Instituto Federal do Ceará – IFCE
Campus Itapipoca
Disciplina: Termodinâmica
Lista de Exercícios 02

Prof. Dr. F. A. Leandro Filho
Aluno(a): _____

Gases Perfeitos

Dados usuais, quando necessários: $R = 8{,}31\,\mathrm{J/(mol\,K)} = 0{,}082\,\mathrm{atm\,L/(mol\,K)}$; $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\,\mathrm{mol^{-1}}$; $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\mathrm{J/K}$; $1\,\mathrm{atm} = 1{,}013 \cdot 10^{5}\,\mathrm{Pa}$; $1\,\mathrm{L} = 10^{-3}\,\mathrm{m^3}$.

1. Quais são as três variáveis de estado usadas para descrever uma quantidade fixa de gás perfeito? Explique o significado físico de cada uma.

2. Um gás exerce pressão de $5{,}0 \cdot 10^{3}\,\mathrm{Pa}$ sobre cada face de área $2{,}0\,\mathrm{m^2}$ de um recipiente cúbico. Determine o módulo da força média exercida pelo gás sobre cada face.

3. Uma massa de gás sofre, sucessivamente: compressão a temperatura constante, expansão a pressão constante e aquecimento a volume constante. Dê o nome de cada transformação.

4. Enuncie as leis de Boyle, Charles e Gay-Lussac para uma quantidade fixa de gás e indique, em cada caso, a variável mantida constante.

5. Em um recipiente rígido, certa massa de gás perfeito está a $27\,^{\circ}\mathrm{C}$ sob pressão de $90\,\mathrm{cmHg}$. A temperatura aumenta para $350\,\mathrm{K}$. Determine a nova pressão.

6. Uma amostra ocupa $10{,}0\,\mathrm{L}$ sob pressão de $1{,}5\,\mathrm{atm}$. Ela é transferida, isotermicamente, para um recipiente de $15{,}0\,\mathrm{L}$. Determine a nova pressão.

7. Um gás ocupa $15\,\mathrm{L}$ a $27\,^{\circ}\mathrm{C}$. Em uma expansão isobárica, passa a ocupar $20\,\mathrm{L}$. Determine a temperatura final e a variação de temperatura.

8. Um balão tem volume de $50\,\mathrm{m^3}$ e pressão de $80\,\mathrm{cmHg}$. Em uma subida isotérmica, seu volume atinge $1.000\,\mathrm{m^3}$. Qual é a pressão final?

9. Uma massa de gás sofre transformação isocórica. A pressão inicial é $4{,}0\,\mathrm{atm}$ a $47\,^{\circ}\mathrm{C}$ e a temperatura final é $127\,^{\circ}\mathrm{C}$. Calcule a pressão final.

10. Um pneu é calibrado a $30\,\text{lb/pol}^2$ e $22\,^\circ\text{C}$. Após a viagem, a pressão é $36\,\text{lb/pol}^2$. Admitindo volume constante e pressões absolutas representadas pelos valores fornecidos, determine a temperatura final.

11. Uma amostra passa do estado $p_1 = 2{,}0\,\text{atm}$, $V_1 = 5{,}0\,\text{L}$ e $T_1 = 300\,\text{K}$ para $p_2 = 3{,}0\,\text{atm}$ e $V_2 = 4{,}0\,\text{L}$. Determine T_2.

12. O volume de certa massa de gás aumenta 20%, enquanto sua temperatura absoluta diminui 40%. Determine a razão p_f/p_i e a variação percentual da pressão.

13. Calcule o número de mols e o número de moléculas presentes em $1{,}00\,\text{cm}^3$ de gás ideal a $100\,\text{Pa}$ e $220\,\text{K}$.

14. O ouro tem massa molar $197\,\text{g/mol}$. Quantos mols e quantos átomos existem em uma amostra de $2{,}50\,\text{g}$ de ouro puro?

15. Colocam-se $160\,\text{g}$ de oxigênio, de massa molar $32\,\text{g/mol}$, a $27\,^\circ\text{C}$ em um recipiente de $5{,}0\,\text{L}$. Determine a pressão.

16. Em um recipiente rígido de $41\,\text{L}$ são colocados $10\,\text{mol}$ de gás perfeito a $177\,^\circ\text{C}$. Determine a pressão exercida pelo gás.

17. Que volume devem ocupar $6{,}0\,\text{mol}$ de gás perfeito a $227\,^\circ\text{C}$ para exercer pressão de $12\,\text{atm}$?

