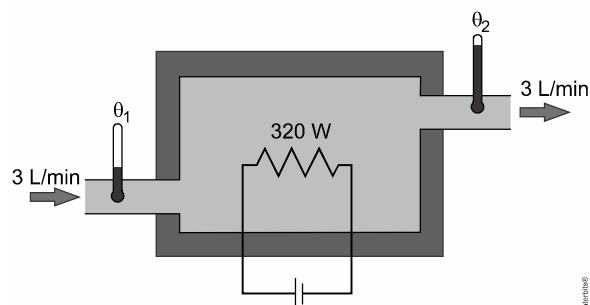
Densidade da água: 1 g/cm^3

Calor específico da água: $4\text{ J}/(\text{g } ^{\circ}\text{C})$

Calor latente de evaporação da água: 2200 J/g

Desconsidere as capacidades caloríficas do arroz e da panela.

7. (Unifesp 2019) A figura representa um calorímetro de fluxo, cuja função é medir o calor específico de determinado líquido de densidade 800 kg/m^3 . Esse líquido flui pelo aparelho com uma vazão constante de 3 L/min , entra à temperatura $\theta_1 = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e sai à temperatura $\theta_2 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, depois de ter sido aquecido por um aquecedor de potência constante de 320 W .



Considere que todo calor fornecido pelo aquecedor seja absorvido pelo líquido.

- a) Calcule a energia térmica, em J , dissipada pelo aquecedor, necessária para aquecer 6 L do líquido.
 b) Determine o calor específico do líquido, em $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$.

8. (Unifesp 2015) Em um copo, de capacidade térmica $60 \text{ cal}/^\circ\text{C}$ e a 20°C , foram colocados 300 mL de suco de laranja, também a 20°C , e, em seguida, dois cubos de gelo com 20 g cada um, a 0°C .

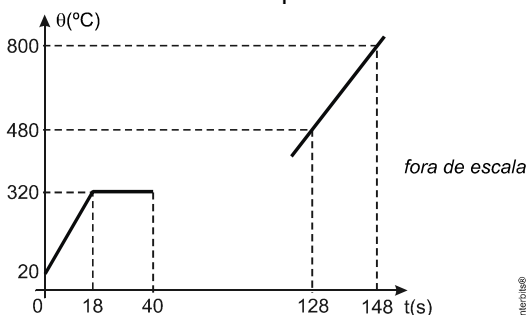
Considere os dados da tabela:

densidade da água líquida	$1 \text{ g}/\text{cm}^3$
densidade do suco	$1 \text{ g}/\text{cm}^3$
calor específico da água líquida	$1 \text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C})$
calor específico do suco	$1 \text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C})$
calor latente de fusão do gelo	$80 \text{ cal}/\text{g}$

Sabendo que a pressão atmosférica local é igual a 1 atm , desprezando perdas de calor para o ambiente e considerando que o suco não transbordou quando os cubos de gelo foram colocados, calcule:

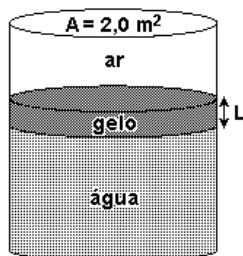
- o volume submerso de cada cubo de gelo, em cm^3 , quando flutua em equilíbrio assim que é colocado no copo.
- a temperatura da bebida, em $^\circ\text{C}$, no instante em que o sistema entra em equilíbrio térmico.

9. (Unesp 2013) Determinada substância pura encontra-se inicialmente, quando $t = 0 \text{ s}$, no estado sólido, a 20°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.



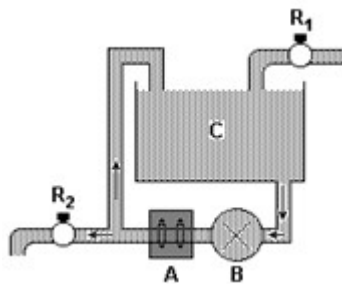
Sabendo-se que a massa da substância é de 100 g e que seu calor específico na fase sólida é igual a $0,03 \text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C})$, calcule a quantidade de calor necessária para aquecê-la desde 20°C até a temperatura em que se inicia sua fusão, e determine o instante em que se encerra a fusão da substância.

