Lista de exercícios 2 Resolvida - Física do Calor - Turmas: 2023142 e 2023147

Email: monitoriafc2023@gmail.com

27 de março de 2023

Nota: Exercícios de Revisão para a "provinha"do dia 28/03. Esses exercícios servem apenas de guia para estudos, não sendo recomendado utilizar apenas estes como forma de aprimoramento. Recomenda-se leitura de livros texto, bem como os exercícios sugeridos nestes. Há uma sugestão de livros, mas o aluno pode utilizar a literatura que se identificar em seu estudo.

1. Defina Temperatura e Calor.

Solução: Calor é a energia cinética total dos átomos e moléculas que compõem uma substância. Temperatura é uma medida da energia cinética média das moléculas ou átomos individuais. Note que calor é uma variável extensiva e a temperatura intensiva.

2. Quanto de energia é necessário para uma amostra de $1,5kg$ de água, à $-26^oC.$, vaporize por completo? Dado Calor de fusão da água $= 333\ kJ/kg$, Calor de vaporização $=$ $2256\ kJ/kg$. Faça os gráficos:

Solução: Aqui convertemos todas as temperaturas para Kelvin, mas você pode utilizar a unidade que preferir. Dados calor específico do gelo $c_g = 2220\ J/\left(kg.K\right)$ e calor específico da água $c_a = 4190\ J/\left(kg.K\right)$.

Calor necessário para aumentar a temperatura do gelo de $T_0 = 247.15\ K$ à $T = 273.15K$:

$$Q_1 = c_g m_g \left(T - T_0\right)$$
$$Q_1 = 86580\ J \approx 86.6\ kJ.$$

Calor necessário para converter o gelo em água:

$$Q_2 = m_a L_f = 499.5\ kJ.$$

Calor necessário para aumentar a temperatura da água de $T_0 = 273.15\ K$ à $T = 373.15K$:

$$Q_3 = c_a m_a \left(T - T_0\right) = 628500\ J = 628.5\ kJ.$$

Calor necessário para converter a água em vapor:

$$Q_4 = m_a L_v = 3384\ kJ.$$

Logo, a quantidade de calor total será:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 4598.6\ kJ.$$

a) Da variação de temperatura por tempo.

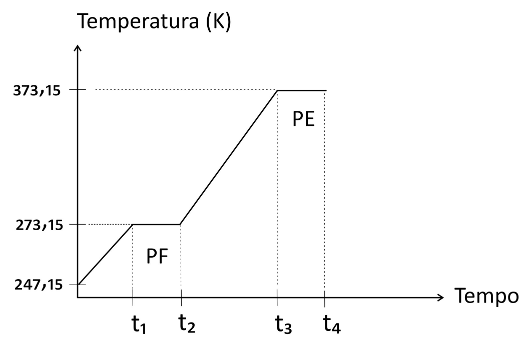

Figura 0.1: Gráfico 1.

b) Da Temperatura por quantidade de energia.

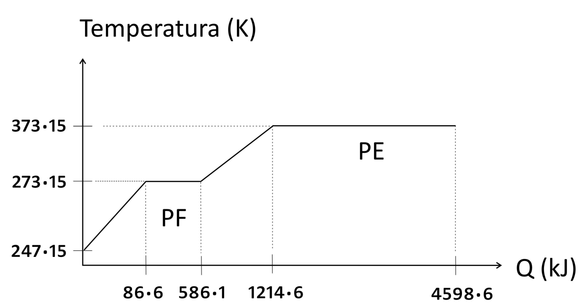

Figura 0.2: Gráfico 2.

3. Num forno de microondas é colocado um vasilhame contendo $3kg$ d'água a $10°C$. Após manter o forno ligado por 14 min, se verifica que a água atinge a temperatura de $50°C$. O forno é então desligado e dentro do vasilhame d'água é colocado um corpo de massa $1kg$ e calor específico $c = 0,2cal/(g°C)$, à temperatura inicial de $0°C$. Despreze o calor necessário para aquecer o vasilhame e considere que a potência fornecida pelo forno é continuamente absorvida pelos corpos dentro dele. Quanto tempo a mais será necessário manter o forno ligado, na mesma potência, para que a temperatura de equilíbrio final do conjunto retorne a $50°C$?

