

# Lista de exercícios 3 - Física do Calor - Turmas: 2023142 e 2023147

Email: monitoriafc2023@gmail.com

3 de abril de 2023

**Nota:** Exercícios de Revisão para a "provinha" do dia 18/04. Esses exercícios servem apenas de guia para estudos, não sendo recomendado utilizar apenas estes como forma de aprimoramento. Recomenda-se leitura de livros texto, bem como os exercícios sugeridos nestes. Há uma sugestão de livros, mas o aluno pode utilizar a literatura que se identificar em seu estudo.

1. Um volume de 3,20 L de gás hélio, submetido a uma pressão de 0,180 atm e uma temperatura de 41,0 °C, é aquecido até que o volume e a temperatura fiquem iguais ao dobro dos valores iniciais.
  - a) Qual é a temperatura final?
  - b) Quantos gramas de hélio existem? A massa molar do hélio é 4,00 g/mol
2. Atmosferas planetárias.
  - a) Calcule a densidade da atmosfera na superfície de Marte (onde a pressão é 650 Pa e a temperatura normalmente é 253 K, com atmosfera de CO<sub>2</sub>), de Vênus (com temperatura média de 730 K e pressão de 92 atm, com atmosfera de CO<sub>2</sub>) e da lua Titã de Saturno (onde a pressão é 1,5 atm e a temperatura é -178 °C, com atmosfera de N<sub>2</sub>).
  - b) Compare cada uma dessas densidades com a da atmosfera da Terra, que é 1,20 kg/m<sup>3</sup>.
3. Um grande tanque cilíndrico contém 0,750 m<sup>3</sup> de gás nitrogênio a 27 °C e uma pressão de  $7,50 \times 10^3$  Pa (pressão absoluta). O tanque possui um pistão bem ajustado, que pode fazer o volume variar. Qual é o valor da pressão quando o volume diminui para 0,410 m<sup>3</sup> e a temperatura aumenta para 157 °C?
4. Uma bomba de vácuo moderna permite obter facilmente pressões da ordem de 10–13 atm no laboratório. Considere um volume de ar e trate-o como um gás ideal.

- a) A uma pressão de  $9,0 \cdot 10^{-14}$  atm e uma temperatura comum de 300 K, quantas moléculas existem em um volume de  $1,0 \text{ cm}^3$  ?
- b) Quantas moléculas haveria à mesma temperatura, mas a uma pressão de 1,0 atm?
5. A Nebulosa da Lagoa é uma nuvem de gás hidrogênio situada a uma distância de 3.900 anos-luz da Terra. O diâmetro dessa nuvem é de aproximadamente 45 anos-luz, e ela brilha por causa de sua temperatura de 7.500 K. (O gás é elevado a essa temperatura pela ação das estrelas que existem no interior da Nebulosa.) A nuvem também é muito fina: existem apenas 80 moléculas por centímetro cúbico.
- a) Calcule a pressão do gás (em atmosferas) na Nebulosa da Lagoa. Compare com a pressão de laboratório mencionada no Exercício ANTERIOR.
- b) Os filmes de ficção científica algumas vezes mostram naves espaciais sofrendo turbulências quando voam através de nuvens de gases como a Nebulosa da Lagoa. Uma cena desse tipo poderia acontecer realmente? Justifique sua resposta.
6. A atmosfera de Marte é formada principalmente por  $\text{CO}_2$  (massa molar igual a 44,0 g/mol) a uma pressão de 650 Pa, que suporemos constante. Em muitos lugares, a temperatura varia de  $0^\circ\text{C}$  no verão a  $-100^\circ\text{C}$  no inverno. Ao longo do ano marciano, quais são os intervalos a) das velocidades quadráticas médias das moléculas e b) da densidade (em mol/ $\text{m}^3$ ) da atmosfera?
7. Calcule o livre caminho médio das moléculas de ar para uma pressão de  $3,50 \times 10^{-13}$  atm e temperatura de 300 K. Considere as moléculas de ar como esferas com raio de  $2,0 \times 10^{-10}$  m.
8. Recipientes totalmente rígidos contêm  $n$  moles de gás ideal, sendo um o hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) e outro o neônio (Ne). Se são necessários 100 J de calor para aumentar a temperatura do hidrogênio em  $2,50^\circ\text{C}$ , em quantos graus essa mesma quantidade de calor elevará a temperatura do neônio.
9. a) Calcule o calor específico a volume constante do gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e compare com o calor específico da água líquida. A massa molar do  $\text{N}_2$  é 28,0 g/mol.
- b) Você aquece 1,00 kg de água a volume constante de 1,00 L de  $20,0^\circ\text{C}$  até  $30,0^\circ\text{C}$  em uma chaleira. Usando a mesma quantidade de calor, quantos quilogramas de ar a  $20,0^\circ\text{C}$  você poderia aquecer de  $20,0^\circ\text{C}$  até  $30,0^\circ\text{C}$ ? Que volume (em litros) esse ar ocuparia a  $20^\circ\text{C}$  e a uma pressão de 1,0 atm? Suponha, de modo simplificado, que o ar seja 100 por cento constituído por  $\text{N}_2$ .

10. a) Calcule o calor específico a volume constante do vapor d'água, supondo uma molécula triatômica linear com três graus de liberdade de translação e três graus de liberdade de rotação, e que o movimento de vibração não contribua. A massa molar da água é 18,0 g/mol.
- b) O calor específico real do vapor d'água em pressões baixas é 2.000 J/kg · K. Compare esse valor com sua resposta e comente a respeito do papel real desempenhado pelo movimento vibratório.
11. Uma amostra de um gás ideal é submetida ao processo cíclico *abca* mostrado na figura abaixo. A escala do eixo vertical é definida por  $p_b = 7,5$  kPa e  $p_{ac} = 2,5$  kPa. No ponto *a*,  $T = 200$  K.
- a) Quantos mols do gás estão presentes na amostra?
- b) Qual é a temperatura do gás no ponto *b*?
- c) Qual é a temperatura do gás no ponto *c*?
- d) Qual é a energia líquida adicionada ao gás em forma de calor durante o ciclo?