10. (Unicamp) Nas regiões mais frias do planeta, camadas de gelo podem se formar rapidamente sobre um volume de água a céu aberto. A figura a seguir mostra um tanque cilíndrico de água cuja área da base é $A = 2,0 \text{ m}^2$, havendo uma camada de gelo de espessura L na superfície da água. O ar em contato com o gelo está a uma temperatura $T_{\text{ar}} = -10^\circ\text{C}$, enquanto a temperatura da água em contato com o gelo é $T_{\text{água}} = 0,0^\circ\text{C}$.



- O calor é conduzido da água ao ar através do gelo. O fluxo de calor Φ_{cal} , definido como a quantidade de calor conduzido por unidade de tempo, é dado por $\Phi_{\text{cal}} = kA (T_{\text{água}} - T_{\text{ar}})/L$, onde $k = 4,0 \times 10^{-3} \text{ cal}/(\text{s cm}^\circ\text{C})$ é a condutividade térmica do gelo. Qual é o fluxo de calor Φ_{cal} quando $L = 5,0 \text{ cm}$?
- Ao solidificar-se, a água a 0°C perde uma quantidade de calor que é proporcional à massa de água transformada em gelo. A constante de proporcionalidade L_s é chamada de calor latente de solidificação. Sabendo-se que o calor latente de solidificação e a densidade do gelo valem, respectivamente, $L_s = 80 \text{ cal}/\text{g}$ e $\rho_{\text{g}} = 0,90 \text{ g}/\text{cm}^3$, calcule a quantidade de calor trocado entre a água e o ar para que a espessura do gelo aumente de $5,0 \text{ cm}$ para 15 cm .

11. (Fuvest) Uma caixa d'água C, com capacidade de 100 litros, é alimentada, através do registro R₁, com água fria a 15°C, tendo uma vazão regulada para manter sempre constante o nível de água na caixa. Uma bomba B retira 3ℓ/min de água da caixa e os faz passar por um aquecedor elétrico A (inicialmente desligado). Ao ligar-se o aquecedor, a água é fornecida, à razão de 2ℓ/min, através do registro R₂, para uso externo, enquanto o restante da água aquecida retorna à caixa para não desperdiçar energia.

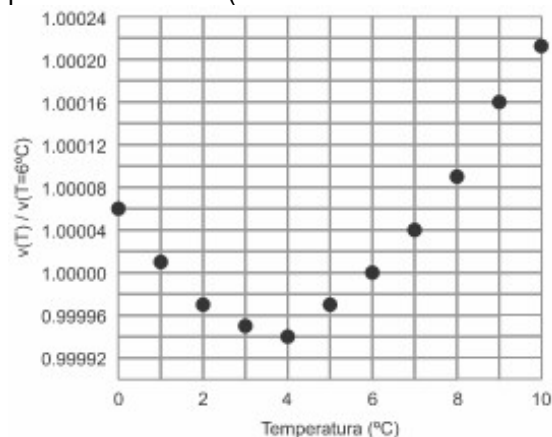


No momento em que o aquecedor, que fornece uma potência constante, começa a funcionar, a água, que entra nele a 15°C, sai a 25°C. A partir desse momento, a temperatura da água na caixa passa então a aumentar, estabilizando-se depois de algumas horas. Desprezando perdas térmicas, determine, após o sistema passar a ter temperaturas estáveis na caixa e na saída para o usuário externo:

Dado: 1 cal = 4 J

- A quantidade de calor Q, em J, fornecida a cada minuto pelo aquecedor.
- A temperatura final T₂, em °C, da água que sai pelo registro R₂ para uso externo.
- A temperatura final T_C, em °C, da água na caixa.