Solução: Primeiramente vamos obter a temperatura de equilíbrio. Por conservação do calor, temos

$$Q_a + Q_c = 0,$$

onde Q_a e Q_c são as quantidades de calor da água e do corpo, respectivamente. Temos então

$$m_a c_a \left(T - T_0^{(a)}\right) + m_c c_c \left(T - T_0^{(c)}\right) = 0,$$

onde $T_0^{(a)}$ e $T_0^{(c)}$ são as temperaturas iniciais da água e do corpo, respectivamente. Resolvendo a equação acima para T, temos que a temperatura de equilíbrio é

$$T = 46.88^o C.$$

Podemos calcular a potência do forno pela seguinte relação:

$$pot = \frac{\Delta Q}{\Delta t},$$

onde ΔQ é a quantidade de calor utilizada pelo forno para aquecer a água de $T_0^{(a)} = 10^o C$ à $T^{(a)} = 50^o C$ e Δt é o tempo que ele levou para fazer isso. Logo,

$$pot = 8571\ cal/\min.$$

Sabendo a potência do forno, podemos calcular o tempo que ele levará para aumentar a temperatura do sistema (corpo + água) da temperatura inicial $T_0 = 46,88^o C$ até $T = 50^o C$. Assim, da fórmula de potência, temos

$$\Delta t = \frac{\Delta Q_s}{pot},$$

onde ΔQ_s agora é a quantidade de calor do sistema (corpo + água), ou seja,

$$\Delta Q_s = 9984\ cal.$$

Logo,

$$\Delta t \approx 1.16 \min.$$

4. Uma aluna afirma que 1 $m^2/(s^2 C^\circ)$ é uma unidade de calor específico apropriada. Ela está correta? Por quê?

Solução: Sim, a aluna está correta. Note que a unidade de medida escolhida pela aluna tem a mesma dimensão de calor específico $J/(kg.K)$. Fazendo análise dimensional é fácil observar isso:

$$\left[m^2/\left(s^2 C^\circ\right)\right] = \frac{\text{comprimento}^2}{\text{tempo}^2 \times \text{temperatura}} = \frac{\text{velocidade}^2}{\text{temperatura}}.$$

Como

$$[E] = \text{massa} \times \text{velocidade}^2 \implies \text{velocidade}^2 = \frac{\text{Energia}}{\text{massa}},$$

ou seja,

$$\left[m^2/\left(s^2 C^\circ\right)\right] = \frac{\text{Energia}}{\text{temperatura} \times \text{massa}}.$$

Com isso fica claro que a unidade de medida $m^2/(s^2C^\circ)$ tem a mesma dimensão que calor específico.

5. O calor específico molar de certa substância varia com a temperatura de acordo com a seguinte equação empírica

$$c(T) = c_0 + \alpha T,$$

onde $\alpha = (8,20 \times 10^{-3} J/mol{\cdot}K^2)$ e $c_0 = 29,5 J/mol{\cdot}K$.

Qual é o calor necessário para fazer a temperatura de 3,0 mols dessa substância variar de $27°C$ até $227°C$?

Solução: A quantidade de calor para fazer 3 mols dessa substância variar uma temperatura infinitesimal é

$$dQ = 3c(T)\,dT.$$

Tomando a integral temos

$$Q = 3\int_{T_i}^{T_f} c(T)\,dT,$$
$$Q = 3\left[\left(c_0T_f + \frac{\alpha}{2}T_f^2\right) - \left(c_0T_i + \frac{\alpha}{2}T_i^2\right)\right],$$
$$Q = 3c_0(T_f - T_i) + \frac{3\alpha}{2}\left(T_f^2 - T_i^2\right).$$

Substituindo os valores e lembrando que devemos converter celsius em Kelvin temos

$$Q = 1.97 \times 10^4 J.$$

6. Uma garrafa térmica contém $130cm^3$de chá a $80,0^oC$. Uma pedra de gelo de $12,0g$ à temperatura de fusão é usada para resfriar o chá.

a) Calcule a temperatura de equilíbrio para o sistema.

b) Quantos graus a temperatura do chá diminui depois do equilíbrio?