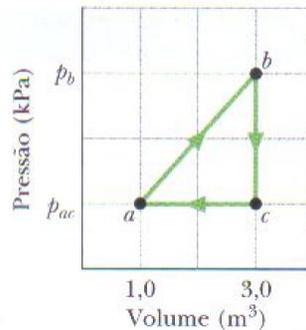


Figura 0.1: Diagrama *PV*

12. A água a céu aberto a 32°C evapora por causa do escape de algumas de suas moléculas da superfície. O calor de vaporização (539 cal/g) é aproximadamente igual a  $\varepsilon n$ , onde  $\varepsilon$  é a energia média das moléculas que escapam e  $n$  é o número de moléculas por grama.
- a) Determine  $\varepsilon$ .
- b) Qual é a razão entre  $\varepsilon$  e a energia cinética média das moléculas de  $H_2O$ , supondo que esta última está relacionada à temperatura da mesma forma que nos gases?
13. Em um certo acelerador de partículas, prótons se movem em uma trajetória circular de 23,0 m de diâmetro em uma câmara evacuada cujo gás residual está a 295 K e a uma pressão de  $1,00 \times 10^{-6}$  torr.
- a) Calcule o número de moléculas do gás por centímetro cúbico com esta pressão.
- b) Qual é o livre caminho médio das moléculas do gás se o diâmetro das moléculas é

$2,00 \times 10^{-8}$  cm?

14. Quando 20,9 J foram adicionados como calor a um certo gás ideal, o volume do gás variou de  $50,0 \text{ cm}^3$  para  $100,0 \text{ cm}^3$ , enquanto a pressão permaneceu em 1,00 atm.
  - a) De quanto variou a energia interna do gás?
  - b) Se a quantidade de gás presente era  $2,00 \times 10^{-3}$  mol, determine  $C_p$  e  $C_V$ .
  
15. A pressão crítica e a temperatura observadas para o  $\text{CO}_2$  são, respectivamente,  $P_C = 73,0$  atm e  $T_C = 304,1$  K.
  - a) Calcule as constantes de Van der Waals  $a$  e  $b$  para o  $\text{CO}_2$ .
  - b) Calcule a densidade crítica  $\rho_c$  para o  $\text{CO}_2$  pela equação de Van der Waals e compare-a com o valor observado de  $0,46 \text{ g/cm}^3$ .
  - c) Se o  $\text{CO}_2$  fosse um gás ideal, a que pressão seria preciso submeter 1 mol de  $\text{CO}_2$  para que ocupasse o volume de 0,5 l à temperatura de  $0^\circ\text{C}$ ?
  - d) Qual seria a pressão necessária na situação (c) considerando o  $\text{CO}_2$  como um gás de Van der Waals?
  - e) Em (d), que fração da pressão total é devida à interação entre as moléculas do gás?
  
16. A temperatura na superfície da Lua chega a atingir  $127^\circ\text{C}$ . Calcule a velocidade quadrática média do hidrogênio molecular a essa temperatura e compare-a com a velocidade de escape da superfície da Lua. Que conclusão pode ser tirada dessa comparação?
  
17. A temperatura de 3,00 mols de um gás diatômico ideal é aumentada de  $40,0^\circ\text{C}$  sem mudar a pressão do gás. As moléculas do gás giram, mas não oscilam.
  - a) Qual é a energia transferida para o gás na forma de calor?
  - b) Qual é a variação da energia interna do gás?
  - c) Qual é o trabalho realizado pelo gás?
  - d) Qual é o aumento da energia cinética de rotação do gás?
  
18. A temperatura de 2,00 mols de um gás ideal monoatômico é aumentada de 15,0 K a pressão constante. Determine:
  - a) o trabalho  $W$  realizado pelo gás
  - b) a quantidade  $Q$  de calor transferido para o gás
  - c) a variação  $\Delta E_{int}$  da energia interna do gás
  - d) a variação  $\Delta K$  da energia cinética média por átomo
  
19. O livre caminho médio das moléculas de nitrogênio a  $0,0^\circ\text{C}$  e 1,0 atm é  $0,8 \cdot 10^{-5}$  cm. Nessas condições de temperatura e pressão existem  $2,7 \cdot 10^{19}$  moléculas/cm<sup>3</sup>. Qual é o diâmetro das moléculas?
  
20. Dois recipientes estão à mesma temperatura. O primeiro contém gás à pressão  $p_1$ , de massa molecular  $m_1$  e velocidade média quadrática  $v_{rms1}$ . O segundo contém gás à

pressão  $2p_1$ , de massa molecular  $m_2$  e velocidade média  $v_{md2} = 2v_{rms1}$ . Determine a razão  $\frac{m_1}{m_2}$ .

## Referências

- [1] Herch Moysés Nussenzveig. *Curso de Física Básica: fluidos, oscilações e ondas, calor*, volume 2. Editora Blucher, 2018.
- [2] J.F. Rocha. *Origens e evolução das idéias da física*. Editora da Universidade Federal da Bahia, 2002.
- [3] Hugh D Young and Roger A Freedman. *Física II, Sears e Zemansky: Termodinâmica e ondas*. Pearson, 2016.