12. (Fuvest 2022) O último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da ONU (IPCC) mostra que uma parcela significativa do aumento dos níveis dos oceanos vem da expansão térmica da água. Essa expansão ocorre principalmente nas camadas superiores dos oceanos, até cerca de 700 m de profundidade. O gráfico a seguir mostra a variação da razão $v(T)/v(T = 6\text{ }^\circ\text{C})$ onde $v(T)$ é o volume de 1 g de água (em cm³) à pressão ambiente (também chamado de volume específico) em função da temperatura T expressa em graus Celsius.



- Se uma coluna de água inicialmente a uma temperatura de 1 °C for aquecida até 3 °C, sua altura aumenta ou diminui? Justifique com base nos dados do gráfico.
- Considere uma coluna de água cuja altura a 6 °C é de 700 m. Assumindo que toda a expansão volumétrica ocorra na direção vertical e que sua massa não varie, estime, com base nos dados do gráfico, a variação de altura da coluna quando esta é aquecida de 6 °C até 9 °C. Expresse seu resultado em centímetros.
- Considere uma coluna de água de 700 m de altura que sofre um aumento de temperatura de 2 °C. Assumindo que a massa dessa coluna de água não varie, desprezando a variação da massa específica da água com a temperatura e admitindo que esta seja constante e igual a 1 g/cm³, calcule o calor absorvido pela coluna por unidade de área de superfície. Expresse seu resultado em J/m².

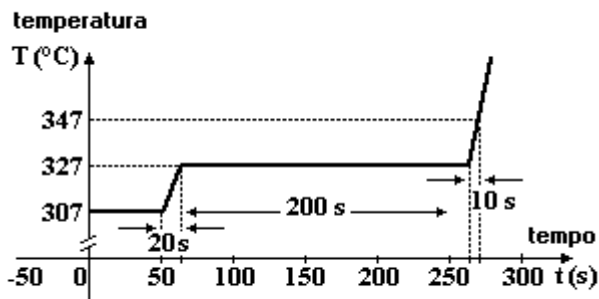
Note e adote:

Considere que o volume específico da água (definida pelo inverso da massa específica) não varie com a profundidade.

Calor específico da água: 4,2 J/(g °C).

13. (Fuvest) Um recipiente de paredes finas contém 100 g de uma liga metálica. O gráfico representa a temperatura T da liga em função do tempo t .

Até o instante $t = 50$ s, a liga recebe de um aquecedor a potência $P_0 = 30$ W e, a partir desse instante, passa a receber a potência $P_1 = 43$ W. A temperatura de fusão da liga é 327 °C e a de ebulição é superior a 1500 °C. Na situação considerada a liga perde calor para o ambiente a uma taxa constante. Avalie:



- a) a quantidade de calor perdida pela liga, a cada segundo, em J.
- b) a energia (em J) necessária para fundir 1 g da liga.
- c) a energia (em J) necessária para elevar, de 1 °C, a temperatura de 1 g da liga no estado líquido.
- d) a energia (em J) necessária para elevar, de 1 °C, a temperatura de 1 g da liga no estado sólido.

14. (Fuvest 2024) Um estudo recente feito por pesquisadores do Caltech⁽¹⁾ mostrou que, desde o início do século XXI, o volume de gelo acumulado no oceano Ártico durante o inverno diminuiu em cerca de 6000 km³, redução em grande parte impulsionada pela mudança na espessura do gelo, passando de um padrão denominado “plurianual” para outro padrão conhecido como “gelo marinho sazonal”.

Segundo os autores do estudo, o gelo mais antigo e plurianual tende a ser mais espesso e, portanto, seu derretimento é mais demorado. À medida que esse “reservatório” de gelo “antigo” marinho do Ártico se esgota e o gelo sazonal passa a predominar, espera-se que a espessura e o volume globais do gelo marinho do Ártico diminuam.

- a) Estime, em kg, o acréscimo na massa de água no oceano devido ao degelo no Ártico desde o início do século XXI.
- b) Sabendo que a área do oceano Ártico é de aproximadamente $1,5 \times 10^7$ km², se todo esse gelo perdido formasse uma camada sobre a superfície desse oceano, qual seria a espessura dessa camada?
- c) Estime a mínima quantidade de energia (em joules) para derreter completamente uma tonelada de gelo inicialmente a uma temperatura de -20 °C.

