

Unimonte, Engenharia

Física Aplicada, prof. Marco Simões

Comportamento Térmico dos Gases. Exercícios selecionados do Sears & Zemanzki, vol. 2

Nos exercícios abaixo adotar $R = 8,315 \frac{J}{mol \cdot K} = 0,08206 \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}$

18.1) Um tanque de 20,0 L contém 0,225 kg de hélio a 18 °C. A massa molar do hélio é 4,0 g/mol. a) Quantos moles de hélio existem no tanque? b) Calcule a pressão no tanque em pascais e em atmosferas. Resposta: a) 56,2 mol; b) 67,1 atm.

18.2) Um volume de 2,6 L de gás hélio (massa molar igual a 4,0 g/mol), submetido a uma pressão de 1,3 atm e a uma temperatura de 41,0 °C é aquecido até que o volume e a pressão fiquem iguais ao dobro dos valores iniciais. a) Qual é a temperatura final? b) Quantos gramas de hélio existem? Resposta: a) 983°C; b) 0,524 g.

18.3) Um tanque cilíndrico possui um pistão bem ajustado que permite alterar o volume do cilindro. O tanque inicialmente contém 0,110 m³ de ar a uma pressão de 3,4 atm. O pistão é lentamente puxado para fora até que o volume do gás aumenta para 0,390 m³. Sabendo que a temperatura permaneceu constante, qual é a pressão final? Resposta: 0,959 atm.

18.4) Um tanque de 3,0 L contém ar a uma pressão de 3,0 atm e 20 °C. O tanque é fechado e resfriado até atingir uma pressão igual a 1,0 atm. a) Qual é a temperatura final em graus Celsius? Suponha que o volume do tanque permaneça constante. b) Se a temperatura for mantida constante com o valor calculado na parte (a) e o gás for comprimido, qual seria seu volume quando a pressão voltasse para 3,0 atm? Resposta: a) -175°C; b) 1,0 L.

18.5) a) Use a lei do gás ideal para estimar o número de moléculas de ar em uma sala com 6,1x6,1x3,04 metros. A massa molecular média do ar é 28,8 g/m³. A temperatura é de 20°C e a pressão atmosférica é de 1,01x10⁵ Pa. b) Calcule a densidade das partículas nessa sala (isto é, o número de moléculas por centímetro cúbico) e c) calcule a massa de ar contida na sala. Resposta: a) 3x10²⁷ moléculas; b) 3x10¹⁹ moléculas/cm³; c) 136 kg.

18.6) Você tem vários balões idênticos. Empiricamente, você descobre que um balão irá estourar se o seu volume exceder 0,900 L. A pressão do gás dentro do balão é igual à pressão do ar (1,0 atm). a) Se o ar dentro do balão está à temperatura constante de 22 °C e se comporta como um gás ideal, qual a massa de ar que você pode soprar para dentro de um desses balões antes que ele estoure? b) Repita a parte (a) considerando que o gás é o hélio, em vez do ar. Resposta: a) 1,07x10⁻³ kg; b) 1,49x10⁻⁴ kg.

18.7) Um automóvel Jaguar XK8 possui motor com 8 cilindros. No início do tempo da compressão, um dos cilindros contém 499 cm³ de ar sob pressão de uma atmosfera (1,01 x 10⁵ Pa) e temperatura igual a 27 °C. No final do tempo de compressão, o ar foi reduzido até um volume igual a 46,2 cm³ e a pressão manométrica cresceu para 2,72 x 10⁶ Pa. Calcule a temperatura final. Resposta: 503°C.

18.8) Um soldador enche de oxigênio (massa molar = 32,0 g/mol) um tanque com volume de 0,0750 m³ submetido a uma pressão de 3,0x10⁵ Pa e temperatura igual a 37 °C. Há um pequeno vazamento no tanque e, após certo tempo, uma parte do oxigênio terá escapado. Em um dia em que a temperatura é 22 °C, a pressão manométrica é 1,80x10⁵ Pa. Calcule a) a massa inicial do oxigênio; b) a massa do oxigênio que escapou. Resposta: a) 374 g; b) 99 g.

18.9) Um grande tanque cilíndrico contém $0,750 \text{ m}^3$ de gás nitrogênio a 27°C e uma pressão de $1,50 \times 10^5 \text{ Pa}$ (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 $0,480 \text{ m}^3$ e a temperatura aumenta para 157°C ? Resposta: $3,36 \times 10^5 \text{ Pa}$.