Dica: Considere o chá como se fosse água e despreze as trocas de energia com o ambiente.

Solução: a) Admitindo o sistema isolado, temos por conservação de energia que

$$Q_c + Q_a + Q_L = 0,$$

ou ainda,

$$c^{(c)}m^{(c)}\left(T_f - T_i^{(c)}\right) + c^{(a)}m^{(a)}\left(T_f - T_i^{(a)}\right) + L_f m^{(a)} = 0,$$

onde os índices (c) e (a) representam as quantidades relacionadas com o chá e a água, respectivamente. Estamos considerando o chá = água, então $c^{(c)} = c^{(a)} \equiv c$, ou seja,

$$cm^{(c)}\left(T_f - T_i^{(c)}\right) + cm^{(a)}\left(T_f - T_i^{(a)}\right) + L_f m^{(a)} = 0.$$

Resolvendo para T_f temos

$$T_f = \frac{m^{(c)}T_i^{(c)} + m^{(a)}T_i^{(a)}}{m^{(c)} + m^{(a)}} - \frac{L_f}{c}\frac{m^{(a)}}{m^{(a)} + m^{(c)}}.$$

Substituindo os valores numéricos, com o cuidado de deixar tudo nas mesmas unidades de medida, obtemos

$$T_f = 66.5\,^oC.$$

b) A diferença de temperatura do chá é obtida diretamente

$$\Delta T = T_f - T_i = -13.5^oC.$$

Isso significa dizer que o chá foi resfriado.

7. Duas esferas metálicas concêntricas, de raios r_1e $r_2 > r_1$, são mantidas respectivamente às temperaturas T_1 e T_2, e estão separadas por uma camada de material homogêneo de condutividade térmica k (Figura 0.3). Calcule a taxa de transmissão de calor por unidade de tempo através dessa camada. *Dica: Considere uma superfície esférica concêntrica intermediária de raio r ($r_1 < r < r_2$) e escreva a lei de condução do calor através dessa superfície. Integre depois em relação à r, de $r = r_1$ até $r = r_2$.*

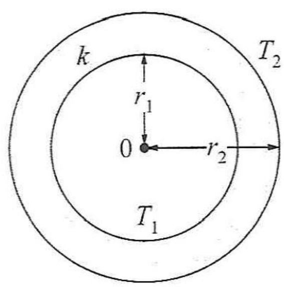

Figura 0.3: Esferas concêntricas.

Solução: A taxa de transmissão de calor para uma casca infinitesimal de espessura dr, a uma distância r do centro e com diferença de temperatura dT entre sua parte interna e sua parte externa é:

$$\Phi = \frac{dQ}{dt} = -4\pi k r^2 \frac{dT}{dr}.$$

Assim, integrando os dois lados em relação à r, temos

$$\Phi \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = -4\pi k \int_{r_1}^{r_2} \frac{dT}{dr} dr.$$

Resolvendo as integrais, temos

$$\Phi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = -4\pi k \left(T_2 - T_1 \right).$$

Simplificando a expressão, chegamos à

$$\Phi = -4\pi k \left(\frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} \right) (T_2 - T_1) .$$

8. Numa cavidade de $5cm^3$feita num bloco de gelo, introduz-se uma esfera homogênea de cobre de $30g$ aquecida a $100°C$, conforme o esquema. Sabendo-se que o calor latente de fusão do gelo é de $80cal/g$, que o calor específico do cobre é de $0,096cal/g°C$ e que a massa específica do gelo é de $0,92g/cm^3$, o volume total da cavidade é igual à?

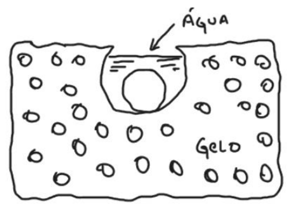

Figura 0.4: Esquema do bloco de gelo.