Note e adote:

Propriedades do gelo (plurianual ou sazonal):

Densidade = $0,92$ g/cm³

Calor específico = 2×10^3 J/kg·°C

Calor latente de fusão = 3×10^5 J/kg

15. (Ufmg) Em uma aula no Laboratório de Física, o Professor Jésus realiza o experimento que se descreve a seguir.

Inicialmente, ele imerge um aquecedor elétrico em $1,0$ kg de água, à temperatura de 23 °C, contida num recipiente de isopor. Em seguida, o recipiente é tampado e o aquecedor é ligado, até a temperatura da água atingir 45 °C.

Considere que a tensão e a corrente elétricas, no aquecedor, são, respectivamente, de 220 V e de $1,0$ A. Despreze a capacidade térmica do recipiente e a do aquecedor.

- a) Com base nessas informações, CALCULE o tempo que o aquecedor ficou ligado.
- b) Em seguida, o Professor Jésus coloca $0,60$ kg de gelo, a $0,0$ °C, na água contida no recipiente, tampa novamente, e espera até a temperatura dela se estabilizar. Sabe-se que o calor latente de fusão do gelo é de $3,3 \times 10^5$ J/kg. Considerando essas informações, CALCULE a temperatura da água no final desse experimento.

16. (Fuvest) Quando água pura é cuidadosamente resfriada, nas condições normais de pressão, pode permanecer no estado líquido até temperaturas inferiores a 0°C, num estado instável de "superfusão". Se o sistema é perturbado, por exemplo, por vibração, parte da água se transforma em gelo e o sistema se aquece até se estabilizar em 0°C. O calor latente de fusão da água é $L = 80 \text{ cal/g}$.

Considerando-se um recipiente termicamente isolado e de capacidade térmica desprezível, contendo um litro de água a $-5,6^\circ\text{C}$, à pressão normal, determine:

- A quantidade, em g, de gelo formada, quando o sistema é perturbado e atinge uma situação de equilíbrio a 0°C .
- A temperatura final de equilíbrio do sistema e a quantidade de gelo existente (considerando-se o sistema inicial no estado de "superfusão" a $-5,6^\circ\text{C}$), ao colocar-se, no recipiente, um bloco metálico de capacidade térmica $C=400\text{cal}/^\circ\text{C}$, na temperatura de 91°C .

Gabarito:

Resposta da questão 1:

a) Da equação do calor sensível:

$$Q = mc\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{mc}$$

Essa expressão mostra que, quando uma massa m de substância troca uma quantidade de calor Q , a variação de temperatura ΔT é inversamente proporcional ao calor específico sensível dessa substância. A água possui alto calor específico sensível, por isso os tecidos hidratados sofrem menor variação de temperatura.

b) Se, em uma situação de baixa disponibilidade de água no solo, a variação da temperatura das folhas aumenta, conclui-se com base na mesma expressão do item anterior que os tecidos constituintes da folha têm seu calor específico sensível reduzido devido à escassez de água em suas composições.

Resposta da questão 2:

a) Da equação do calor sensível para a esfera:

$$Q_e = (mc\Delta T)_{\text{esfera}} \Rightarrow 600 \cdot 0,2 \cdot (70 - 20) \Rightarrow Q_e = 6.000 \text{ cal}$$

Considerando que não haja perda de calor para o meio, o sistema é termicamente isolado:

$$Q_a + Q_e = 0 \Rightarrow m_a c_a \Delta T_a + Q_e = 0 \Rightarrow m_a = \frac{-Q_e}{c_a \Delta T_a} = \frac{-6.000}{1 \cdot (70 - 90)} \Rightarrow m_a = 300 \text{ g}$$

b) Aplicando a expressão da dilatação volumétrica:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T \Rightarrow \Delta V = V_0 (3\alpha) \Delta T = 200 \times 3 \times 2 \times 10^{-5} \times 50 \Rightarrow \Delta V = 0,6 \text{ cm}^3$$

Resposta da questão 3:

a) Dados: $N = 2 \times 10^6$; $I = 1200 \text{ W/m}^2$; $t = 60 \text{ s}$.

