

Fenômenos Térmicos - 2014: primeiro conjunto de problemas

Termômetros, temperatura e escalas de temperatura

1. Suponha que em uma escala linear de temperatura X , a água ferva a $-81.5^\circ X$ e congele a $-190^\circ X$. Qual a temperatura de 400 K na escala X ?

2. Um termômetro a gás a volume constante é calibrado em gelo seco (dióxido de carbono em estado sólido) à temperatura de $-78.5^\circ C$, e em álcool etílico fervente na temperatura de $78.4^\circ C$, sendo que as pressões correspondentes a essas temperaturas são 0.905 atm e 1.635 atm respectivamente.

a) qual é o valor do zero absoluto, em Celsius, produzido por esta calibração?

b) qual é a pressão no ponto de congelamento da água? E no ponto de ebulição da água?

3. A pressão de um termômetro de gás constante é 0.4 atm no ponto triplo da água.

a) Quando a pressão no termômetro é de 0.1 atm, qual é a temperatura?

b) Qual é a pressão em $444.6^\circ C$, que corresponde ao ponto de ebulição do enxofre?

Expansão térmica

4. Imagine que você tenha duas barras de comprimentos L_1 e L_2 e cujos coeficientes de expansão linear são α_1 e α_2 respectivamente.

a) Mostre que o coeficiente de expansão linear efetivo, α_{ef} , da barra composta, de comprimento $L = L_1 + L_2$, pela união das duas barras é

$$\alpha_{ef} = \frac{\alpha_1 L_1 + \alpha_2 L_2}{L_1 + L_2}$$

b) Deduza uma expressão para L_1 em função de L_2 para que tenhamos $\alpha_{ef} = (2/3)\alpha_2$. Para que essa expressão tenha sentido físico, qual deve ser a condição sobre a razão α_1/α_2 ?

c) Imagine que você precise construir uma barra com tamanho 52.4 cm e $\alpha_{ef} = 1.3 \times 10^{-5}/^\circ C$, a partir de uma barra de aço e outra de bronze. Qual deve ser o comprimento utilizado de cada uma dessas duas barras?

5. A relação $L = L_0(1 + \alpha \Delta T)$ é uma aproximação que funciona quando o coeficiente de expansão médio é pequeno. Se for grande, deve-se integrar a relação $dL/dT = \alpha L$ para determinar o comprimento final.

a) Supondo que o coeficiente de expansão linear é constante enquanto L varia, determine uma expressão geral para o comprimento final.

b) Dada uma haste de 1m de comprimento e uma mudança na temperatura de $\Delta T = 100^\circ C$, determine o erro causado pela aproximação quando $\alpha = 2 \times 10^{-5} (^\circ C)^{-1}$ (um valor típico para um metal) e quando $\alpha = 0.02 (^\circ C)^{-1}$ (um valor alto não realístico apenas para comparação).

6. Numa certa faixa de temperatura, o comprimento L da aresta de um cubo em função da temperatura absoluta T é dado pela expressão

$$L = L_0 e^{\frac{0.3}{T_0}(T-T_0)},$$

onde $L_0 = 1$ m e $T_0 = 300$ K.

a) Esboce um gráfico de L contra T nas vizinhanças de T_0 . Qual o valor do comprimento da aresta desse cubo para $T = 310$ K?

b) Sendo o coeficiente de dilatação linear é definido pela expressão

$$\alpha = \frac{1}{L} \frac{dL}{dT}.$$

Qual o valor de α (com unidades corretas) do material desse cubo? Estime a variação no volume do cubo para a variação de temperatura $\Delta T = T - T_0 = 10$ K.

c) Calcule o valor do coeficiente

$$r = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dT},$$

onde ρ é a densidade do material do cubo. Note que $\rho = m/L^3$, onde m é a massa do cubo.

7. Uma haste de aço tem diâmetro de 3 cm a temperatura de $25^\circ C$. Nessa mesma temperatura um anel de bronze tem diâmetro interior de 2.992 cm. Em qual a temperatura comum o anel se encaixará na haste?

