

Constantes:  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ,  $R = 8,3 \text{ J/mol} \cdot \text{K} = 0,083 \text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}$ ;  $k = 1,3 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ;  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$  moléculas/mol

Dados: calor específico da água =  $4,18 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ , calor específico do gelo =  $2,05 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ , calor específico do vapor =  $2,02 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ , ponto de fusão da água =  $273 \text{ K}$ , ponto de ebulição =  $373 \text{ K}$ , calor latente de fusão da água =  $333,5 \text{ kJ/kg}$ , calor latente de vaporização da água =  $2257 \text{ kJ/kg}$

Conversões:  $1 \text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ ;  $1 \text{ L} = 10^3 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$ ;  $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$

Formulário:  $T_C = (5/9)(T_F - 32)$ ;  $T_C = T - 273$ ;  $dQ = m c dT$ ;  $dQ = L dm$ ;  $H = dQ/dt$ ;  $H = -k A dT/dx$ ;  $H = -e A \sigma T^4$ ;  $T = (L - L_0)/(L_{100} - L_0) \times 100^\circ\text{C}$ ;  $T = (P - P_0)/(P_{100} - P_0) \times 100^\circ\text{C}$ ;  $T = (P/P_3) T_3$ ;  $PV = nRT$ ;  $PV = NkT$ ;  $[P + (an^2/V^2)](V - nb) = nRT$ ;  $dU = dQ - dW$ ;  $dW = PdV$ ;  $c_p = c_v + R$ ;  $\gamma = c_p/c_v$ ;  $e = W/Q_{\text{rec}}$ ;  $e = 1 - (T_F/T_Q)$ ;  $K = Q_{\text{rec}}/W$ ;  $K = T_F/(T_Q - T_F)$ ;  $dS = dQ_{\text{rev}}/T$

1) Responda as perguntas abaixo apresentando as justificativas quando necessário.

(a) A energia interna de uma dada quantidade de gás ideal depende apenas da temperatura deste gás? E para o gás real (não ideal)? O que muda?

(b) Dois gases diferentes que se comportam de forma ideal e têm a mesma quantidade de mol e temperatura, têm a mesma energia cinética média? Compare a energia cinética média de 1 mol de gás de Argônio (Ar) e 1 mol de gás de Oxigênio (O<sub>2</sub>) na mesma temperatura, sabendo que a massa do Ar é 4/3 da massa do O<sub>2</sub>?

(c) Um processo termodinâmico reversível realizado sobre um sistema sempre provoca uma variação nula de entropia neste sistema? Dê exemplo de pelo menos um processo termodinâmico nas 3 variações de entropia do sistema: positiva, negativa e nula.

2) Um aluno criou um termômetro ( $^\circ T$ ) usando como temperaturas de referência a fusão do gelo e a ebulição da água com os valores de  $50^\circ T$  e  $100^\circ T$ , respectivamente. Deduza a expressão para converter essa escala para Fahrenheit. Lembre que na escala Fahrenheit essas temperaturas de referência são  $32^\circ F$  e  $212^\circ F$ . Qual o valor de  $70^\circ T$  na escala Fahrenheit?

3) Uma garrafa térmica bem fechada (isolada) contém 200g de água a  $10^\circ\text{C}$ . Se 50g de gelo a  $-5^\circ\text{C}$  for inserido na garrafa: (a) Qual é a temperatura final de equilíbrio do sistema? (b) Qual a variação de entropia nesse processo?

4) Um recipiente bem isolado, com capacidade térmica desprezível, contém 150g de gelo a  $-20^\circ\text{C}$ . Se 20g de vapor de água a  $130^\circ\text{C}$  são inseridos no recipiente, determine: (a) a temperatura final de equilíbrio do sistema e a composição do sistema no equilíbrio; (b) a variação de entropia deste balão.

5) Uma barra cilíndrica que tem área da seção reta de  $25 \text{ cm}^2$  e comprimento  $120 \text{ cm}$ , está inicialmente a uma temperatura uniforme de  $0^\circ\text{C}$ . Esta barra tem sua parede lateral isolada termicamente, de forma que calor só pode fluir ao longo da direção do comprimento. Num certo instante a barra é colocada com uma extremidade em contato com um reservatório a  $131^\circ\text{F}$  e a outra com um reservatório a  $311^\circ\text{F}$ . Quando o equilíbrio entre a barra e os reservatórios for atingido, determine: (a) a corrente térmica que passa pela barra; (b) a temperatura a  $20 \text{ cm}$  do reservatório frio e a  $20 \text{ cm}$  do reservatório quente. (c) Explique que processos é este e compare outras formas de transferência de calor, dando pelo menos um exemplo para cada processo. (**Dados da barra:** condutividade térmica =  $380 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ , emissividade =  $0,5$ , densidade =  $104 \text{ kg/m}^3$  e calor específico de  $520 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ).