Considerando um azulejo quadrado de 15 cm de lado, a área é:

$$A = 15 \times 15 = 225 \text{ cm}^2 = 225 \times 10^{-4} \text{ m}^2.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I = \frac{P}{NA_1} \Rightarrow P = INA_1 \\ E = Pt \end{array} \right\} \Rightarrow E = INA_1 t = 1200 \times 225 \times 10^{-4} \times 60 \Rightarrow E = 3,24 \times 10^9 \text{ J}.$$

b) Dados: $Q = 3500 \text{ kJ} = 3500 \times 10^3 \text{ J}$; $m = 500 \text{ kg}$; $c = 700 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

Aplicando a equação do calor sensível:

$$Q = mc\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{3500 \times 10^3}{500 \times 700} \Rightarrow \Delta T = 10 \text{ K} = 10^\circ\text{C}.$$

Resposta da questão 4:

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 5:

a) Fluxo de calor por condução através da barra:

$$\Phi = k \frac{A \cdot (\theta_1 - \theta_0)}{L}$$

$$\Phi = 0,5 \cdot \frac{5 \cdot (100 - 0)}{50}$$

$$\therefore \Phi = 5 \text{ cal/s}$$

Quantidade de calor que flui através da barra:

$$Q = \Phi \cdot \Delta t$$

$$Q = 5 \cdot 60$$

$$\therefore Q = 300 \text{ cal}$$

b) Coeficiente de dilatação superficial do alumínio:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta\theta$$

$$2,2 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot \beta \cdot (100 - 0)$$

$$\therefore \beta = 4,4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Coeficiente de dilatação linear do alumínio:

$$\alpha = \frac{\beta}{2} = \frac{4,4 \cdot 10^{-5}}{2}$$

$$\therefore \alpha = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Resposta da questão 6:

Dados:

A = 40 × 50 = 2.000 cm² = 0,2 m² → área de captação.

V = 300 mL = 300 cm³ → volume de água.

θ₀ = 25 °C → temperatura inicial da água.

θ = 100 °C → temperatura de ebulição da água.

I_s = 1 kW/m² → Intensidade solar local.

c = 4 J/g·C → calor específico sensível da água.

L_{ev} = 2.200 J/g → calor específico latente de evaporação da água.

d = 1 g/cm³ → densidade da água.

$$a) I_s = \frac{P}{A} \Rightarrow P = I_s A = 1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \times 0,2 \text{ m}^2 = 0,2 \text{ kW} \Rightarrow P = 200 \text{ W.}$$

$$b) E = m c \Delta\theta \Rightarrow E = 300 (4) (100 - 25) \Rightarrow E = 9 \times 10^4 \text{ J.}$$

c) A massa de água é:

$$m = d V = 1 (300) = 300 \text{ g.}$$

Para evaporar 1/3 dessa massa de água, a quantidade de energia é:

$$E_{\text{ev}} = \frac{m}{3} L_{\text{ev}} = \frac{300}{3} (2.200) \Rightarrow E_{\text{ev}} = 22 \times 10^4 \text{ J.}$$

A quantidade de energia necessária até 1/3 da massa de água ser evaporada é:

$$E_{\text{total}} = E + E_{\text{ev}} = (9 + 22) 10^4 = 31 \times 10^4 \text{ J.}$$

Calculando o tempo gasto até o momento considerado:

$$P = \frac{E_{\text{total}}}{T} \Rightarrow T = \frac{E_{\text{total}}}{P} = \frac{31 \times 10^4}{200} \Rightarrow T = 1.550 \text{ s.}$$

Resposta da questão 7:

a) Para aquecer 6 L do líquido, como a vazão é de 3 L/min, o tempo será de 2 min.

Assim, com a equação da potência elétrica, temos:

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow E = P \cdot t = 320 \text{ W} \cdot 120 \text{ s} \therefore E = 38400 \text{ J}$$

b) Essa energia é totalmente utilizada para aquecer o líquido, sendo a quantidade de calor sensível para aquecer essa quantidade de líquido.