Solução: Por conservação do calor, temos

$$Q_c + Q_f = 0,$$

onde Q_c e Q_f são as quantidades de calor do cobre e de fusão, respectivamente. Note que, no equilíbrio, a temperatura do cobre será igual à da água, $T = 0^oC$. A equação acima se torna

$$-m_c c_c T_0 + m_a L_f = 0,$$

onde T_0 é a temperatura inicial do cobre. Resolvendo a equação para m_a, temos

$$m_a = 3.6 \ g,$$

que é a massa da água do gelo derretido. Da relação para densidade (massa específica), podemos calcular o volume da água do gelo derretido, ou seja,

$$\rho = \frac{m_a}{V_a} \implies V_a \approx 3.9 \ cm^3.$$

Assim, o volume final da cavidade passa a ser

$$V_{cavidade} = V_{inicial} + V_a = 8,9 \ cm^3.$$

9. Um carro com massa de uma tonelada, desenvolvendo uma velocidade de $72km/h$ freia até parar. Supondo que toda a energia cinética do carro seja transformada em calor pelo sistema de freios do carro, calcule a dilatação relativa do volume do sistema de freios. Dê os dois primeiros algarismos significativos de sua resposta. Considere os dados: $1cal = 4,19J$ ou $1J = 0,239$ calorias, $\gamma/C = 7,00 \times 10^{-7} cal^{-1}$ em que γ é o coeficiente de dilatação volumétrica e C é a capacidade térmica do sistema de freios.

Solução: A energia é conservada no processo. Logo, a energia cinética inicial se converterá completamente em calor no final, ou seja,

$$\Delta E_c + \Delta Q = 0 \implies \Delta Q = -\Delta E_c.$$

O carro freia até parar, ou seja, $v = 0$. Assim,

$$\Delta Q = -\left(E_f - E_i\right) = \frac{1}{2}mv_0^2 = 200000\ J = 47732.7\ cal.$$

A dilatação relativa do volume é

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \gamma \Delta T.$$

Da relação para quantidade de calor, temos que

$$Q = C\Delta T \Longrightarrow \Delta T = \frac{Q}{C}.$$

Assim, podemos reescrever a dilatação relativa de volume em termos da quantidade de calor e capacidade térmica. Portanto, temos que

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\gamma}{C}Q = 3.34 \times 10^{-2}.$$

10. Dois termômetros de gás a volume constante são construídos, um com nitrogênio e o outro com hidrogênio. Ambos contêm gás suficiente para que $P_3 = 80\ kPa$. a) Qual é a diferença de pressão entre os dois termômetros se os dois bulbos estão imersos em água fervente? b) Em qual dos dois gases a pressão é maior?

Solução: Para resolver esse problema, vamos utilizar os dados da figura 18-6, página 185 do Halliday - volume 2.

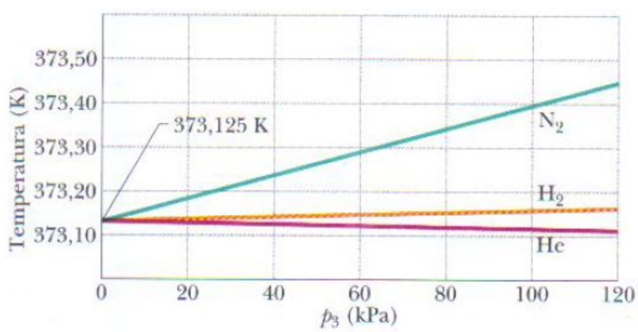

Figura 0.5: Gráfico das temperaturas medidas por um termômetro de gás a volume constante, com o bulbo imerso em água fervente [1].