6) Um bloco cúbico de cobre com massa de  $3,5 \text{ kg}$  e temperatura  $80^\circ\text{C}$ , é colocado em um balde fechado e isolado termicamente contendo uma mistura de gelo e água com massa total de  $1,2 \text{ kg}$ . Quando o equilíbrio térmico é atingido, a temperatura da água é de  $8^\circ\text{C}$ . Considere desprezível a capacidade térmica do balde e determine: (a) quanto de gelo estava no balde, antes do bloco de cobre ser colocado nele; e (b) a variação de entropia no processo. Discuta o valor obtido considerando a 2ª Lei da Termodinâmica. (c) Se este bloco de cobre não fosse colocado no balde, mas fosse deixado em contato com o ar a uma temperatura de  $25^\circ\text{C}$ , quanto seria inicialmente a taxa de perda de calor deste bloco com o tempo? (**Dados do cobre:** condutividade

térmica = 372 W/m.K, emissividade = 0,01, densidade = 9 g/cm<sup>3</sup>, calor específico = 0,39 kJ/kg.K e massa molar = 58,9 g)

7) Sabe-se que uma máquina realiza um ciclo termodinâmico com 4 processos quase-estáticos: (i) uma compressão isotérmica (A→B), (ii) um aquecimento adiabático (B→C), (iii) um resfriamento isocórico (C→D), e (iv) um aquecimento isobárico (D→A). (a) Desenhe as quatro etapas desse ciclo termodinâmico no diagrama PV e no diagrama ST identificando os estados termodinâmicos A, B, C e D. (b) Essa máquina pode ser classificada como máquina térmica ou geladeira? Por que?

8) Uma máquina térmica realiza um ciclo de Carnot. Sabendo que essa máquina está trabalhando com 0,5 mol de gás ideal monoatômico, inicia o ciclo no estado termodinâmico A com pressão de 1 atm e volume de 80 cm<sup>3</sup>, vai para o estado B que tem a metade do volume de A através de uma compressão isotérmica e depois vai para o estado C que tem um quarto do volume de B através de uma compressão adiabática. Determine: (a) a temperatura dos 2 reservatórios; (b) a eficiência dessa máquina térmica e a quantidade de calor liberado por essa máquina por ciclo.

9) Um balão meteorológico contém 12,0 m<sup>3</sup> de gás hidrogênio (H<sub>2</sub>) quando é liberado de um local em que a temperatura é de 27°C e a pressão é de 1 atm. O balão sobe para um ponto no qual a temperatura é de -33°C e a pressão é de 0,2 atm. Suponha que, em ambos os casos, o gás hidrogênio esteja em equilíbrio térmico com o ar externo e que o balão é livre para expandir/comprimir de modo que a pressão do gás interno seja igual à pressão externa, determine: (a) o novo volume do balão; (b) a variação de entropia deste balão.

10) Um recipiente que contém n mol de uma mistura de gases com 1/3 de hélio (He) e 2/3 de oxigênio (O<sub>2</sub>), e está em contato com um reservatório térmico de temperatura 5T, tem inicialmente um volume V e uma temperatura T. Sabendo que a massa do átomo de He é m, a massa da molécula de O<sub>2</sub> é 8m e que o sistema (mistura dos gases) entra em equilíbrio térmico com o reservatório através de um processo isobárico, determine: (a) a variação da energia interna deste sistema e dos 2 gases separadamente; (b) o trabalho realizado pelo sistema e dos 2 gases separadamente; (c) o calor recebido por este sistema e dos 2 gases separadamente; (d) a mudança da média da velocidade quadrática dos átomos de He e das moléculas de O<sub>2</sub>; (e) a variação de entropia do universo neste processo. Discuta o valor obtido considerando a 2ª Lei da Termodinâmica. (**Observação:** os itens acima devem ser respondidos como função as variáveis conhecidas: n, T, V, e m.)

11) Uma máquina térmica, que opera com 0,5 mol de um gás ideal poliatômico, pode ser representada por 4 processos quase-estáticos iniciando no estado A: (i) expansão isotérmica até o estado B, (ii) resfriamento isocórico até o estado C, (iii) compressão isotérmica até o estado D, e (iv) aquecimento isocórico até o estado inicial A. Dados: P<sub>D</sub> = 2 atm; T<sub>D</sub> = 360 K; V<sub>B</sub> = 3V<sub>D</sub>; e P<sub>B</sub> = 2P<sub>C</sub>. Determine: (a) os valores de pressão P, volume V, temperatura T e energia interna U nos 4 estados termodinâmicos A, B, C e D, e desenhe o diagrama PV indicando os pontos A, B, C e D, unidades e escalas; (b) a quantidade de trabalho W e calor trocado em cada um dos processos termodinâmicos; (c) a eficiência desta máquina. Compare com a eficiência que teria uma máquina de Carnot operando entre reservatórios com temperaturas iguais às temperaturas máxima e mínima desta máquina.

12) Um ciclo de uma máquina térmica, que opera com 2 mol de um gás ideal diatômico, passa por 3 estados termodinâmicos A→B→C→A. O processo AB é um resfriamento isobárico, o BC é um aquecimento isocórico e o CA é resfriamento adiabático. Sabendo que T<sub>A</sub> = 500 K, T<sub>B</sub> = 300 K, V<sub>A</sub> = 2 L, determine: (a) os valores de pressão, volume e temperatura dos 3 estados A, B e C; (b) os valores de variação de energia interna, trabalho, calor e variação de entropia em cada processo do ciclo; (c) a eficiência do ciclo.