4300159 – Física do Calor

3ª Lista de Exercícios: *Calor, Trabalho e Primeira Lei da Termodinâmica*

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

1. Quando um sistema passa de um estado A para um estado B, o calor fornecido ao sistema é o mesmo, independente do processo.
2. Quando um sistema passa de um estado A para um estado B, o trabalho por ele realizado é o mesmo, independente do processo.
3. Quando um sistema passa de um estado A para um estado B, a variação de energia interna é a mesma, independente do processo.
4. A energia interna de um gás qualquer depende apenas da temperatura.
5. A energia interna de um gás ideal depende apenas da temperatura.
6. Numa expansão isotérmica de um gás ideal, o trabalho realizado pelo gás é igual ao calor absorvido.

Perguntas:

7. Um sistema pode absorver calor sem haver modificação da sua energia interna?
8. Quando sistemas como massas de gás confinadas ou sólidos em contato com a atmosfera se expandem ou contraem, eles efetuam trabalho sobre suas vizinhanças. Poderia dar exemplos de sistemas que realizam trabalho sem modificar seu volume?
9. Numa dada temperatura, seria de se esperar que um mol do gás diatômico H_2 tenha mais ou menos energia interna que um mol de gás monoatômico como o He? Explique.
10. Quando o gelo se funde a $0^\circ C$, seu volume diminui. A variação da sua energia interna é igual, maior ou menor do que o calor fornecido ao gelo? Como você pode explicar?
11. Caso você conheça a energia interna inicial e a energia interna final de um sistema, você pode saber se a variação de energia interna foi devida ao trabalho realizado ou ao calor transferido?
12. Imagine um gás constituído inteiramente por elétrons. Em uma expansão livre desse gás, a temperatura aumenta, diminui ou permanece constante? Por quê?
13. Existem poucas substâncias que se contraem quando a temperatura aumenta, tal como a água entre 0 e $4^\circ C$. Para esses materiais, você espera que C_p seja maior, menor ou igual a C_v ? Por quê?
14. Quando um gás se expande adiabaticamente, ele realiza trabalho sobre suas vizinhanças. Porém, como não existe nenhum fluxo de calor para o sistema, de onde vem a energia para realizar o trabalho?
15. O volume de um gás ideal se expande lentamente até dobrar, enquanto sua temperatura é mantida constante. Sua energia interna aumentou, diminuiu ou permaneceu constante? A troca de energia se dá na forma de trabalho, calor ou ambos?

Exercícios e Problemas:

16. Um gás formado por N moléculas é expandido até que seu volume dobre, enquanto sua temperatura é mantida constante a T_0 . Sendo T_A a temperatura ambiente na vizinhança do sistema, qual o calor transferido ao gás?

Para os exercícios 17 e 18, considere 1 mol de gás ideal no estado inicial A, com as variáveis pressão $p_A = 3$ atm, volume $V_A = 1$ l e energia interna $U_A = 456$ J e estado final B, com $p_B = 2$ atm, $V_B = 3$ l e $U_B = 912$ J.

17. O gás expande a pressão constante até ocupar V_B . É então resfriado a volume constante até atingir p_B . (a) Representar este processo num diagrama pV e calcular o trabalho do gás. (b) Calcular o calor fornecido durante o processo.

18. O gás expande isotermicamente até ocupar V_B e atingir pressão de 1 atm. É então aquecido a volume constante até atingir p_B . (a) Representar este processo num diagrama pV e calcular o trabalho do gás. (b) Calcular o calor fornecido durante o processo.

19. Um cilindro contém 0,01 mol de gás hélio ($c_V = 12,47$ J/mol·K, $c_P = 20,78$ J/mol·K) a uma temperatura $T = 300$ K. (a) Qual é o calor necessário para aumentar a temperatura para 340 K enquanto o volume permanece constante? Faça um desenho do diagrama pV para este processo. (b) Se em vez de manter o volume constante, a pressão do hélio for mantida constante, qual seria o calor necessário para aumentar a temperatura de 300 K para 340 K? Faça um desenho do diagrama pV para este processo. (c) Qual é o fator responsável pela diferença obtida nos itens (a) e (b)? Em qual dos dois casos o calor necessário é maior? O que ocorre com o calor adicional? (d) Caso o sistema fosse um gás ideal, qual seria a variação da energia interna da parte (a)? E da parte (b)? Como você compara as duas respostas? Por quê?

20. O gás propano (C_3H_8) pode ser considerado um gás ideal com $\gamma = 1,127$. Determine o calor específico molar a volume constante e o calor específico molar a pressão constante.

21. Uma amostra de gás ideal é expandida de 1 m³ para 2 m³ em um processo quase estático, para o qual vale a relação $p = \alpha \cdot V^2$, onde $\alpha = 5$ atm/m⁶. Esboce o diagrama pV e calcule o trabalho realizado pelo gás durante o processo.

22. Uma amostra de gás ideal é submetida ao seguinte ciclo termodinâmico: iniciando no estado A, com pressão 1 atm e volume $0,2$ m³, o sistema evolui adiabaticamente até B, atingindo pressão 3 atm e volume $0,09$ m³. Posteriormente, sofre expansão isobárica até o volume de $0,4$ m³, onde recebe 100kJ de calor e atinge o estado C, seguida de uma expansão isotérmica até o estado D, retornando à pressão de 1 atm, com volume $1,2$ m³. Por fim, o sistema retorna ao estado inicial a pressão constante, liberando 150 kJ para o ambiente. (a) Esboce o diagrama pV do processo. (b) Determine a diferença de energia interna entre os estados B e A.

23. Uma amostra de gás ideal é submetida a um ciclo composto por dois processos isobáricos e dois isotérmicos. Sendo p_1, V_1 o estado A, $p_2 > p_1$ a pressão nos estados B e C e p_1, V_2 o estado D, mostre que o trabalho líquido realizado num ciclo é dado por $W = p_1 (V_2 - V_1) \ln (p_2/p_1)$.

24. Um mol de gás ideal, partindo das condições NTP, sofre: (i) uma compressão isotérmica até um volume de 5 l, seguida de (ii) uma expansão adiabática até retornar ao volume inicial, atingindo uma pressão final de 0,55 atm. (a) Calcule p ao fim da etapa (i) e T ao fim da etapa (ii). (b) Calcule c_P e c_V para este gás. (c) Calcule a variação total de energia interna. (d) Calcule o trabalho total realizado.