4300159 – Física do Calor

Primeira Lista de Exercícios – Temperatura e Dilatação Térmica

Questões: As questões a seguir são conceituais, envolvendo eventualmente cálculos simples. É essencial que você saiba *justificar* suas respostas. Sempre poderá haver *mais de uma alternativa correta*.

Q1) Em geral, a leitura de um termômetro indica:
(a) A temperatura do próprio termômetro.
(b) A temperatura do objeto em contato térmico com o termômetro.
(c) A média entre as temperaturas do objeto e do termômetro, ponderada pelas respectivas massas.

Q2) Quais dos seguintes tipos de termômetros devem estar em equilíbrio térmico com o objeto cuja temperatura se deseja medir, para que essa medida seja precisa:
(a) Termômetro de coluna de mercúrio.
(b) Liga bimetálica.
(c) Termômetro a gás.
(d) Todos.
(e) Nenhum.
(f) Apenas (a) e (b).
(g) Apenas (a) e (c)
(h) Apenas (b) e (c).

Q3) Ordene, em ordem crescente, as seguintes temperaturas: (i) 0.00^{o}C; (ii) 0.00 ^{o}F; (iii) 260.00 K; (iv) 77.00 K; (v) –180.00^{o}C.

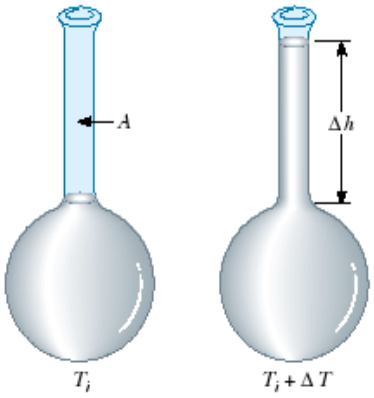
Q4) Você folheia um livro de receitas e encontra a instrução: "Asse o frango por 40 minutos, ajustando o forno em calor médio". Você entende que essa afirmação, do ponto de vista dos conceitos da Física:
(a) Faz sentido.
(b) Não faz sentido, pois confunde calor e temperatura.
(c) Não faz sentido, pois confunde calor e energia.

Problemas: Ao resolver os problemas que seguem, explicite seu raciocínio e as principais passagens dos cálculos.

P1) Um termômetro de gás a volume constante é calibrado utilizando como referências: (i) "gelo seco" (isto é, dióxido de carbono sólido à temperatura de –80.0^{o}C), e (ii) o ponto de ebulição do etanol (78.0^{o}C). Na calibração, foram obtidas as pressões de 0.900atm (CO_2 sólido) e 1.635atm (etanol). Nesse termômetro, que pressão corresponde (a) à temperatura de fusão da água? e (b) à temperatura de ebulição da água? (c) Mostre que, dentro da precisão experimental (sugerida pelo número de algarismos significativos das temperaturas e pressões de calibração), o valor obtido para o zero absoluto (em Celsius) por esse termômetro está correto.

P2) Um termômetro de coluna líquida é construído como indicado na figura abaixo. Na temperatura inicial (T_i), o líquido preenche exatamente o volume do bulbo esférico. Quando a temperatura sobe, o líquido pode se expandir livremente pelo tubo capilar, que tem área transversal constante A. Considere

que o líquido tenha coeficiente de expansão volumétrica β, e que o material do recipiente tenha coeficiente de expansão linear α. (a) Mostre que a variação da altura de coluna líquida com a temperatura é dada por $\Delta h = (V_i/A)\,(\beta - 3\alpha)\,\Delta T$, onde V_i é o volume inicial (volume do bulbo esférico). Dica: obtenha a expansão volumétrica do líquido e desconte a expansão volumétrica do recipiente. (b) Considere que o líquido seja mercúrio ($\beta = 1.82 \times 10^{-4}\ {}^{o}C^{-1}$) e que o recipiente seja de vidro ($\alpha = 9 \times 10^{-6}\ {}^{o}C^{-1}$). Sendo $\Delta h' = (V_i\ /A)\ \beta\ \Delta T$ a altura aproximada da coluna líquida (desprezando a correção devida à dilatação do recipiente), obtenha, $\delta = (\Delta h/\Delta h')$ e estime o erro introduzido pela aproximação. (c) Nesse exemplo, obtivemos $\delta < 1$, isso será sempre verdade? Por que? (d) Sendo 0.004cm o diâmetro do capilar, e 0.250cm o diâmetro do bulbo, calcule a variação na altura da coluna de mercúrio quando sua temperatura varia de $30.0^{o}C$.