Pelo gráfico, à $P_3 = 80\ kPa$, notamos que termômetros de gás a volume constante que utilizam H_2 e N_2 como substância medem as temperaturas de $T_{H_2} \approx 373.15\ K$ e $T_{N_2} \approx 373.35$ K , respectivamente, para a água fervente.

a) Para um termômetro à gás, a volume constante, vale a seguinte relação:

$$T = 273.16\ K\left(\frac{P}{P_3}\right).$$

Da expressão acima, para o termômetro de H_2, temos

$$P_{H_2} = \frac{T_{H_2}P_3}{273.16} = 109.28\ kPa.$$

Analogamente, para o termômetro de N_2, temos

$$P_{N_2} = \frac{T_{N_2}P_3}{273.16} = 109.34\ kPa.$$

Logo,

$$\Delta P = P_{N_2} - P_{H_2} = 0.06\ kPa.$$

b) A pressão do termômetro de N_2, pois $T_{N_2} > T_{H_2}$.

11. Termômetro de gás a volume constante. Usando um termômetro de gás, um pesquisador verificou que a pressão do ponto triplo da água $(0,01^oC)$era igual a $4,80 \times 10^4 Pa$, e a pressão do ponto de ebulição normal da água (100^oC) era igual a $6,50 \times 10^4 Pa$. Supondo que a pressão varie linearmente com a temperatura, use esses dados para calcular a temperatura Celsius na qual a pressão do gás seria igual a zero (isto é, ache a temperatura Celsius do zero absoluto).

Solução: Como a pressão varia linearmente com a temperatura, podemos escrever a seguinte relação

$$\Delta P = \gamma \Delta T.$$

Podemos então encontrar o valor de γ,

$$\begin{aligned}(P_e - P_3) &= \gamma\left(T_e - T_3\right), \\ \gamma &= 170\ Pa/^oC.\end{aligned}$$

onde P_e e T_e são a pressão e temperatura do ponto de ebulição da água e P_3 e T_3 são a pressão e temperatura do ponto triplo da água.

Agora podemos calcular a temperatura T na qual a pressão P final do gás é zero, ou seja,

$$\begin{aligned}(P - P_3) &= \gamma\left(T - P_3\right), \\ T &= T_3 - \frac{P_3}{\gamma}, \\ T &= -282^oC.\end{aligned}$$

12. Uma tira bimetálica, usada para controlar termostatos, é constituída de uma lâmina estreita de latão, de $2mm$ de espessura, presa lado a lado com uma lâmina de aço, de mesma espessura $d = 2mm$, por uma série de rebites. A 15^oC, as duas lâminas têm o mesmo comprimento, igual a $15cm$, e a tira está reta. A extremidade A é fixa; a outra extremidade B pode mover-se, controlando o termostato. A uma temperatura de 40^oC, a tira se encurvou, adquirindo um raio de curvatura R, e a extremidade B se deslocou de uma distância vertical y, como mostra a figura abaixo. Calcule R e y, sabendo que o coeficiente de dilatação linear do latão é $1,9 \times 10^{-5}/^oC$ e o do aço é $1,1 \times 10^{-5}/^oC$.

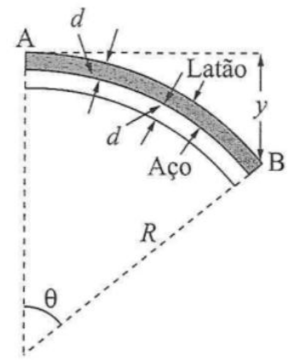

Figura 0.6: Esquema.

Solução: Note que pelo esquema da figura 0.7, temos

$$R_L = R_A + d.$$

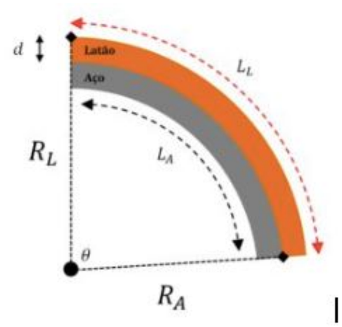

Figura 0.7: Esquema

Como ambos têm o mesmo ângulo,

$$L_A = R_A\theta,$$
$$L_L = R_L\theta.$$

Então,

$$\frac{L_A}{R_A} = \frac{L_L}{R_L},$$
$$\frac{L_A}{R_L - d} = \frac{L_L}{R_L},$$
$$R_L = \frac{d}{1 - \frac{L_A}{L_L}}.$$