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

Substituindo a massa em função da densidade e o volume, temos:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$$

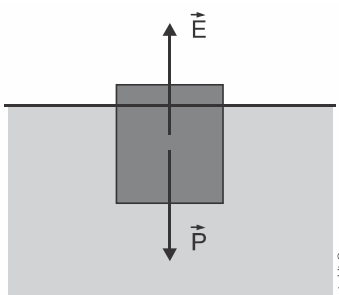
Então

$$Q = \rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow c = \frac{Q}{\rho \cdot V \cdot \Delta\theta}$$

$$c = \frac{38400 \text{ J}}{800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 6 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}} \cdot (30 - 25)^\circ\text{C}} \therefore c = 1600 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Resposta da questão 8:

a) Teremos:



Como se trata de uma situação de equilíbrio, o empuxo e o peso têm mesma intensidade.

$$E = P \Rightarrow d_{\text{suco}} V_i g = m g \Rightarrow V_i = \frac{m}{d_{\text{suco}}} = \frac{20}{1} \Rightarrow V_i = 20 \text{ cm}^3$$

b) Como o sistema é termicamente isolado, o somatório dos calores trocados é nulo.

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

$$(C \Delta\theta)_{\text{copo}} + (m c \Delta\theta)_{\text{suco}} + (m L_f)_{\text{gelo}} + (m c \Delta\theta)_{\text{água}} = 0 \Rightarrow$$

$$60(\theta - 20) + 300(1)(\theta - 20) + 40(80) + 40(1)(\theta - 0) = 0 \quad [\div 20] \Rightarrow$$

$$3\theta - 60 + 15\theta - 300 + 160 + 2\theta \Rightarrow 20\theta = 200 \Rightarrow$$

$$\theta = 10 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

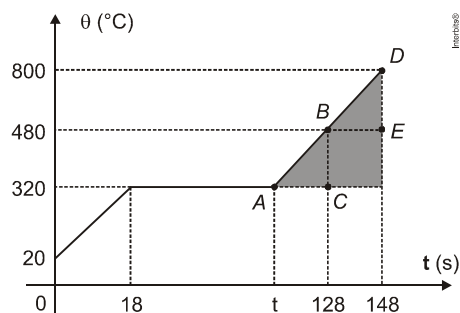
Resposta da questão 9:

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:

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

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

$$t = 118 \text{ s.}$$

Resposta da questão 10:

$$a) \Phi = \frac{KA(T_{ag} - T_{ar})}{L} = \frac{4,0 \times 10^{-3} \times 2,0 \times 10^4 \times 10}{5} = 1,6 \times 10^2 \text{ cal/s}$$

$$b) \text{ massa de gelo formado } \rightarrow \Delta m = \rho \Delta V = \rho A \Delta h = 0,9 \times 2,0 \times 10^4 \times 10 = 1,8 \times 10^5 \text{ g}$$

$$Q = mL = 1,8 \times 10^5 \times 80 = 1,44 \times 10^7 \text{ cal}$$

Resposta da questão 11:

a) 120 000 J

b) 30 °C

c) 20 °C

Resposta da questão 12:

a) De acordo com o gráfico, de 0 °C até 4 °C, $\frac{v(T)}{v(T = 6^\circ\text{C})}$ diminui. Logo, se uma coluna de água for aquecida de 1 °C até 4 °C, sua altura

diminui.

b) Sendo **A** a área da base da coluna, tem-se:

$$\frac{v_9}{v_6} = 1,00016 \Rightarrow \frac{A h_9}{A h_6} = 1,00016 \Rightarrow h_9 = 700 \times 1,00016 \Rightarrow$$

$$h_9 = 700,112 \text{ m}$$

Fazendo a diferença de alturas:

$$\Delta h = h_9 - h_6 \Rightarrow \Delta h = 700,112 - 700,000 \Rightarrow \Delta h = 0,112 \text{ m} \Rightarrow \Delta h = 11,2 \text{ cm}$$

c) Dados: $\rho = 1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$; $c = 4,2 \text{ J/(g} \cdot \text{°C)} = 4,2 \times 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)}$; $h = 700 \text{ m}$; $\Delta T = 2 \text{ °C}$.

