

Problemas de Termodinâmica e Estrutura da Matéria
3ª série

3.1) Determine o rendimento máximo de um motor térmico trabalhando entre as temperaturas de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2) A temperatura da radiação solar que chega à Terra é de $6\,000\text{ K}$.

a) Qual é a eficiência máxima de um painel solar que está à temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Considere que o painel solar funciona aproximadamente como uma máquina térmica de Carnot.

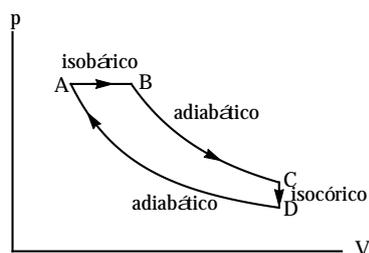
b) Se a energia da radiação solar incidente é de 100 J , quanto é a quantidade máxima de energia que o painel solar pode fornecer.

3.3) Um mole de um gás descreve um ciclo de Carnot entre as temperaturas de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na transformação isotérmica superior, o volume inicial é de 1 litro e o volume final é de 5 litros . Determine a quantidade de calor permutada com a fonte quente e a fonte fria, e o trabalho realizado ao longo de um ciclo.

3.4) Uma máquina térmica descreve um ciclo de Carnot entre as temperaturas de $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, mas atinge apenas 20% da sua eficiência máxima. Determine a energia que é necessário fornecer à máquina para que o trabalho realizado seja de 10^4 J .

3.5) Uma máquina térmica de Stirling opera entre duas isotérmicas e duas isocóricas. Calcule a sua eficiência.

3.6) Um motor a diesel opera de acordo com o ciclo indicado na figura. Determine os fluxos de calor da fonte quente e da fonte fria. Calcule o rendimento do motor a diesel.



3.7) Determine a energia necessária para extrair uma caloria de calor de um corpo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ quando a temperatura ambiente é de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.8) O interior de um frigorífico está à temperatura de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. A temperatura exterior é de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. No interior do frigorífico é colocado um litro de água

à temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcule a quantidade de trabalho que é necessário fornecer ao sistema para que a água fique à temperatura do frigorífico. O calor específico da água é $c_p = 4181\text{ J}/(\text{kg }^{\circ}\text{C})$.

3.9) O sistema de refrigeração de um frigorífico é constituído por 0.1 mol de um gás, o isobutano (C_4H_{10}). Durante o ciclo termodinâmico reversível do frigorífico, o isobutano começa por estar sujeito a uma expansão adiabática, seguindo-se de um aquecimento isocórico e, finalmente, o isobutano é comprimido e arrefecido isobaricamente. No total, o ciclo termodinâmico é constituído por três processos termodinâmicos elementares e o ciclo é percorrido no sentido contrário ao das rotações dos ponteiros dos relógios. Considere que a temperatura de funcionamento do frigorífico é de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ e que a temperatura exterior é de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. A pressão máxima do isobutano na tubagem do frigorífico é de 5 bar . O isobutano é caracterizado pelas constantes termodinâmicas, $c_V = 85.85\text{ J}/(\text{mol K})$ e $\gamma = 1.097$.

a) Faça o diagrama (V, p) do processo termodinâmico cíclico descrito. Indique os sentidos dos percursos e calcule as pressões, as temperaturas e os volumes no início e no fim dos três processos termodinâmicos elementares.

b) Calcule as quantidades de calor e de trabalho trocadas entre o sistema termodinâmico e o exterior nas várias transformações elementares do ciclo. No diagrama do ciclo termodinâmico, indique os sentidos dos fluxos de calor e de trabalho.

c) Em condições normais de funcionamento do frigorífico são percorridos 3000 ciclos termodinâmico por hora e o preço da energia eléctrica é de 15 cêntimos por kilowatt-hora. Determine a potência do frigorífico. Como o custo de funcionamento do frigorífico é devido ao custo da energia que alimenta o motor que comprime o gás de refrigeração, determine o custo diário de manutenção do frigorífico.

d) Assuma que a eficiência de um frigorífico é definida como a razão entre a energia aproveitada para consumo e a energia gasta para manter o frigorífico a funcionar. Calcule a eficiência do ciclo termodinâmico do frigorífico.

3.10) O calor específico de um sólido é $c_p = 125.48\text{ J}/(\text{kg K})$. Qual é a variação de entropia quando 1 kg desse sólido é aquecido de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.11) Calcule a variação de entropia ao longo de um ciclo de Otto.

3.12) Calcule a variação de entropia de um mole de um gás ideal quando este se expande isotermicamente para duas vezes o seu volume.

3.13) Qual a variação de entropia na vaporização de 1 litro de água. Considere que todo o processo ocorre a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. ($L_{eva} = 2.26 \times 10^6\text{ J}/\text{kg}$).