Calculando a razão entre os dois comprimentos finais encontramos R_L,

$$L_L = L_0 \left(1 + \alpha_L \Delta T\right),$$
$$L_A = L_0 \left(1 + \alpha_A \Delta T\right).$$

Então,

$$R_L \approx 10\ m.$$

Agora vamos calcular o deslocamento y da extremidade B. Primeiramente, precisamos calcular o ângulo.

$$L_L = R_L \theta \implies \theta = 0.015\ rad = 0.86^o.$$

Completando o desenho do início, temos:

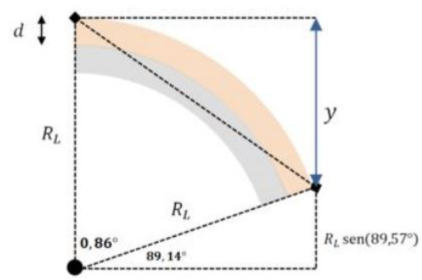

Figura 0.8: Esquema

$$y = R_L - R_L \sin\left(89,14^o\right),$$
$$y = 1,126\ mm.$$

13. Para construir um termômetro de leitura fácil, do ponto de vista prático, acopla-se um tubo capilar de vidro a um reservatório numa extremidade do tubo. Suponha que, à temperatura T_0, o mercúrio está todo contido no reservatório, de volume V_0, e o diâmetro do capilar é d_0.

a) Calcule a altura h do mercúrio no capilar a uma temperatura $T > T_0$.

b) Para um volume do reservatório $V_0 = 0,2cm^3$, calcule qual deve ser o diâmetro do capilar em mm para que a coluna de mercúrio suba de $1cm$ quando a temperatura aumenta de 1^oC. Tome $\alpha = 910 - 6/^oC$ para o vidro $\beta = 1,810 - 4/^oC$ para o mercúrio.

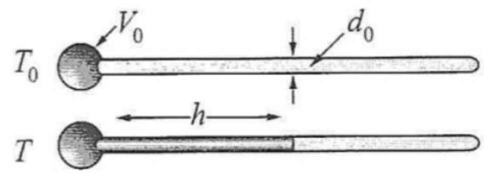

Figura 0.9: Esquema.

Solução: O volume total do líquido é igual à

$$V = V_0 \left(1 + \beta \Delta T\right).$$

Lembrando que as dimensões do tubo também estão variando, mas o volume de líquido obedece a relação abaixo:

$$V_{total} = V_{reservatório} + V_{capilar}.$$

ou seja,

$$V_0 \left(1 + \beta \Delta T\right) = V_{reservatório} + V_{capilar}.$$

O volume no reservatório vai variar de acordo com o triplo do coeficiente de dilatação linear,

$$V_0 \left(1 + \beta \Delta T\right) = V_0 \left(1 + 3\alpha \Delta T\right) + V_{capilar}.$$

Já o volume no capilar varia com a área da secção e da altura preenchida:

$$V_{capilar} = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h.$$

O diâmetro dilata de acordo com o coeficiente α:

$$V_{capilar} = \frac{\pi \left(d_0 \left(1 + \alpha \Delta T\right)\right)^2}{4} h.$$

Então, temos

$$V_0 \left(\beta \Delta T - 3\alpha \Delta T\right) = \frac{d_0^2 \pi}{4} h \left(1 + \alpha \Delta T\right)^2.$$

Como o coeficiente é muito pequeno, podemos aproximar o termo de 1, então:

$$V_0 \left(\beta \Delta T - 3\alpha \Delta T\right) = \frac{d_0^2 \pi}{4} h.$$

a)

$$h = \frac{4V_0}{\pi d_0^2} \left(\beta - 3\alpha\right) \left(T - T_0\right).$$

Para calcular o valor de d_0, temos,

$$d_0 = \sqrt{\frac{4V_0}{\pi h} (\beta - 3\alpha)(T - T_0)}.$$

Usando os comprimentos em cm,

$$d_0 = 6.2 \times 10^{-2}\ mm.$$

14. Considere que $100g$ de gelo (água) a $-30°C$ recebeu 27000 Calorias, qual seu estado atual depois de absorver toda essa energia? Qual sua temperatura final? Toda a substância conseguiu mudar de fase? Caso não tenha conseguido, calcule quantas gramas faltou mudar de fase.

