

Lista de Exercícios 3

Termodinâmica

Conteúdos: Trabalho isotérmico, ciclos termodinâmicos completos, ciclo Otto, bombas de calor, razão C_p/C_v , entropia do universo e Terceira Lei — aprofundamento

Nome: _____ Data: ____/____/____

1. Um gás ideal, contendo $n = 2$ mols, sofre uma expansão isotérmica reversível à temperatura constante de 350 K, de um volume $V_1 = 1$ L para $V_2 = 3$ L. Calcule o trabalho realizado pelo gás nessa expansão (use $R = 8,31$ J/(mol·K) e $\ln 3 \approx 1,0986$).

Fórmula(s): $W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln(V_2/V_1)$ (trabalho em expansão isotérmica de gás ideal)

2. Um gás realiza um ciclo termodinâmico completo representado por um retângulo no diagrama p-V: parte do estado A ($p_1 = 3 \times 10^5$ Pa, $V_1 = 2$ m³), expande-se isobaricamente até B (p_1 , $V_2 = 5$ m³), é resfriado isocoricamente até C ($p_2 = 1 \times 10^5$ Pa, V_2), comprimido isobaricamente até D (p_2 , V_1) e, por fim, aquecido isocoricamente de volta ao estado A. Calcule o trabalho líquido realizado pelo gás em um ciclo completo.

Fórmula(s): $W_{\text{líquido}} = (p_1 - p_2) \cdot (V_2 - V_1)$ (área do ciclo retangular no diagrama p-V)

3. O rendimento teórico do ciclo Otto (usado em motores de combustão interna a gasolina) é dado por $\eta = 1 - 1/r^{(\gamma-1)}$, sendo r a razão de compressão e $\gamma = C_p/C_v$. Calcule o rendimento teórico de um motor com razão de compressão $r = 8$ e $\gamma = 1,4$ (use $8^{0,4} \approx 2,297$).

Fórmula(s): $\eta_{\text{Otto}} = 1 - 1/r^{(\gamma-1)}$

4. Uma bomba de calor fornece 1200 J de calor ao ambiente interno de uma casa a cada ciclo, consumindo 300 J de trabalho elétrico da rede. Calcule o coeficiente de eficácia (COP) dessa bomba de calor no modo aquecimento, definido como $\text{COP} = Q_q/W$, e calcule também a quantidade de calor retirada do ambiente externo (mais frio) em cada ciclo.

Fórmula(s): $\text{COP}_{\text{aquecimento}} = Q_q / W$; $Q_f = Q_q - W$

5. Para um gás ideal diatômico, o calor específico molar a volume constante é $C_v = (5/2)R$. Usando a relação de Mayer ($C_p - C_v = R$), calcule o valor de C_p para esse gás e, em seguida, calcule a razão $\gamma = C_p/C_v$ (use $R = 8,31$ J/(mol·K)).

Fórmula(s): $C_p - C_v = R$ (relação de Mayer) ; $\gamma = C_p / C_v$

6. Uma fonte quente a 400 K cede 800 J de calor diretamente a uma fonte fria a 250 K, em um processo de condução térmica irreversível. Calcule a variação de entropia da fonte quente, da fonte fria e a variação total de entropia do universo nesse processo, e explique por que o resultado obtido está de acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica.

Fórmula(s): $\Delta S = Q / T$ (para cada fonte, calculada separadamente) ; $\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{quente}} + \Delta S_{\text{fria}}$

7. Calcule o rendimento de Carnot de uma máquina térmica que opera entre uma fonte quente a 300 K e uma fonte fria extremamente próxima do zero absoluto, a 1 K. Em seguida, explique, com base na Terceira Lei da Termodinâmica, por que mesmo esse rendimento tão próximo de 100% nunca pode, na prática, ser igual a 100%.

Fórmula(s): $\eta_{\text{Carnot}} = 1 - (T_f / T_q)$

8. Um gás monoatômico ideal ($C_v = 12,5 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$), contendo 2 mols, está inicialmente a 300 K. Ele sofre uma expansão adiabática, realizando 500 J de trabalho sobre o ambiente. Usando a Primeira Lei da Termodinâmica, calcule a variação de energia interna do gás e sua temperatura final.

Fórmula(s): $\Delta U = Q - W$, com $Q = 0$ (adiabática); $\Delta U = n \cdot C_v \cdot \Delta T$

9. Uma máquina térmica real opera entre uma fonte quente a 500 K e uma fonte fria a 300 K, retirando 1000 J de calor da fonte quente a cada ciclo, com rendimento real de 30% (inferior ao rendimento máximo de Carnot para esse intervalo de temperaturas). Calcule o trabalho realizado e o calor rejeitado à fonte fria, e em seguida calcule a variação de entropia total do universo nesse ciclo, mostrando que ela é positiva (evidenciando a irreversibilidade do processo real).

Fórmula(s): $\eta = W/Q_q$; $Q_f = Q_q - W$; $\Delta S = -Q_q/T_q + Q_f/T_f$

10. Três blocos metálicos A, B e C estão inicialmente a temperaturas desconhecidas. Um termômetro é colocado em contato com A até atingir equilíbrio térmico, registrando uma leitura; em seguida, o mesmo termômetro é colocado em contato com B, sem que sua própria temperatura tenha sido alterada entre as medições, e registra a mesma leitura. Sabe-se, além disso, que B e C já estão em equilíbrio térmico entre si. Utilizando a Lei Zero da Termodinâmica, explique se é necessário colocar A e C diretamente em contato para garantir que eles também estão em equilíbrio térmico entre si, e por que esse princípio é o que torna válido, na prática, o uso de um termômetro para comparar as temperaturas de corpos diferentes sem colocá-los em contato direto uns com os outros.

Fórmula(s): Questão teórica — Lei Zero da Termodinâmica (transitividade do equilíbrio térmico)