18. A que temperatura, em graus Celsius, devem estar $5{,}0\,\text{mol}$ de gás perfeito em um recipiente de $20{,}5\,\text{L}$ para exercer pressão de $4{,}0\,\text{atm}$?

19. Em um recipiente rígido de $10\,\text{L}$ são colocados $8{,}0\,\text{g}$ de hidrogênio a $-23\,^\circ\text{C}$. Sendo $M_{H_2} = 2{,}0\,\text{g/mol}$, determine a pressão.

20. Sabendo que a massa molar do oxigênio é $32\,\text{g/mol}$, calcule a massa de O_2 que ocupa $12\,\text{L}$ a $20\,^\circ\text{C}$ e $1{,}0\,\text{atm}$.

21. Um botijão contém $13\,\text{kg}$ de gás liquefeito, cuja massa molar média é $52\,\text{g/mol}$. Se todo o gás ocupasse um balão a $1{,}0\,\text{atm}$ e $300\,\text{K}$, qual seria o volume?

22. Um recipiente rígido contém $20\,\text{g}$ de CO_2 a $6{,}0\,\text{atm}$ e $77\,^\circ\text{C}$. Uma válvula permite que 25% do gás escape, mantendo-se a temperatura. Qual é a pressão final?

23. Partindo de $pV = nRT$ e de $n = m/M$, deduza uma expressão para a densidade ρ de um gás perfeito em função de p, M, R e T.

24. Estime a massa de ar contida em uma sala de aula. Informe as dimensões estimadas, a temperatura e a pressão adotadas e considere a massa molar média do ar igual a $29\,\text{g/mol}$.

25. Um gás ocupa 41 L sob pressão de 2,9 atm a 17 °C. Determine o número de moléculas presentes.

26. Um pequeno vazamento faz a pressão de um tanque diminuir. Por que, em condições semelhantes, hidrogênio e hélio escapam mais rapidamente que oxigênio?

27. Explique por que a escala Celsius não pode substituir a escala Kelvin na equação do gás ideal mediante uma simples troca do valor numérico de R.

28. Quando um carro percorre longa distância, a pressão nos pneus costuma aumentar. Explique o fenômeno e discuta se retirar ar do pneu imediatamente é uma decisão adequada.

29. O modelo cinético requer muitas moléculas para definir uma pressão média, mas o gás ideal aproxima melhor gases pouco densos. Explique por que essas afirmações não são incompatíveis.

30. Qual fato experimental mostra que a matéria gasosa é formada principalmente por espaço vazio? Relacione sua resposta à grande compressibilidade dos gases.

31. Liste as principais hipóteses do modelo microscópico de gás perfeito relativas ao tamanho das moléculas, às forças intermoleculares, ao movimento e às colisões.

32. Cinco moléculas têm velocidades escalares 2,8, 3,2, 5,8, 7,3 e 7,4 m/s. Calcule a velocidade quadrática média do conjunto.

33. Um recipiente de 0,10 m^3 contém 12 mol de oxigênio, $M = 32\,\text{g/mol}$, com velocidade quadrática média 480 m/s. Use $p = \frac{1}{3}\rho v_{\text{rms}}^2$ para calcular a pressão.

34. Determine a velocidade quadrática média dos átomos de argônio a 313 K. Use $M_{Ar} = 39{,}9 \cdot 10^{-3}\,\text{kg/mol}$.

35. Calcule a velocidade quadrática média dos átomos de hélio a 1.000 K. Use $M_{He} = 4{,}00 \cdot 10^{-3}\,\text{kg/mol}$.

36. A menor temperatura encontrada no espaço interestelar é aproximadamente 2,7 K. Calcule v_{rms} para moléculas de hidrogênio nessa temperatura, usando $M_{H_2} = 2{,}02 \cdot 10^{-3}\,\text{kg/mol}$.

37. Para moléculas de nitrogênio, $M = 28 \cdot 10^{-3}\,\text{kg/mol}$, calcule v_{rms} a 20 °C. A que temperaturas essa velocidade seria a metade e o dobro do valor encontrado?

38. A que temperatura os átomos de hélio terão a mesma velocidade quadrática média que moléculas de hidrogênio a 20 °C? Use $M_{He} = 4{,}0\,\text{g/mol}$ e $M_{H_2} = 2{,}0\,\text{g/mol}$.

39. Calcule a energia cinética translacional média de uma molécula de nitrogênio a 1.600 K, em joules e em elétron-volts. Use $1\,\text{eV} = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\,\text{J}$.