18.10) Um recipiente cilíndrico vazio de $1,50 \text{ m}$ de comprimento e $0,90 \text{ m}$ de diâmetro deve ser cheio com oxigênio puro a 22°C para abastecer uma estação espacial. Para armazenar a máxima quantidade possível de gás, a pressão absoluta do oxigênio deve ser $21,0 \text{ atm}$. A massa molar do oxigênio é $32,0 \text{ g/mol}$. a) Quantos moles de oxigênio cabem nesse recipiente? b) Se alguém for erguer esse recipiente, em quantos quilogramas esse gás aumenta a massa a ser erguida? Resposta: a) 827 mol ; b) $26,5 \text{ kg}$.

18.11) O gás no interior de um balão deve sempre permanecer com uma pressão aproximadamente igual à pressão atmosférica, porque essa é a pressão aplicada sobre o balão pelo ar do ambiente. Você enche o balão com hélio (um gás aproximadamente ideal) até um volume de $0,600 \text{ L}$ a uma temperatura de 19°C . Qual é o volume do balão quando você o resfria até o ponto de ebulição do nitrogênio ($77,3 \text{ K}$)? Resposta: $0,159 \text{ litros}$.

18.13) O volume total dos pulmões de uma típica aluna de Física é $6,0 \text{ L}$. Ela enche os pulmões com uma pressão absoluta de $1,0 \text{ atm}$. A seguir, retendo a respiração, o volume dos pulmões é reduzido para $5,70 \text{ L}$. Qual é então a pressão do ar em seus pulmões? Suponha que a temperatura do ar permaneça constante. Resposta: $1,05 \text{ atm}$.

18.14) Um mergulhador observa uma bolha de ar ascendendo do fundo de um lago (onde a pressão absoluta é igual a $3,50 \text{ atm}$) até a superfície (onde a pressão é $1,0 \text{ atm}$). A temperatura no fundo do lago é 4°C e a temperatura na superfície é 23°C . a) Qual é a razão entre o volume da bolha quando ela atinge a superfície e o volume da bolha no fundo do lago? b) Seria seguro para o mergulhador reter a respiração enquanto ele ascende do fundo do lago até a superfície? Justifique sua resposta. Resposta: a) $3,74$; b) O aumento de volume do ar no organismo poderia ser fatal ao mergulhador.

18.15) Um tanque metálico com volume de $3,10 \text{ litros}$ deve estourar quando a pressão absoluta do ar em seu interior superar 100 atm . Se $11,0$ moles de um gás ideal forem colocados no tanque a uma temperatura de 23°C , até que temperatura o tanque pode ser aquecido antes que ele se rompa? Despreze a dilatação térmica do tanque. b) Com base na resposta do item (a), verifique se é razoável desprezar a dilatação térmica do tanque. Explique. Resposta: a) $70,2^\circ\text{C}$; b) a expansão do tanque é muito pequena em comparação com a do gás.

18.16) Três moles de um gás ideal estão em uma caixa cúbica e rígida, com lados medindo $0,200 \text{ m}$. a) Qual é a força que o gás exerce sobre cada um dos seis lados da caixa quando a temperatura do gás é 20°C ? b) Qual é a força quando a temperatura do gás sobe para 100°C ? Resposta: a) $3,66 \times 10^4 \text{ N}$; b) $4,65 \times 10^4 \text{ N}$.

Comportamento Térmico dos Gases
Exercícios de Sears & Zemansky

18.1) $V = 20,0 \text{ l} = 20 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 $M = 0,225 \text{ kg}$
 $T = 18^\circ\text{C} \Rightarrow T = 18 + 273 \Rightarrow T = 291 \text{ K}$

$\text{He} \Rightarrow M = 4,0 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$

a) $M = \frac{m}{n} \Rightarrow n = \frac{0,225}{4,0 \times 10^{-3}} \Rightarrow n = 56,2 \text{ mol}$

b) $PV = n \cdot R \cdot T \Rightarrow P = \frac{56,2 \cdot 8,3145 \cdot 291}{20,0 \times 10^{-3}}$

$P = 6,80 \times 10^6 \text{ Pa}$

$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
 $x \text{ atm} = 6,80 \times 10^6 \text{ Pa}$

$P_{\text{atm}} = \frac{6,80 \times 10^6}{1,013 \times 10^5} \Rightarrow P_{\text{atm}} = 67,1 \text{ atm}$