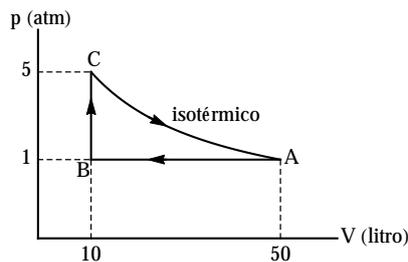
3.14) Qual a variação de entropia quando se aquece 2 litros de água de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a pressão constante. ($c_p = 75.29\text{ J}/(\text{mole K})$).

3.15) Um recipiente contém dois compartimentos com volumes iguais e separados por uma parede impermeável. Um dos compartimentos contém 0.5 moles de H_2 e outro 0.5 moles de O_2 . O sistema está à pressão de 1 atmosfera e à temperatura de $20^\circ C$. Qual a variação de entropia quando se remove a parede que separa os compartimentos internos.

3.16) Faça uma representação esquemática dos ciclos de Otto, Rankine e diesel num diagrama (S, T) .

3.17) Uma máquina térmica percorre um ciclo como o indicado na figura. O sistema termodinâmico é constituído por 1 mole de um gás ideal monoatômico.

- Calcule o trabalho realizado pelo sistema termodinâmico ao longo de cada um dos percursos AB, BC e CA. Calcule o trabalho total realizado pelo gás.
- Calcule o calor trocado com o sistema termodinâmico ao longo de cada um dos percursos AB, BC e CA.
- Calcule a eficiência do ciclo termodinâmico.
- Calcule a variação de entropia ao longo do caminho CA.

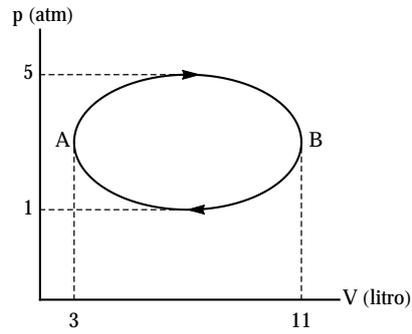


3.18) Uma máquina térmica constituída por 1 mole de um gás ideal monoatômico percorre o ciclo (elipse) termodinâmico indicado na figura.

- Calcule o trabalho realizado pelo sistema termodinâmico ao longo do ciclo fechado.
- Calcule a quantidade de calor e de trabalho trocado com o sistema no percurso $A \rightarrow B$.
- Calcule a eficiência do ciclo termodinâmico.

Soluções: 3.1) $e = 0.38$. 3.2a) $e = 0.95$; 3.2b) $W = 95$ J. 3.3) $Q_q = 5261$ J, $Q_f = -3923$ J, $W = -1338$ J. 3.4) $Q_q = 2 \times 10^5$ J. 3.5) $e = R(T_q - T_f) \log(V_B/V_A) / (RT_q \log(V_B/V_A) + c_V(T_q - T_f))$, em que $V_B > V_A$. 3.6) $Q_q = nc_p(T_B - T_A) > 0$, $Q_f = nc_V(T_D - T_C) < 0$,

$$e = 1 - (T_C - T_D) / (\gamma(T_B - T_A)).$$



3.7) $W = 0.285 \text{ J}$. 3.8) $W = 6653 \text{ J}$. 3.9a) $V_A = 0.50 \text{ l}$, $V_B = 1.06 \text{ l}$, $p_B = 218896 \text{ Pa}$, $T_C = 360 \text{ }^\circ\text{C}$; 3.9b) $Q_f = 3056 \text{ J}$, $W_{CA} = 278 \text{ J}$, $Q_q = -3154 \text{ J}$, $W_{AB} = -180 \text{ J}$; 3.9c) 232 W , 0.84 euro ; 3.9d) $e'_{frig} = 11$. 3.10) $\Delta S = 39.14 \text{ J/K}$. 3.11) $\Delta S = 0$. 3.12) $\Delta S = 5.76 \text{ J/K}$. 3.13) $\Delta S = 6057 \text{ J/K}$. 3.14) $\Delta S = 1558 \text{ J/K}$. 3.15) $\Delta S = 5.76 \text{ J/K}$. 3.17a) $W_{AB} = 4053 \text{ J}$, $W_{BC} = 0 \text{ J}$, $W_{CA} = -8153.8 \text{ J}$, $W = -4100.8 \text{ J}$; 3.17b) $Q_{AB} = -10133 \text{ J}$, $Q_{BC} = 6079.5 \text{ J}$, $Q_{CA} = 8153.8 \text{ J}$; 3.17c) $e = 0.29$; 3.17d) $\Delta S = 13.38 \text{ J/K}$. 3.18a) $W = -2546.6 \text{ J}$; 3.18b) $\Delta Q = 7352.8 \text{ J}$, $\Delta W = -3705.1 \text{ J}$; 3.18c) $e = 0.35$.