40. A que temperatura a energia cinética translacional média de uma molécula de gás perfeito é 1,00 eV?

41. Mostre que a equação do gás perfeito pode ser escrita como $p = \rho RT/M$ e como $pV = NkT$. Identifique todas as grandezas.

42. Calcule a energia interna de 1,0 mol de gás ideal monoatômico a 273 K. Ela depende separadamente do volume e da pressão? Explique.

43. Para um gás ideal diatômico, sem vibração, $U = \frac{5}{2}nRT$. Se pressão e volume forem duplicados com n constante, por qual fator a energia interna será multiplicada?

44. Demonstre a relação $R = N_A k$ entre a constante universal dos gases e a constante de Boltzmann.

45. Use o princípio da equipartição para obter C_V, C_p e $\gamma = C_p/C_V$ de um gás ideal monoatômico.

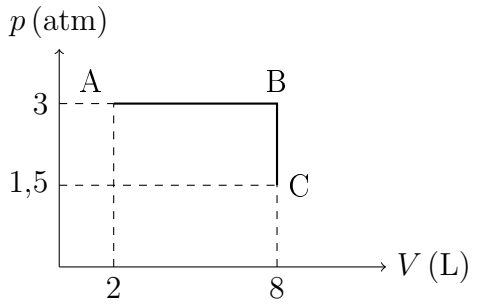
46. Um gás a 273 K e $1{,}00 \cdot 10^{-2}$ atm tem densidade $1{,}24 \cdot 10^{-2}\,\text{kg/m}^3$. Calcule sua massa molar, identifique aproximadamente o gás e determine v_{rms}.

47. Misturam-se, em um recipiente rígido de 10 L a 300 K, 2,0 mol de nitrogênio e 1,0 mol de oxigênio. Determine a pressão total e as pressões parciais.

48. A pressão de um gás ideal dobra em uma compressão isotérmica. O que ocorre com o volume, a energia cinética média e a velocidade quadrática média das moléculas?

49. No topo de uma montanha, a pressão do ar é $0{,}44p_0$ e a temperatura absoluta é $0{,}88T_0$. Considerando a mesma composição do ar, determine a razão entre a densidade no topo e a densidade ao nível do mar.

50. O diagrama representa três estados de uma mesma quantidade de gás ideal.



Classifique as transformações AB e BC e determine as razões T_B/T_A e T_C/T_B.

1ª Lei da Termodinâmica

Convenção de sinais: $\Delta U = Q - W$, com $Q > 0$ quando o sistema recebe calor e $W > 0$ quando o gás realiza trabalho sobre o ambiente.

1. Ao esfregar as mãos, elas ficam mais quentes. Explique a transformação de energia envolvida e relacione-a à 1ª Lei da Termodinâmica.

2. Qual condição mecânica é obrigatória para que um gás realize trabalho de expansão ou compressão contra o meio externo?

3. Explique por que calor e trabalho são formas de transferência de energia e não propriedades armazenadas pelo sistema.

4. Que princípio de conservação é expresso pela 1ª Lei da Termodinâmica? Escreva sua forma matemática segundo a convenção adotada nesta lista.

5. Para cada situação, determine os sinais de Q, W e ΔU: aquecimento isocórico, expansão isotérmica, compressão adiabática e resfriamento isobárico.

6. Um gás sofre expansão, realizando 200 J de trabalho, e sua energia interna aumenta 60 J. Determine o calor recebido.

7. Um gás recebe 20 kcal e realiza 12 kcal de trabalho. Determine a variação de sua energia interna.

8. Um gás perfeito sofre expansão isotérmica ao receber 250 J de calor. Determine o trabalho realizado e a variação da energia interna.

9. Julgue as afirmações: I. Um gás só aquece se receber calor. II. Um gás pode aquecer ao receber trabalho. III. Um gás pode receber calor e manter a temperatura constante. IV. Em uma expansão adiabática, a temperatura pode diminuir. Justifique cada resposta.

10. Em uma expansão adiabática de um gás ideal, a pressão diminui. O que ocorre com a temperatura e a energia interna? Explique usando a 1ª Lei.

11. Uma bomba manual de bicicleta aquece durante uma compressão rápida. Explique por que o processo pode ser aproximado como adiabático e indique a origem do aumento de energia interna do ar.

12. Um gás sofre expansão isobárica a 5,0 Pa, aumentando seu volume de 0,20 para 0,60 m^3. Se recebe 5,0 J de calor, calcule W e ΔU.