18.2) $V_1 = 2,6 \text{ l Helio}, M = 4,0 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$

$T_1 = 41,0^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 41,0 + 273 \Rightarrow T_1 = 314 \text{ K}$

$P_1 = 1,3 \text{ atm}$

$T_2 = ?$

$V_2 = 2V_1$

$P_2 = 2P_1$

$n = 0,08206 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

18 2. cont) 6 mo nR constante:

$$a) \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2 T_1}{P_1 V_1} \Rightarrow T_2 = \frac{2 \cancel{P_1} \cdot 2 \cancel{V_1} \cdot 314}{\cancel{P_1} \cancel{V_1}}$$

$$T_2 = 1256 \text{ K} ; \boxed{T_2 = 983^\circ \text{C}}$$

$$b) PV = n \cdot R \cdot T$$

$$n = \frac{P_1 V_1}{R T_1} \Rightarrow n = \frac{1,30 \times 2,6}{0,08206 \times 314} \Rightarrow n = 0,131 \text{ mol}$$

OU

$$n = \frac{P_2 V_2}{R T_2} \Rightarrow n = \frac{2,60 \times 5,2}{0,08206 \times 1256} \Rightarrow n = 0,131 \text{ mol}$$

$$M = \frac{m}{n} \Rightarrow m = n \cdot M \Rightarrow m = 0,131 \times 4,0$$

$$\boxed{m = 0,524 \text{ g}}$$

$$18.3) \quad \begin{array}{ll} V_1 = 0,110 \text{ m}^3 & P_1 = 3,4 \text{ atm} \\ V_2 = 0,390 \text{ m}^3 & T \Rightarrow \text{c} \leq \\ P_2 = ? & n \cdot R \Rightarrow \text{c} \leq \end{array}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$$

$$P_2 = \frac{3,4 \times 0,110}{0,390} \Rightarrow \boxed{P_2 = 0,959 \text{ atm}}$$

$$18.4) \quad V_1 = 3,0 \text{ l} ; P_1 = 3,0 \text{ atm} ; P_2 = 1,0 \text{ atm}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 293 \text{ K} \quad T_2 = ?$$

$$a) \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{P_2 T_1}{P_1} \Rightarrow T_2 = \frac{1 \times 293}{3,0}$$

$$T_2 = 97,7 \text{ K} \Rightarrow T_2 = 97,7 - 273 \Rightarrow \boxed{T_2 = -175^\circ\text{C}}$$

$$b) \quad T_{\text{c} \leq} = 97,7 \text{ K} ; P_1 = 1 \text{ atm} \quad V_1 = 3 \text{ l}$$

$$P_2 = 3 \text{ atm} \quad V_2 = ?$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$1 \times 3 = 3 \times V_2 \Rightarrow \boxed{V_2 = 1 \text{ l}} \text{tro}$$

$$18.5) \quad PV = nRT \quad n = ?$$

$$V_{\text{sala}} = 6,1 \times 6,1 \times 3,04 \Rightarrow V_{\text{sala}} = 1,13 \times 10^2 \text{ m}^3$$

$$P = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$R = 8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$$

$$T = 20^\circ\text{C} \Rightarrow T = 20 + 273 \Rightarrow T = 293 \text{ K}$$

$$PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT}$$

$$a) \quad n = \frac{1,01 \times 10^5 \times 1,13 \times 10^2}{8,314 \times 293} \Rightarrow n = 4,69 \times 10^3 \text{ mol}$$

$$N = n N_a \Rightarrow N = 4,69 \times 10^3 \times 6,022 \times 10^{23}$$

$$N = 2,87 \times 10^{27} \text{ moléculas}$$

$$b) \quad V_{\text{sala}} = (1,13 \times 10^2) \times 10^6 = 1,13 \times 10^8 \text{ cm}^3$$

$$\text{densidade} = \frac{2,87 \times 10^{27}}{1,13 \times 10^8} = 2,50 \times 10^{19} \text{ mol/m}^3$$

$$c) \quad M = \frac{m}{n} \Rightarrow m = M \cdot n$$

$$m = 28,96 \times 4,69 \times 10^3 \Rightarrow m = 1,36 \times 10^5 \text{ g} \Rightarrow \boxed{m = 136 \text{ kg}}$$

$$18.6) \quad V = 0,900 \text{ l} \quad R = 0,08206 \frac{\text{Latm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$
$$P = 1,0 \text{ atm}$$
$$T = 22^\circ\text{C} \Rightarrow T = 273 + 22 \Rightarrow T = 295 \text{ K}$$