Considere os seguintes valores:

- Calor latente de fusão da água $= 80cal/g$.
- Calor latente de vaporização da água $= 540cal/g$.
- Calor latente de solidificação da água $= -80cal/g$.
- Calor latente de liquefação da água $= -540cal/g$.
- Calor específico do gelo (água) $= 0,5cal/g°C$.
- Calor específico do vapor $= 0,48cal/g°C$.

Solução: Verificamos quantas calorias serão necessárias para as transformações de temperatura e de mudança de estado físico e cada resultado deve ser "descontado" do valor total de energia dado inicialmente até que esse valor acabe. Assim, começamos com:

$$\begin{aligned}
\text{Gelo à } -30°C \text{ até } 0°C\text{: } Q = 1500\ cal &\implies 27000 - 1500 = 25500\ cal, \\
\text{De gelo para água à } 0°C\text{: } Q_L = 8000\ cal &\implies 25500 - 8000 = 17500\ cal, \\
\text{Água à } 0°C \text{ até } 100°C\text{: } Q = 10000\ cal &\implies 17500 - 10000 = 7500\ cal, \\
\text{Água à para vapor à } 100°C\text{: } Q_L = 54000\ cal &\implies 54000 > 1500,
\end{aligned}$$

assim não há transformação total da água em vapor. Contudo, ainda há 7500 cal para serem absorvidas. Então, vamos calcular quantas gramas de água se tornarão vapor pela equação de calor latente:

$$m \approx 13.9\ g.$$

Situação final: A $100°C$ temos aproximadamente $13,9\ g$ de vapor d'água e $86,1\ g$ de água.

15. Um bloco de gelo de 1 tonelada a $0°C$, destacado de uma geleira, desliza por um a encosta de $10°$ de inclinação com velocidade constante de $0,1m/s$. O calor latente de fusão do gelo (quantidade de calor necessária para liquefação por unidade de massa) é de $80cal/g$. Calcule a quantidade de gelo que se derrete por minuto em consequência do atrito. Considere que o trabalho realizado (em Joules) é igual a força atuante vezes o deslocamento.

Solução: Há pelo menos duas maneiras de resolver esse exercício: utilizando o conceito de força e trabalho e pelo conceito de conservação de energia. Vamos resolver utilizando o conceito de conservação de energia,

Considerando que o bloco está a uma certa altura h em relação ao chão, temos, pela conservação,

$$E_{início} = E_{final},$$
$$\frac{1}{2}Mv^2 + Mgh = \frac{1}{2}(M-m)v^2 + mL_{f.}$$

Note que no início temos energia cinética e energia potencial gravitacional. No final, temos energia cinética e calor latente. Observe que a massa M do gelo diminui e m é a massa que foi convertida em água. Assim, resolvendo para m,

$$m = \frac{Mgh}{\left(L_f - \frac{v^2}{2}\right)}.$$

Por geometria do triângulo retângulo, encontramos uma relação para h,

$$h = \Delta s \sin\theta,$$

onde Δs é o deslocamento do bloco. Como v é constante, temos que, pelo conceito de velocidade,

$$\Delta s = v\Delta t.$$

Assim, podemos reescrever a expressão de h como

$$h = v\Delta t \sin\theta.$$

Logo, substituindo h e os demais valores na equação para m, encontramos

$$m \approx 30.54\ g.$$

16. Como visto nos exercícios anteriores, há uma diferença no valor dos calores latentes de fusão e ebulição da água. Por qual motivo o calor latente de ebulição é maior do que o de fusão? Explique.

Solução: O calor latente de ebulição é maior do que o de fusão, pois a interação molecular do sólido para o líquido é menos "brusca"que do líquido para o gasoso, isto se dá devido a característica das moléculas do gás serem soltas umas das outras, diferentemente do sólido e líquido, entretanto se demanda uma absorção maior de energia para quebrar tao ligação molecular.