13. Um sistema sofre expansão isobárica a $5{,}0 \cdot 10^4$ Pa, de 3,0 para 6,0 L. Calcule o trabalho realizado.

14. Um gás troca 400 cal de calor com o ambiente. Determine ΔU nos casos: aquecimento isocórico, resfriamento isocórico e expansão isotérmica. Indique o sinal de Q em cada caso.

15. Em uma expansão isobárica, um gás recebe 500 cal e realiza 300 cal de trabalho. Determine ΔU.

16. Um sistema recebe 150 cal em uma expansão isotérmica. Determine o trabalho. Repita para uma compressão isotérmica na qual o sistema cede 150 cal. Converta os resultados para joules usando $1\,\text{cal} = 4{,}18\,\text{J}$.

17. Uma amostra de 60 g de gás é aquecida isocoricamente de 200 para 230 K. Sendo $c_V = 0{,}25\,\text{cal/(g K)}$, determine o trabalho e a variação da energia interna.

18. Cinco mols de gás ideal monoatômico, inicialmente a 127 °C, absorvem 1.500 J e realizam 2.100 J de trabalho. Determine a temperatura final.

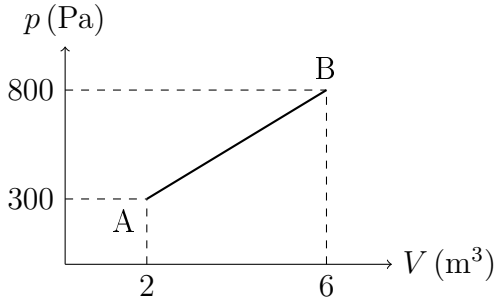
19. Durante uma compressão isotérmica, retiram-se 410 J de calor do gás. Determine o trabalho realizado pelo gás e o trabalho realizado sobre ele.

20. Um gás ideal monoatômico é aquecido a pressão constante. Que fração do calor recebido é usada no trabalho de expansão? Use $C_p = 5R/2$.

21. Em uma expansão adiabática, a temperatura de 0,450 mol de argônio cai de 66,0 para 10,0 °C. Calcule ΔU e o trabalho realizado. Considere o argônio monoatômico.

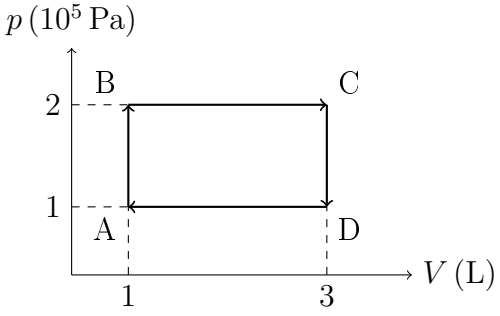
22. Um sistema vai do estado A ao estado B por dois caminhos. No caminho 1, recebe 800 J e realiza 300 J. No caminho 2, realiza 100 J. Determine ΔU_{AB} e o calor recebido no caminho 2.

23. Um gás recebe 8.500 J durante a transformação retilínea AB mostrada.



Calcule o trabalho realizado e a variação da energia interna.

24. Uma amostra percorre, no sentido horário, o ciclo retangular indicado.



Calcule o trabalho líquido por ciclo e o calor líquido trocado no ciclo.

25. Se o sistema da questão anterior realiza 100 ciclos por segundo, determine sua potência média.

26. Em um diagrama $p \times V$, como se identifica o estado de maior energia interna de uma quantidade fixa de gás ideal? A resposta depende apenas de p ou apenas de V?

27. Para um gás ideal monoatômico, mostre que $U = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}pV$. Use o resultado para escrever ΔU entre dois estados.

28. Uma amostra de 1,0 mol passa de A, com $p_A = 4a$ e $V_A = b$, para B, com $p_B = a$ e $V_B = 4b$. Compare as temperaturas e as energias internas nos dois estados.

29. Para um gás ideal, $C_p - C_V = R$. Determine C_V e o expoente de Poisson $\gamma = C_p/C_V$ de um gás monoatômico sabendo que $C_p = 5R/2$.

30. Duas amostras idênticas de gás sofrem o mesmo aumento de temperatura, uma a volume constante e outra a pressão constante. Qual delas recebe mais calor? Explique o destino da diferença.

31. Partindo de $pV^\gamma =$ constante e da equação do gás ideal, deduza $TV^{\gamma-1} =$ constante e $Tp^{(1-\gamma)/\gamma} =$ constante.