$$PV = n \cdot R \cdot T \Rightarrow n = \frac{PV}{RT}$$

$$a) \quad n = \frac{1,0 \times 0,900}{0,08206 \times 295} \Rightarrow n = 3,72 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$M = \frac{m}{n} \Rightarrow M = 3,72 \times 10^{-2} \times 28,8$$

$$m = 1,07 \text{ g}$$

$$b) \quad M_H = \frac{m_H}{n} \Rightarrow M_H = 3,72 \times 10^{-2} \times 4,0$$

$$m_H = 0,15 \text{ g}$$

✓

$$18.7) \quad \begin{aligned} V_1 &= 499 \text{ cm}^3 \\ P_1 &= 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} \\ T_1 &= 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= 46,2 \text{ cm}^3 \\ P_{2\text{man}} &= 2,7 \times 10^6 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$P_2 = P_{2\text{man}} + P_{\text{at}} \Rightarrow P_2 = 2,72 \times 10^6 + 1,01 \times 10^5$$

$$P_2 = 2,82 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1,01 \times 10^5 \times 499}{300} = \frac{2,82 \times 10^6 \times 46,2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{2,82 \times 10^6 \times 46,2 \times 300}{1,01 \times 10^5 \times 499} \Rightarrow T_2 = 776 \text{ K}$$

$$T_2 = 776 - 273 \Rightarrow \boxed{T_2 = 503^\circ\text{C}}$$

$$18.8) \quad M_{\text{O}_2} = 32,0 \text{ g/mol} ; \quad V = 0,0750 \text{ m}^3$$

$$P = 3,0 \times 10^5 \text{ Pa} ; \quad T = 37^\circ\text{C} = 310 \text{ K}$$

$$P_1 = P + P_{\text{at}} \Rightarrow P_1 = 3,0 \times 10^5 + 1,01 \times 10^5 \Rightarrow P_1 = 4,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$a) \quad PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{4,01 \times 10^5 \times 0,075}{8,315 \times 310} \Rightarrow n = 11,7 \text{ mol}$$

$$M = M \cdot n \Rightarrow m = 32 \times 11,7 \Rightarrow \boxed{m = 374 \text{ g}}$$

18.8. wnt) $T_2 = 27^\circ\text{C} = 295\text{K}$
 $P_1 = 1,80 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$P_2 = 1,80 \times 10^5 + 1,01 \times 10^5 \Rightarrow P_2 = 2,81 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$n_2 = \frac{P_2 V_2}{P_2 T_2} \Rightarrow n_2 = \frac{2,81 \times 10^5 \times 0,075}{8,315 \times 295}$$

$$n_2 = 8,59 \text{ mol}$$

$$m_2 = M \cdot n \Rightarrow m_2 = 32,0 \times 8,59 \Rightarrow m_2 = 275 \text{ g}$$

vazamento $\Rightarrow m_v = 374 - 275 \Rightarrow \boxed{m_v = 99 \text{ g}}$

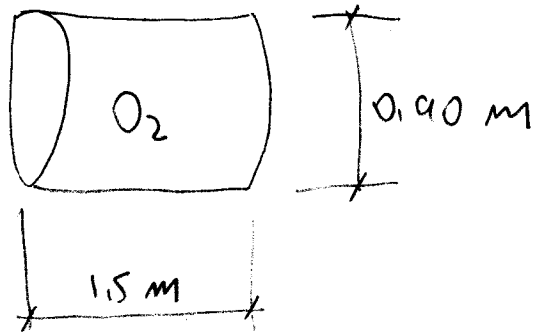
18.a) $V_1 = 0,750 \text{ m}^3$
 $P_1 = 1,5 \times 10^5 \text{ Pa}$
 $T_1 = 27 + 273 = 300$

$V_2 = 0,480 \text{ m}^3$
 $P_2 = ?$
 $T_2 = 152 + 273 = 425$
 $T_2 = 430 \text{ K}$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1,5 \times 10^5 \times 0,75}{300} = \frac{P_2 \times 0,48}{430}$$

$$P_2 = \frac{430 \times 1,5 \times 10^5 \times 0,75}{0,48 \times 300} \Rightarrow \boxed{P_2 = 3,36 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