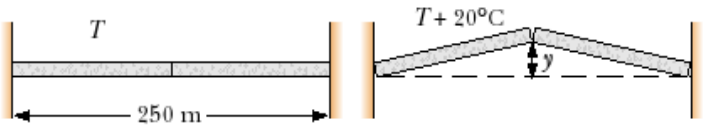


P3) A densidade da gasolina é 720 kg/m^3 a 15. 0°C, e seu coeficiente de expansão volumétrica é $9.70 \times 10^{-4}\ {}^{o}C^{-1}$. Suponha que o tanque de um carro tenha capacidade para 50.0 litros. (a) Se o motorista abastece o carro ao meio-dia (30.0^{o}C) ou à meia-noite (15.0^{o}C), qual a diferença entre a massa de gasolina que pode ser acomodada no tanque, $\Delta m = m(15.0^{o}C) - m(30.0^{o}C)$? Despreze a variação de volume do tanque do carro. (b) Se o carro tem autonomia para percorrer 400km abastecendo ao meio-dia, estime qual será sua autonomia se abastecer à meia-noite? (Dica: a energia química está contida na massa de gasolina (não no volume), sendo razoável admitir que essa energia é diretamente proporcional à massa de combustível. Lembre-se também da relação entre trabalho e deslocamento, $W = F\,\Delta x$, onde F é a força despendida pelo motor para manter o carro em movimento).

P4) (a) Um líquido tem densidade ρ_0. Mostre que a variação da densidade com o volume obedece à relação $(\Delta\rho/\rho_0) = -\,\beta\,\Delta T$, onde β é o coeficiente de expansão volumétrica (Dica: Na dedução, despreze termos da ordem de $(\Delta\rho)^2$.) Qual o significado físico do sinal negativo? (b) A densidade de água é 1.0000 g/cm^3 a 4.0^{o}C, e 0.9997 g/cm^3 a 10.0^{o}C. Qual o coeficiente de expansão volumétrica da água nesse intervalo?

P5) A 20.0^{o}C, um anel de alumínio tem diâmetro interno de 5.000cm, e uma barra cilíndrica de latão tem diâmetro de 5.050cm. (a) A temperatura do anel deve ser elevada a qual temperatura para que a barra se encaixe perfeitamente em seu orifício? O coeficiente linear de dilatação do alumínio vale $\alpha = 24\times10^{-6}\ {}^{o}C^{-1}$. (b) O latão tem coeficiente linear de dilatação $\alpha = 19\times10^{-6}\ {}^{o}C^{-1}$ (menor do que o do alumínio). Seria possível, em princípio, elevar a temperatura de ambos os corpos (anel e barra) e conseguir um encaixe perfeito? Se possível, qual seria essa temperatura? (c) Qual seria o melhor procedimento para conseguir o encaixe entre as peças, o proposto no item (a) ou no item (b)? Justifique sua resposta.

P6) A figura ao lado mostra uma ponte formada por dois blocos de concreto de comprimento $L/2$ (comprimento total da ponte é L). Por um erro de execução do projeto, nenhum espaço foi deixado entre os blocos. (a) Por causa de uma variação de temperatura ΔT, o ponto de contato entre as placas se elevou de uma altura y, em decorrência da expansão térmica. Sendo α o coeficiente de dilatação linear do concreto, obtenha a elevação y em função do comprimento original da ponte (L), da variação de temperatura (ΔT) e do coeficiente de dilatação α. (b) Mostre que essa



expressão pode ser simplificada para $y = L\,[\,(\alpha\,\Delta T)/2]^{1/2}$, se $(\alpha\,\Delta T) \ll 1$. (c) Calcule o deslocamento y nas seguintes condições: $L = 250\text{m}$, $\Delta T = 20\,^{\circ}\text{C}$ e $\alpha = 12 \times 10^{-6}\,^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Respostas:

Q1) (a); Q2) (d); Q3) (iv) < (v) < (ii) < (iii) < (i); Q4) (b).

P1) (a) 1.27 atm; (b) 1.74 atm; (c) -273.4^{o}C

P2) (b) $\delta = 0.85$ (erro de 15%). (c) Verdade desde que $\alpha > 0$. (d) $\Delta h = 3.03$cm.

P3) (a) $\Delta m = 0.5$ kg. (b) 406 km.

P4) (a) O sinal indica que a densidade diminui com o aumento da temperatura, desde que $\beta > 0$. (b) $\beta = 5\times10^{-5}\,{}^{o}\mathrm{C}^{-1}$.

P5) (a) $T_f = 437^{o}$C. (b) Possível, em princípio, mas a temperatura seria $T_f = 2100^{o}$C. (c) O procedimento do item (a) é o único viável pois a temperatura necessária está abaixo do ponto de fusão do alumínio, $660\,{}^{o}$C.

P6) (a) $y = (L/2)\,[(1+\alpha\,\Delta T)^2 - 1]^{1/2} = (L/2)\,[2\alpha\,\Delta T + (\alpha\,\Delta T)^2]^{1/2}$. (c) $y = 2.7$ m.