

4ª Lista de Exercícios: Segunda Lei da Termodinâmica

Parte 1: Máquinas térmicas, refrigeradores e ciclo de Carnot

Verdadeiro ou falso? Se a afirmação for falsa, dê um contra-exemplo.

1. Todas as máquinas térmicas possuem o mesmo rendimento.
2. É impossível transferir uma dada quantidade de calor de uma fonte térmica fria para outra quente.

Perguntas:

3. A conversão completa de energia mecânica em calor é proibida pela segunda lei da termodinâmica? E converter calor integralmente em trabalho? Explique.
4. Imagine um filtro especial colocado na janela de uma casa. Os pequeníssimos furos do filtro permitem apenas a passagem de moléculas com velocidades maiores que um dado valor v_L para fora da casa e permitem a entrada apenas de moléculas com velocidades inferiores a v_L . Explique por que esse filtro produziria o resfriamento da casa e por que a segunda lei da termodinâmica proíbe sua construção.
5. Qual deveria ser a eficiência do ciclo de Carnot operando com $T_Q = T_F$? Qual seria a eficiência se $T_F = 0 \text{ K}$ e T_Q fosse qualquer temperatura acima do zero absoluto?

Exercícios:

6. Um motor Diesel produz 2200 J de trabalho mecânico e rejeita 4300 J em cada ciclo. (a) Qual a quantidade de trabalho realizada pela máquina em cada ciclo? (b) Qual a eficiência térmica da máquina?
7. Um motor a gasolina consome 16100 J de calor e realiza 3700 J de trabalho em cada ciclo. O calor é obtido pela queima de gasolina que possui calor de combustão igual a $4,60 \times 10^4 \text{ J/g}$. (a) Qual a eficiência térmica? (b) Qual a quantidade de calor rejeitada em cada ciclo? (c) Qual a massa de combustível queimada em cada ciclo? (d) Se o motor gira com 60 ciclos por segundo, qual a potência fornecida pelo motor em kW?
8. Um motor de ciclo Otto possui razão de compressão igual a 8,8. (a) Qual é a eficiência ideal do motor? Use $\gamma = 1,40$. (b) Um segundo motor possui razão de compressão ligeiramente maior e igual a 9,6. Qual é o aumento de eficiência devido ao aumento na razão de compressão?
9. Um refrigerador possui um coeficiente de desempenho (CD) igual a 2,10. Ele absorve $3,40 \times 10^4 \text{ J}$ de calor de um reservatório frio em cada ciclo. (a) Qual é a energia mecânica em cada ciclo necessária para operar o refrigerador? (b) Durante cada ciclo, qual é o calor rejeitado para o reservatório quente?

10. Um aparelho de ar condicionado absorve $9,80 \times 10^4$ J de calor por minuto de uma sala que está sendo resfriada e no mesmo intervalo de tempo despeja $1,44 \times 10^5$ J de calor no ambiente externo. (a) Qual seu consumo de potência em W? (b) Qual sua eficiência energética?

11. Um mol de gás monoatômico ideal, com volume inicial V_1 de 25 L, realiza um ciclo composto por processos quase-estáticos. Inicialmente, a volume constante, aumenta sua pressão p_1 de 100 kPa para $p_2 = 200$ kPa. Isotermicamente, volta à pressão inicial até chegar ao volume $V_3 = 2V_1$. Por fim, retorna ao estado inicial a pressão constante. (a) Esboce o diagrama pV do ciclo. (b) Determine a temperatura de cada estado. (c) Qual o calor transferido em cada etapa do ciclo? (d) Qual o rendimento?

12. Estime o rendimento de uma máquina térmica operando entre a temperatura de uma pessoa e a temperatura ambiente. Compare o resultado com o rendimento do corpo humano ao converter energia química em trabalho (aproximadamente 20%). Por que será que não é conhecido nenhum organismo que tenha desenvolvido uma máquina térmica biológica para aumentar sua energia interna?

13. Uma máquina de Carnot opera entre dois reservatórios com temperaturas de 520 K e 300 K. (a) Se a máquina recebe 6,45 kJ de calor do reservatório a 520 K em cada ciclo, quantos joules por ciclo ele rejeita ao reservatório a 300 K? (b) Qual é o trabalho mecânico produzido pela máquina em cada ciclo? (c) Qual é a eficiência térmica da máquina?

14. Uma máquina que produz gelo opera com um ciclo de Carnot. Ela recebe calor da água a 0°C e rejeita calor para uma sala a 24°C . Suponha que 85 kg de água a 0°C sejam convertidos para gelo a 0°C . (a) Qual é o calor rejeitado para a sala? (b) Qual é a energia que deve ser fornecida para a máquina?

15. Uma máquina de Carnot opera entre dois reservatórios de calor com temperaturas T_Q e T_F . Um inventor propõe aumentar sua eficiência fazendo uma máquina operar entre T_Q e uma temperatura intermediária T' e uma segunda máquina entre T' e T_F , usando nesta segunda máquina o calor rejeitado pela primeira. Compare a eficiência desta máquina composta à original.

16. Um gás ideal com $\gamma = 5/3$ sofre uma expansão isotérmica em que seu volume aumenta de 50%, seguida de uma contração isobárica até o volume inicial e de aquecimento, a volume constante, até a temperatura inicial. (a) Calcule o rendimento deste ciclo. (b) Compare o resultado com o rendimento de um ciclo de Carnot que opere entre as mesmas temperaturas extremas.