18.10)



$$T = 22^\circ\text{C}$$
$$T = 295\text{ K}$$

$$P = 21,0\text{ atm}$$

$$1\text{ atm} = 1,013 \times 10^5\text{ Pa}$$

$$P = 21,0 \times 1,013 \times 10^5 \Rightarrow P = 2,13 \times 10^6\text{ Pa}$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times L \Rightarrow V = \frac{\pi \times 0,9^2}{4} \times 1,5 \Rightarrow V = 0,954\text{ m}^3$$

$$a) PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{2,13 \times 10^6 \times 0,954}{8,315 \times 295} \Rightarrow \boxed{n = 828\text{ mol}}$$

$$b) m = M \cdot n \Rightarrow m = 32 \times 828 \Rightarrow m = 2,65 \times 10^4\text{ g}$$

$$\boxed{m = 26,5\text{ kg}}$$

18.11) P_{ck} $V_1 = 0,600 \text{ L}$ $V_2 = ?$
 $T_1 = 19^\circ = 292 \text{ K}$ $T_2 = 77,2 \text{ K}$

$$\frac{P V_1}{T_1} = \frac{P V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{0,600}{292} = \frac{V_2}{77,2}$$

$$V_2 = 0,159 \text{ L}$$

18.13) $V_1 = 6,0 \text{ L}$ $V_2 = 5,7 \text{ L}$
 $P_1 = 1,0 \text{ atm}$ $P_2 = ?$
 T

$$\frac{P_1 V_1}{T} = \frac{P_2 V_2}{T} \Rightarrow 1,0 \times 6,0 = P_2 \times 5,7$$

$$P_2 = \frac{1,0 \times 6,0}{5,7} \Rightarrow P_2 = 1,05 \text{ atm}$$

18.14) $P_1 = 3,50 \text{ atm}$ $P_2 = 1,0 \text{ atm}$
 $T_1 = 4^\circ = 277 \text{ K}$ $T_2 = 23^\circ \text{C} = 296 \text{ K}$

$$a) \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{3,5 \times 296}{1,0 \times 277}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = 3,74$$

b) não. O ar em seu interior acumularia de volume.

$$\begin{aligned}
 (1815) \quad V_1 &= 3,10 \text{ l} \\
 P_1 &= \\
 n &= 11 \text{ mol} \\
 T_1 &= 23^\circ\text{C} = 296 \text{ K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= 3,10 \text{ l} \\
 P_2 &= 100 \text{ atm} \\
 T_2 &=?
 \end{aligned}$$

$$a) P_1 V_1 = n R T_1 \Rightarrow P_1 = \frac{n \cdot R \cdot T_1}{V_1}$$

$$P_1 = \frac{11 \times 8,3145 \times 296}{3,10 \times 10^{-3}} \Rightarrow P_1 = 8,73 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 100 \times 1,013 \times 10^5 \Rightarrow P_2 = 1,013 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_1}{T_2} \Rightarrow \frac{8,73 \times 10^6}{296} = \frac{1,013 \times 10^7}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{296 \times 1,013 \times 10^7}{8,73 \times 10^6} \Rightarrow T_2 = 343$$

$$T_2 = 343 - 273 \Rightarrow T_2 = 70^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 b) \quad \beta_{\text{ar}} &= 0,00367 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} & \beta_{\text{aço}} &= 0,000036 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \\
 & 367 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} & & 3,6 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}
 \end{aligned}$$

\therefore o coeficiente de dilataç~o do ar \acute{e} 100 x maior que o do aço
 \therefore a dilataç~o do tanque \acute{e} irrelevante.

$$18.16) \quad n = 3$$

$$T = 293 \text{ K} \quad (20^\circ\text{C})$$

$$V = 0,200^3 \Rightarrow V = 8,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$a) \quad PV = nRT$$

$$P = \frac{nRT}{V} \Rightarrow P = \frac{3 \times 8,3145 \times 293}{8,0 \times 10^{-3}}$$

$$P = 9,14 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Área de cada lado} \Rightarrow A = 0,2^2 \Rightarrow A = 4,0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = 9,14 \times 10^5 \times 4,0 \times 10^{-2}$$

$$\boxed{F = 3,66 \times 10^4 \text{ N}}$$

$$b) \quad \rho) \quad T = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$$

$$P = \frac{3 \times 8,3145 \times 373}{8,0 \times 10^{-3}} \Rightarrow P = 1,16 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$F = 1,16 \times 10^6 \times 4,0 \times 10^{-2}$$

$$\boxed{F = 4,65 \times 10^4 \text{ N}}$$