Substituindo a expressão da densidade na equação fundamental da calorimetria e substituindo os dados:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \\ Q = mc\Delta T \end{array} \right\} \Rightarrow Q = \rho V c \Delta T \Rightarrow Q = \rho A h c \Delta T \Rightarrow \frac{Q}{A} = \rho c h \Delta T \Rightarrow$$

$$\frac{Q}{A} = 10^3 \times 4,2 \times 10^3 \times 7 \times 10^2 \times 2 \Rightarrow Q = 5,88 \times 10^9 \text{ J/m}^2$$

Resposta da questão 13:

a) 30 J.

b) 26 J.

c) $6,5 \cdot 10^2 \text{ J}$.

d) $1,3 \cdot 10^1$ J.

Resposta da questão 14:

Passando os dados para o Sistema Internacional de Unidades:

$$\left\{ \begin{array}{l} V = 6.000 \text{ km}^3 = 6 \times 10^3 (10^3 \text{ m})^3 = 6 \times 10^3 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \Rightarrow \underline{V = 6 \times 10^{12} \text{ m}^3} \\ \rho = 0,92 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 0,92 \frac{10^{-3} \text{ kg}}{(10^{-2} \text{ m})^3} = 0,92 \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-6} \text{ m}^3} = 0,92 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow \underline{\rho = 9,2 \times 10^2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \\ A = 1,5 \times 10^7 \text{ km}^2 = 1,5 \times 10^7 (10^3 \text{ m})^2 = 1,5 \times 10^7 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \Rightarrow \underline{A = 1,5 \times 10^{13} \text{ m}^2} \end{array} \right.$$

a) Da definição de densidade:

$$\rho = \frac{M}{V} \Rightarrow M = \rho V = 9,2 \times 10^2 \cdot 6 \times 10^{12} \Rightarrow \boxed{M \cong 5,5 \times 10^{15} \text{ kg}}$$

b) Cálculo da espessura (h):

$$V = A h \Rightarrow h = \frac{V}{A} = \frac{6 \times 10^{12}}{1,5 \times 10^{13}} = 4 \times 10^{-1} \text{ m} \Rightarrow \boxed{h = 40 \text{ cm}}$$

c) A quantidade de energia corresponde ao calor sensível para aquecer o gelo de -20°C até o ponto de fusão (0°C), mais o calor latente para a fusão completa do gelo.

$$m = 1 \text{ t} \Rightarrow \underline{m = 10^3 \text{ kg}}$$

$$E = Q_{\text{sens}} + Q_{\text{lat}} = m c \Delta T + m L_f = (10^3 \cdot 2 \times 10^3 \cdot 20) + (10^3 \cdot 3 \times 10^5) = (4 \times 10^7 + 3 \times 10^8) \text{ J} \Rightarrow$$

$$\boxed{Q = 3,4 \times 10^8 \text{ J}}$$

Resposta da questão 15:

a) $P = U \cdot i = 220 \cdot 1 = 220 \text{ W} = 220 \text{ J/s}$

$Q = m \cdot c \cdot T$

$Q = 1 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot 22$

$Q = 92,4 \cdot 10^3 = 9,24 \cdot 10^4 \text{ J}$

$$P = Q/\Delta t \rightarrow \Delta t = Q/P = \frac{(9,24 \cdot 10^4)}{220} = 420 \text{ s} = 7 \text{ min}$$

b) Se a água está a 45°C e sua temperatura cai para 0°C , há liberação de:

$Q = m \cdot c \cdot T = 1 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot 45 = 189000 \text{ J}$

Para fundir todo o gelo são necessários $Q = m \cdot L = 0,6 \cdot 330000 = 198000 \text{ J}$

Como não ocorrerá o derretimento total do gelo, haverá gelo residual e, deste modo, a temperatura final desse experimento será 0°C .

Resposta da questão 16:

a) $m = 70 \text{ g}$

b) 22°C ; massa de gelo nula