Absorção de calor

8. Considere a experiência de Joule, constituída por um sistema de pás dentro de um recipiente contendo 500 g de água e termicamente isolado. A queda de uma massa de 5 kg amarrada a uma corda aciona o sistema de pás fornecendo trabalho para dentro do sistema termicamente isolado. Se a massa cai de uma altura de 2 m e sendo que, aproximadamente, toda a energia potencial vai para dentro do sistema, qual será o aumento da temperatura da

água quando o sistema de pás cessar seu movimento? (considere para a aceleração da gravidade o valor de $9,8 \text{ m/s}^2$ e o calor específico da água $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$).

9. Uma certa substância tem massa molar de 55 g/mol . Quando 320 J de calor é adicionado a uma amostra de 32 g dessa substância sua temperatura sobe de 20°C para 42°C .

- a) Qual é o calor específico dessa substância?
- b) Quantos moles dessa substância estão presentes nessa amostra?
- c) Qual seria o calor específico molar da substância?

10. A baixas temperaturas o calor específico a pressão constante de uma determinada substância depende da temperatura conforme a expressão

$$c_P = 10 R \frac{T}{T_F},$$

onde T é dado em kelvins, $R \simeq 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ é a constante universal dos gases, e $T_F = 1000 \text{ K}$ é uma constante conhecida como “temperatura de Fermi”. Esse material se funde a 500 K , com o calor de fusão $L = 5 \times 10^4 \text{ J/mol}$. Acima da temperatura de fusão, o calor específico molar é constante e vale

$$c_p = 3R.$$

a) Esboce um gráfico do calor específico a pressão constante contra a temperatura. Indique os valores característicos nas duas faixas de temperatura.

b) A pressão constante, qual a quantidade de calor necessária para que um mol desse material passe de uma temperatura inicial de $T_i = 100 \text{ K}$, na fase sólida, a uma temperatura final $T_f = 1000 \text{ K}$, na fase líquida?

11. O álcool etílico possui ponto de ebulição de 78.4°C , ponto de congelamento de -114°C , calor de vaporização de 879 kJ/kg , calor de fusão de 109 kJ/kg e calor específico $2.43 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$. Quanta energia deve ser removida de 0.65 kg de álcool etílico, que é inicialmente um gás a 78.4°C , de modo que se torne sólido a -114°C ? Represente esse processo em um gráfico da temperatura T em função da quantidade de calor Q . Considere que o calor específico do álcool etílico líquido não varia significativamente com a temperatura.

Primeira lei da termodinâmica

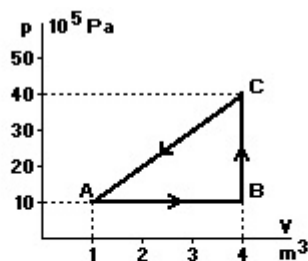
12. Um sistema passa por um processo no qual realiza 56 J de um trabalho e absorve 49 calorias de calor. Determine a variação de energia interna desse sistema. $1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$.

13. Calcule o trabalho, em Joules, realizado por um sistema expandindo-se de um volume inicial de 3.7 litros até o volume final de 4.2 litros, à pressão constante (processo isobárico) de 2.34 atm. Adote 1 atm aproximadamente igual a $1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ e considere que 1 m^3 corresponde a 1000 litros.

14. Um sistema termodinâmico é levado do estado inicial A a outro estado B e depois trazido de volta até A através do estado C, conforme o diagrama $P \times V$ da figura a seguir.

a) Complete a tabela atribuindo sinais (+) ou (-) às grandezas termodinâmicas associadas a cada processo. W positivo significa trabalho realizado pelo sistema, Q positivo é calor fornecido ao sistema e ΔU positivo é aumento da energia interna.

b) Calcule o trabalho realizado pelo sistema durante o ciclo completo ABCA.



	Q	W	ΔU
A \rightarrow B			+
B \rightarrow C	+		
C \rightarrow A			

15. Um gás realiza transformações dadas pelas seguintes trajetórias no diagrama $P \times V$:

- expansão isobárica (pressão constante) do ponto A até o ponto B;
- resfriamento isocórico (volume constante) do ponto B até o ponto C;
- compressão isobárica do ponto C até o ponto D cujo volume é o mesmo do ponto A;
- um aquecimento isocórico do ponto D até voltar ao ponto de partida A.

A mudança na energia interna para ir de A até C é de 950 J e o trabalho realizado pelo gás ao longo da trajetória ABC é 600 J. Represente a sequência de transformações em um diagrama $P \times V$ e responda.