17. Transforme as seguintes temperaturas para Celsius, Kelvin e Fahrenheit:

Solução:

a) 32°C $= 89,6°F = 305,15K$,

b) 100°F $= 37,78°C = 310,93K$,

c) 0 K $= -273,15°C = -459,67°F$,

d) 540°F $= 282,22°C = 555,372K$,

e) 312 K $= 38,85°C = 101,93°F$,
f) 72°C $= 161,6°F = 345,15K$,
g) 100°C $= 212°F = 373,15K$,
h) 612K $= 338,85°C = 641,93°F$,
i) 82°F $= 27,78°C = 300,928K$,
j) 120°C $= 248°F = 393,15K$.

18. Um pistão pesa $4.3kg$ e tendo uma area de 450 mm^2. Este pistão exerce uma pressão em uma câmara preenchida com gás. Determine a pressão que é exercida por este pistão no gás. Assuma a aceleração da gravidade como 9.81 m/s^2.

Solução: A partir da Lei de Newton, temos:

$$F = m.g$$

$$F = 4.3 \times 9.81 = 42.18N$$

Lembrando que pressão é a força dividida pela área:

$$P = F/A = 9.37\ kPa.$$

19. Calcule a temperatura de um fluido quando ambos termômetros, em Fahrenheit e Celsius são imersos neste, sob as seguintes condições:

a) o número lido é o mesmo em ambos os termômetros;
b) o termômtro em Fahrenheit é 2x maior que o Celsius.

Solução: a) A escala em Fahrenheit está relacionada com a escala Celsius por:

$$T_C = \left(\frac{T_F - 32}{1.8}\right).$$

Como $T_F = T_C = T$, temos:

$$T = \left(\frac{T - 32}{1.8}\right) = -40^oC.$$

20. Enche-se um frasco de vidro de 200 cm^3 de volume com mercúrio a 20^oC . Que volume de mercúrio transborda quando a temperatura do sistema aumenta para 100^oC? O coeficiente de dilatação do vidro é $1.20 \times 10^{-5}(^oC)^{-1}$.

Solução: Para o vidro:

$$\Delta V_{vidro} = \beta \times V_0 \times \Delta T = 0.192\ cm^3.$$

Para o mercúrio:

$$\Delta V_{mercúrio} = \beta \times V_0 \times \Delta T = 2.88\ cm^3.$$

O volume do mercúrio que transborda é:

$$\Delta V_{mercúrio} - \Delta V_{vidro} = 2.69cm^3.$$

21. Que quantidade de gelo a -20^oC deve ser mergulhado em $0.25kg$ de água, inicialmente a 20^oC para que sua temperatura final seja 0^oC com todo o gelo derretido?

Solução:

$$Q = (0.25kg)[4.186\ Jkg^{-1}(^oC)^{-1}](20 - 0) = 20930J.$$

O calor especifico do gelo é 2302 $Jkg^{-1}(^oC)^{-1}$. Seja m a massa do gelo , então o calor necessário para aquecê-lo de -20^oC para 0^oC será:

$$Q = m[2302\ Jkg^{-1}(^oC)^{-1}](0 - (-20)) = m(46046)Jkg^{-1}.$$

O calor adicional necessário para derreter o gelo é o calor de fusão vezes a massa:

$$Q = m(335000Jkg^{-1}).$$

A soma destas duas quantidades tem de ser igual ao calor perdido pela água:

$$m(381000Jkg^{-1}) = 20930\ J.$$

De onde se obtém que $m = 0.055\ kg$.

Referências

[1] David Halliday, Robert Resnick, and Kenneth S Krane. *Physics, Volume 2*. John Wiley & Sons, 2010.

[2] Herch Moysés Nussenzveig. *Curso de Física Básica: fluidos, oscilações e ondas, calor*, volume 2. Editora Blucher, 2018.

[3] J.F. Rocha. *Origens e evolução das idéias da física*. Editora da Universidade Federal da Bahia, 2002.

[4] Hugh D Young and Roger A Freedman. *Física II, Sears e Zemansky: Termodinâmica e ondas*. Pearson, 2016.