

Termodinâmica – 2/2015 – Trabalho de Casa 2

Entrega até quarta, 16/12 às 18:00.

Como em todo trabalho de casa, você deve exibir todos os detalhes das soluções. De forma geral, você não ganhará pontos se apresentar uma resposta sem mostrar o encaminhamento e/ou uma justificativa. Sempre que isto for apropriado, deduza uma expressão algébrica primeiro e só ponha números no último passo. Teste sempre se sua resposta faz sentido físico, verificando as unidades e confrontando-a com casos particulares ou limites conhecidos.

1. Num motor Diesel, ar atmosférico é comprimido rapidamente até alcançar cerca de $1/15$ de seu volume original. Estime a temperatura do ar depois de comprimido e explique porque um motor Diesel não precisa de velas para a ignição.
2. Compare o calor específico medido para o gelo [$c = 0.49 \text{ cal/g K}$] a temperaturas um pouco abaixo do ponto de fusão com o valor esperado a partir da lei de Dulong-Petit, $U = N f kT / 2$. (Para um sólido, c_p e c_v são praticamente idênticos, porque $\Delta V/\Delta T$ é muito pequeno) A partir desta comparação, estime quantos graus de liberdade internos da molécula de H_2O (vibracionais ou rotacionais) estão contribuindo para a capacidade térmica.
3. Uma bolha de CO_2 se forma no fundo de um lago e sobe até a superfície. Relembre que a pressão abaixo da superfície cresce com a profundidade h na forma $\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h$, onde ρ é a massa específica da água. Enquanto a bolha sobe, a pressão decresce e ela se expande. Se a bolha sobe lentamente, o processo é isotérmico, mas se ela sobe rapidamente, o processo é adiabático. Suponha que $f = 6$ para o gás CO_2 perto da temperatura ambiente (3 graus translacionais, 2 graus rotacionais e um grau torsional ativos.)
 - A) Compare duas bolhas inicialmente idênticas A e B: A sobe adiabaticamente, e B sobe isotermicamente. Sejam P_1 a pressão no fundo do lago e P_0 (pressão atmosférica) a pressão na superfície do lago. Para cada uma das bolhas, A e B, deduza uma fórmula para a razão entre os volumes no topo e no fundo V_0/V_1 , e preveja qual das bolhas vai se expandir mais enquanto sobe.
 - B) Para cada uma das bolhas, A e B, por que fator o volume aumentará se a bolha começa a uma profundidade de 100 m e sobe até a superfície?
 - C) Para cada uma das bolhas, A e B, deduza uma expressão para dV/dP . Suas respostas devem depender apenas de V , P , e talvez de algumas constantes, tais como g ou $\gamma = (f+2)/f$.
4. Vamos verificar que as variáveis mantidas fixas quando tomamos derivadas parciais realmente determinam o resultado através de um exemplo simples. Sejam $w = x y^2$ e $x = y z^2$.
 - A) Escreva w em termos de x e z apenas, e depois em termos de y e z .

B) Calcule as derivadas parciais $\left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)_x$ e $\left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)_z$ e mostre que elas não são iguais.

5. Um gás ideal está em um recipiente cilíndrico isolado termicamente. Quando o volume ocupado pelo gás decresce por um fator 2, sua temperatura aumenta por um fator 1.32. Quantos graus de liberdade por partícula caracterizam este gás? O que você pode deduzir a respeito da natureza destas partículas?

6. Eis aqui um procedimento para medir a capacidade térmica de um metal. Um pedaço deste metal é colocado em água fervente (a 100°C) por um certo tempo e é em seguida transferido para um recipiente isolado contendo 200 g de água a 25°C . Depois de alguns minutos, o conteúdo deste recipiente está a uma temperatura de 30°C . Suponha que a capacidade térmica do recipiente seja desprezível e que não há quantidade significativa de energia transferida entre o conteúdo do recipiente e o ambiente.

A) Qual a quantidade de calor transferida para a água?

B) Qual a quantidade de calor cedida pelo metal?

C) Qual a capacidade térmica do metal?

D) Se o pedaço de metal tem uma massa de 100 g, qual é seu calor específico?

7. A aresta de um recipiente cúbico contendo gás é dobrada, a uma temperatura constante e sem alterar o número de partículas. (O recipiente continua a ser um cubo depois de aumentado) O que acontece com o tempo médio necessário para que uma molécula difunda através da largura do recipiente? Ele dobra, triplica, ou aumenta por outro fator? Explique cuidadosamente.

8. Um frasco de perfume é aberto em uma sala na qual o ar está completamente parado.

A) Deduza uma fórmula para o tempo t que as moléculas de perfume levarão para difundir através uma distância L dentro da sala. Você pode supor que a massa m e a seção de choque para colisões σ das moléculas de perfume sejam aproximadamente as mesmas que as das moléculas de ar; isto é, você pode supor que m seja o mesmo para o perfume, O_2 , e N_2 , e o mesmo para σ . Dica: sua resposta vai depender de L , m , σ , da pressão P , e da temperatura T .

B) Insira números em sua fórmula e estime quanto tempo leva para o cheiro do perfume alcançar alguém a 5 metros de distância do frasco. Não se surpreenda se este tempo resultar muito grande. Difusão é um processo muito lento. Quase sempre, os gases se misturam graças à convecção ou outros processos muito mais rapidamente do que por difusão.

9. Aproximadamente que pressão o livre caminho médio no ar é 20 cm, que é o tamanho de uma câmara de vácuo de laboratório típica?

10. Usando mecânica newtoniana, pode-se deduzir a expressão para a velocidade do som em um meio elástico, que resulta ser $v_s = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$, onde B é *módulo volumétrico*, definido por

$$B = -\frac{\Delta p}{\left(\frac{\Delta V}{V}\right)} \text{ - ou } B = -V(\partial P/\partial V). \text{ B é a variação de pressão por variação fracional de volume.}$$

[O inverso deste coeficiente é chamado de compressibilidade.]

A) O valor do módulo volumétrico depende das condições em que é determinado, se por processo isotérmico ou adiabático. Calcule B para um gás ideal em ambas as condições. Dê suas respostas em termos da pressão P e da constante $\gamma = \frac{(f+2)}{f}$.

B) A constante $\gamma = \frac{(f+2)}{f}$ para um gás ideal pode ser determinada experimentalmente a partir das capacidades térmicas deste gás. Deduza uma fórmula que relacione γ com C_p e C_v para um gás ideal.

C) Construa um raciocínio que mostre que devemos usar o B adiabático (e não o isotérmico) para calcular a velocidade do som.

D) Usando a fórmula $v_s = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$, deduza uma expressão para a velocidade do som no ar em termos da temperatura T e da massa molecular média m. Compare o resultado com a fórmula para a velocidade quadrática média (rms) das moléculas no ar. Calcule o valor numérico da velocidade do som no ar à temperatura ambiente.

Pontos

Problema	Pontos
1	1
2	2
3	3
4	2
5	1
6	2
7	1
8	$3 = 2(A) + 1(B)$
9	1
10	4
Total	20