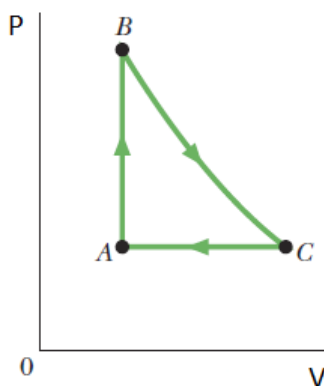
a) Quanta energia deve ser adicionada do sistema pelo calor quando este vai de A através de B e segue para C?

b) Se a pressão no ponto A é três vezes maior do que a do ponto C, qual é o trabalho realizado sobre sistema quando se vai de C para D?

c) Qual é a energia trocada com as vizinhanças pelo calor quando o ciclo vai de C para A ao longo da trajetória passando por D?

d) Se a mudança na energia interna indo-se do ponto D para o ponto A é de 600 J, quanta energia deve ser adicionada ao sistema pelo calor quando este vai do ponto C para o ponto D?

16. Um gás confinado em uma câmara fechada realiza um ciclo conforme a figura abaixo.



Determine a energia transferida como calor pelo sistema durante o processo a pressão constante CA se a energia adicionada como calor ao sistema durante o processo a volume constante AB é $Q_{AB} = 20 \text{ J}$, e nenhuma energia como calor é transferida ao sistema durante o processo adiabático BC. O trabalho líquido realizado durante o ciclo é de 15 J .

Mecanismos de transferência de calor

17. Uma barra de ouro é ligada, através de uma de suas extremidades, a uma barra de prata do mesmo comprimento e área de seção transversal. A extremidade aberta da barra de ouro é colocada em contato com um reservatório térmico na temperatura de 95°C e a extremidade aberta da barra de cobre colocada em contato com um reservatório térmico a 25°C . As laterais da barra composta pela união das duas é coberta com um bom isolante de modo que para efeitos práticos, a perda de calor pelas laterais é desprezível. Quando a transferência de atinge o estado estacionário, qual é a temperatura de equilíbrio na junção das barras? Considere as condutividades térmicas do ouro e da prata respectivamente iguais a $314 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ e $428 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$.

18. A temperatura na superfície do Sol é de 5778 K. O raio do Sol é 6.96×10^8 m. Calcule a energia total irradiada pelo Sol a cada segundo. Considere a emissividade igual a 0.965 e adote a constante de Stefan-Boltzmann aproximadamente igual a $5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$.

a) Calcule a energia total irradiada pelo Sol a cada segundo.

b) Determine quanto dessa energia chega a Terra a cada segundo. Caso precise procure por qualquer outro dado necessário para responder esse item.

Gases: descrição macroscópica

19. Um mol de um gás passa de um estado inicial cuja pressão é 4 atm para um estado final cuja pressão é de 2 atm, através de uma expansão isotérmica à temperatura de 400 K. Considere o gás como sendo ideal.

a) Determine o trabalho realizado pelo gás. Utilize $R = 8.31 \text{J/mol} \cdot \text{K}$.

b) Qual a variação na energia interna do gás?

c) Qual o calor absorvido pelo gás durante o processo? Justifique a resposta com base na primeira lei da termodinâmica.

20. Calcule o trabalho realizado por 10 g de oxigênio expandindo-se isotermicamente à temperatura de 20°C partindo da pressão de 1 atm até a pressão de 0.3 atm.

21. Na faixa de temperatura de 300 K a 330 K a relação entre a pressão P, o volume V e a temperatura T de um certo gás não ideal é dada por

$$PV = (24.9 \text{ J/K}) T - (0.00662 \text{ J/K}^2) T^2,$$

Calcule o trabalho feito por esse gás quando sua temperatura é aumentada de 310 K a 325 K, enquanto sua pressão é mantida constante.

22. Dois containeres A e B são ligados por uma válvula com tubo bastante fino. No container A existe um gás ideal à pressão de 5×10^5 Pa, na temperatura de 300 K. No container B, com quatro vezes o volume de A, o mesmo gás é mantido a pressão de 1×10^5 Pa a temperatura de 400 K. A válvula é então aberta, e o equilíbrio é alcançado a uma pressão comum enquanto a temperatura de cada é mantida constante no seu valor inicial. Qual é a pressão final do sistema?