Termodinâmica e Mecânica Estatística
Lista de Exercícios
Prof. Ronaldo

16 de julho de 2020

1 Fundamentos

1. Determine a pressão hidrostática, em unidades do SI, de uma coluna de 76cm de mercúrio. Use $g = 9,80665\text{ms}^{-2}$ e $\rho_{\text{Hg}} = 13,5951\text{gcm}^{-3}$. Essa é a definição da pressão atmosférica, 1atm.

2. A unidade de pressão Torricelli, Torr, é definida como a pressão hidrostática exercída por uma coluna de 1mm de mercúrio. Quantos Torr vale 1atm?

3. Considerando seguinte relação entre temperatura empírica, θ, e pressão de um termômetro de gás a volume constante, P,

$$\frac{\theta_v}{\theta_i} = \frac{P_v}{P_i}\,,$$

onde os subescritos v e i se referem às temperaturas de vapor d'água e gelo, respectivamente, determine θ_i usando

$$\theta_v - \theta_i = 100$$

e (medida experimental independente do tipo de gás do termômetro)

$$\frac{P_v}{P_i} = 1,3661\,.$$

Nota: essa temperatura é $0,01$ graus menor que a de ponto triplo da água.

4. Determine o volume específico (em $\text{m}^3\text{kmol}^{-1}$) em condições normais da água e do mercúrio. Quão menor é esse volume para a água que seu volume específico de ponto crítico?

2 Equações de estado

1. Usando a equação de estado de gás ideal, determine a densidade do CO_2 na CNTP.

2. Utilizando o valor de volume específico encontrado no exercício anterior, determine a temperatura que deve ter o CO_2 segundo a equação de gás real a 1atm.

3. Usando a definição de ponto crítico, mostre que não pode haver transição de fase para um gás ideal.

4. Usando a definição de ponto crítico, mostre que pode haver transição de fase para um gás real descrito pela equação de van der Waals.

5. Descreva a equação e faça um esboço do gráfico de um processo isocórico de um gás real, comparando com um gás ideal. Que condições físicas as constantes dessa equação devem satisfazer para que não exista pressão negativa?

3 Trabalho

1. Para as equações de estado de um gás ideal e um gás real, determine o trabalho realizado nos seguintes processos:

   (a) isocórico

   (b) isobárico

   (c) isotérmico

2. Determine o trabalho realizado numa expansão de um gás com a seguinte equação de estado

$$P = \frac{A}{V^\gamma}\,,$$

onnde A é uma constante dimensional e $\gamma > 1$. Expresse o resultado em função das pressões no estado inicial e final.

3. Mostre que o trabalho realizado por um gás ideal é diferente nos seguintes caminhos:
   (a) Entre V_A e V_B, com $V_B > V_A$, por um processo isotérmico.
   (b) Entre V_A e V_B, por um processo isobário e um isocórico (aqui há duas possibilidades de caminho).

4. Considere um gás com equação de estado $p = w\rho$, onde w é uma constante, p sua pressão e ρ sua densidade de energia. Esse gás está contido numa esfera de raio a, que pode variar com o tempo. Usando a 1ª Lei e assumindo um processo adiabático, determine como varia a densidade de energia em função de a, isto é, $\rho = \rho(a)$. Verifique se a energia total dentro da esfera é conservada para os casos $w = 0$ (poeira, matéria sem pressão) e $w = 1/3$ (um gás de fótons).

5. Um gás passa por um processo adiabático com o seguinte vínculo na equação de estado P^3V^5 =const. Determine a variação de energia interna quando o volume muda de V_A para V_B nesse processo. Considere agora um processo ACB, sendo de AC um isobárico e CB um isocórico. Determine a expressão do fluxo de calor desse segundo processo.

4 Entropia

1. Considere que a energia interna de um gás ideal é dada por $U = \alpha PV$, com $\alpha > 1$. Usando a 1ª Lei, determine a equação $P = P(V)$ de um processo adiabático, i.e., com $dS = 0$.

2. Para um gás ideal, determine a diferença de entropia entre estados nas formas:
   (a) $S = S(T, V)$
   (b) $S = S(P, V)$
   (c) $S = S(U, V)$

3. Determine sob que condições, assumindo α livre, as funções do exercício anterior são crescentes e que isso implica para a energia interna.

4. Verifique se a função do item 2.(b) com o vínculo $P = P(V)$ encontrado no exercício 1. realmente determina um processo sem variação de entropia.

5. Considerando a descrição $S = S(U, V)$ verifique que as expressões
$$\frac{1}{T} = \left(\frac{\partial S}{\partial U}\right)_V \quad \text{e} \quad \frac{P}{T} = \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_U$$
satisfazem a equação de estado do gás ideal.

6. Com relação ao exercício anterior, dado que S é uma função de estado e portanto dS um diferencial exato, verifique que
$$\frac{\partial}{\partial V}\left(\frac{1}{T}\right) = \frac{\partial}{\partial U}\left(\frac{p}{T}\right).$$

5 Teoria cinética

1. Determine a densidade de moléculas por metro cúbico de um gás ideal na CNTP (273, 15K;1atm). Qual é a aresta de um cubo tal que cada molécula nesses condições ocupe o volume desse cubo? Compare esse resultado com o tamanho de uma molécula de hidrogênio.

2. A energia interna de um gás é dada por $U = \alpha PV$, com $\alpha > 0$. Determine a razão C_P/C_V em função de α, identificando essa quantidade na função $P = P(V)$ de um processo adiabático. Considerando que energia interna também é dada por $U = g\frac{1}{2}Nk_BT$, onde g é o número de graus de liberdade, determine C_P/C_V para:
   (a) um gás ideal monoatômico,
   (b) gás diatômico com energia de ligação fixa,
   (c) gás diatômico com energia de ligação variável.

3. A velocidade típica das moléculas de um gás ideal é dada por
$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\bar{v^2}}\,.$$
Na CNTP, determine essa velocidade para um gás de:
   (a) H_2
   (b) SO_2
   (c) elétrons
   (d) neutrinos (considere uma massa de $0,1\text{eV}/\text{c}^2$)