32. Oito litros de gás a 4 atm e 200 °C expandem-se até 1 atm. Determine volume final, temperatura final, trabalho e calor nos casos: expansão isotérmica reversível; expansão adiabática reversível com $\gamma = 5/3$; expansão livre adiabática.

33. Dois mols de gás ideal são comprimidos isotermicamente a 65 °C até a pressão triplicar. Calcule o trabalho realizado pelo gás.

34. Durante a compressão isotérmica de 0,305 mol de gás a 22 °C, o ambiente realiza 392 J de trabalho sobre o gás. Se a pressão final é 1,76 atm, determine a pressão inicial.

35. Um gás ideal diatômico, com $\gamma = 1{,}40$, expande-se adiabaticamente até seu volume quadruplicar. Determine T_f/T_i e p_f/p_i.

36. Um gás ideal expande-se livremente para o vácuo em um recipiente rígido e termicamente isolado. Determine Q, W e ΔU e discuta a temperatura final.

37. Uma panela de pressão é aquecida até parte da água vaporizar e depois retorna ao estado inicial por resfriamento espontâneo. Esse processo real é reversível? Explique.

38. Compare os efeitos de deixar aberta a porta de uma geladeira ligada e de deixar aberta uma caixa de isopor contendo gelo, ambas dentro de uma cozinha fechada.

39. Determine o sinal do trabalho realizado pelo gás em cada situação: expansão dos gases queimados em um motor; abertura de uma garrafa de champanhe; enchimento de um cilindro com ar comprimido; esmagamento de uma garrafa fechada pela pressão externa.

40. Explique por que não se deve dizer que um corpo "contém calor", embora ele possa fornecer energia na forma de calor a outro corpo.

41. Conhecendo apenas U_i e U_f, é possível separar quanto da variação de energia interna veio do calor e quanto veio do trabalho? Justifique.

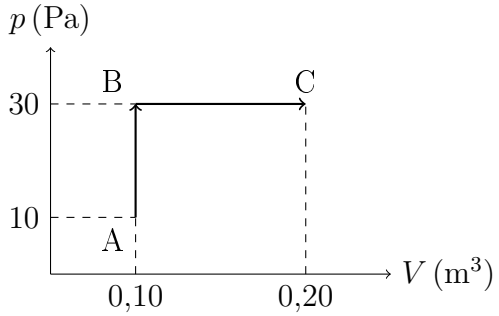
42. Discuta a 1ª Lei aplicada a uma pessoa que ingere alimentos, aquece, transpira e realiza trabalho mecânico ao subir uma montanha. Na descida, quais transformações de energia continuam ocorrendo?

43. Explique por que, em geral, $dU = nC_V dT$ para um gás ideal, mas o calor em um processo isobárico é $\delta Q = nC_p dT$ e não $nC_V dT$.

44. Um gás recebe $900\,\text{cal}$ em um recipiente rígido. Se $n = 1{,}0\,\text{mol}$ e $C_V = 3{,}0\,\text{cal/(mol K)}$, determine a variação de temperatura e a variação da energia interna.

45. Um gás ocupa $1{,}0 \cdot 10^{-2}\,\text{m}^3$ sob pressão de $2{,}0 \cdot 10^5\,\text{Pa}$. Em uma expansão isobárica seu volume dobra e ele recebe $5{,}0 \cdot 10^3\,\text{J}$. Calcule o trabalho e ΔU.

46. Um gás passa de A para B a volume constante e depois de B para C a pressão constante, conforme o diagrama.



Calcule o trabalho em AB, em BC e no processo ABC.

47. Um gás percorre o ciclo triangular A→B→C→A, com A(1,0 L; 1,0·10^5 Pa), B(1,0 L; 3,0·10^5 Pa) e C(4,0 L; 1,0 · 10^5 Pa). Calcule o trabalho líquido por ciclo e a potência para 50 ciclos por segundo.

48. Mostre que, em qualquer ciclo termodinâmico completo, $\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$ e, portanto, o calor líquido recebido é igual ao trabalho líquido realizado.

49. Um gás monoatômico sofre uma expansão adiabática de 400 para 300 K. Se há 2,0 mol, calcule ΔU e o trabalho realizado.

50. Uma manivela realiza 0,10 J de trabalho por volta sobre 100 g de água em um recipiente isolado. Quantas voltas são necessárias para elevar a temperatura da água em 1,0 °C? Use $c = 4{,}2 \cdot 10^3$ J/(kg K).

"A vida é bela, apesar de tudo."
(Amélie Poulain)