4300159 – Física do Calor

Quarta Lista de Exercícios – Teoria Cinética e Energia Interna

Questões: As questões a seguir são conceituais, envolvendo eventualmente cálculos simples. É essencial que você saiba *justificar* suas respostas. Há uma tabela com calores específicos após os enunciados. Utilize, se necessário, R = 8.314 J/mol.K, $k_B = 1.381\times10^{-23}$ J/K, $N_A = 6.022\times10^{23}$ mol^{-1}. Lembre-se também que 1 atm equivale a 1.01325×10^5 Pa.

Q1) Considere o modelo simplificado de gás ideal discutido na disciplina (átomos com velocidades escalares iguais; sem colisões interatômicas; $N/3$ átomos movendo-se em cada direção Cartesiana). Iremos considerar o caso mais simples: apenas um tipo de molécula, com massa m e velocidade escalar constante v_0. No total, há N moléculas contidas em um recipiente cúbico com volume $V = L^3$. Indique se as afirmações abaixo são verdadeiras ou falsas, justificando todas as respostas

( ) A força média que uma partícula exerce sobre uma das paredes do recipiente é mv_0^2/L.
( ) A força média sobre uma das paredes do recipiente é $(N/3)mv_0^2/L$.
( ) A pressão do gás é dada por $P = mv_0^2/L^3 = (2/V)(\frac{1}{2}mv_0^2)$.
( ) A temperatura do gás é diretamente proporcional à energia média dos átomos.

Q2) Os principais constituintes do ar atmosférico são N_2 (14 g/mol) e O_2 (16 g/mol), sendo razoável admitir a massa molar média $M \approx 15$ g/mol. A 300 K, a velocidade escalar típica de uma molécula é $v_{med} \approx 500$ m/s. Você está deitado(a) em um gramado do parque do Ibirapuera em um dia ensolarado e sem vento, com temperatura em torno de 27° C. Uma estimativa razoável do momento linear transferido ao seu corpo pela colisão de uma molécula de ar seria (admita uma colisão frontal e elástica):

(a) 1.5×10^4 kg m/s.
(b) 15 kg m/s.
(c) 2.5×10^{-20} kg m/s.
(d) 2.5×10^{-23} kg m/s.

Q3) Nas condições descritas na **Q2**, o livre caminho médio das moléculas do ar (distância percorrida entre colisões sucessivas) é $d \approx 100$ nm (1 nm = 1×10^{-9} m). Utilizando a velocidade $v_{med} \approx 500$ m/s, podemos estimar o intervalo de tempo entre colisões sucessivas na forma $\Delta t \approx d/v_{med} = 2\times10^{-10}$ s.

Admita que a pressão atmosférica no parque do Ibirapuera seja $P \approx 1$ atm, e que a área do seu corpo exposta às colisões contra moléculas do ar seja $A \approx 1\text{m}^2$. N moléculas de ar colidem contra o seu corpo no intervalo $\Delta t \approx d/v_{med} = 2\times10^{-10}$ s. Nas condições propostas, a estimativa mais razoável é

(a) $N \approx 8\times10^{12}$.
(b) $N \approx 8\times10^{17}$.
(c) $N \approx 8\times10^{23}$.

Q4) O volume de um gás ideal, contido em um recipiente com tampa móvel, se expande lentamente até dobrar, enquanto sua temperatura é mantida constante. Nesse processo (indique todas as alternativas corretas):

(a) A energia interna do gás aumenta.
(b) A energia interna do gás diminui.
(c) A energia interna do gás permanece constante.
(d) A troca de energia entre o gás e o entorno ocorre apenas na forma de trabalho.
(e) A troca de energia entre o gás e o entorno ocorre apenas na forma de calor.

(f) A troca de energia entre o gás e o entorno ocorre nas formas de calor e trabalho.

Q5) Uma certa quantidade de gás monoatômico está em equilíbrio no interior de um cilindro com ótimo isolamento térmico. Você comprime o gás, lentamente, até que seu volume caia à metade do valor inicial. Nesse processo (indique todas as alternativas corretas):
(a) A temperatura do gás não varia.
(b) A temperatura do gás diminui.
(c) A temperatura do gás aumenta.
(d) O trabalho realizado sobre o gás é positivo.
(e) O trabalho realizado sobre o gás é negativo.
(f) O trabalho realizado pelo o gás é positivo.
(g) O trabalho realizado pelo o gás é negativo.

Problemas: Ao resolver os problemas que seguem, <u>explicite seu raciocínio e as principais passagens dos cálculos</u>.

P1) A velocidade quadrática média, $<v^2>^{1/2}$, dos átomos no gás hélio a uma dada temperatura é 1350m/s. (a) Qual a velocidade quadrática média dos átomos no gás neônio à mesma temperatura? (b) Qual a temperatura do gás hélio? Em qual temperatura os átomos de neônio teriam velocidade quadrática média de 1350m/s? (As massas molares do hélio e do neônio são, respectivamente, 4.00g/mol e 20.18g/mol).

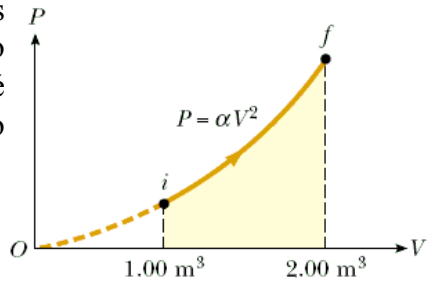
P2) Numa casa de campo, um enxame de abelhas colide contra uma porta de vidro. Considere que no intervalo de tempo Δt, N abelhas se choquem contra a porta, e que a área da porta atingida pelas abelhas seja A. Considere ainda que as abelhas tenham massa m e velocidade **v**, com módulo constante e direção formando ângulo θ com a superfície da porta. Por simplicidade, considere que as colisões são elásticas. Utilizando argumentos semelhantes aos utilizados para as colisões das partículas de um gás ideal contra as paredes do recipiente que o contém: (a) mostre que o módulo da força média exercida pelo enxame sobre a parede vale $F_{\text{med}} = (2Nmv\text{sen}\theta)/\Delta t$. (b) Qual a pressão exercida sobre a porta?

P3) (a) Qual a variação de energia interna de 3.00 mols de gás hélio, quando sua temperatura é elevada de 20.0K? (b) Admita que a temperatura e o volume inicais eram 300 K e 50.0 litros, respectivamente. Se o aquecimento for isobárico (pressão constante), qual o trabalho realizado pelo gás?

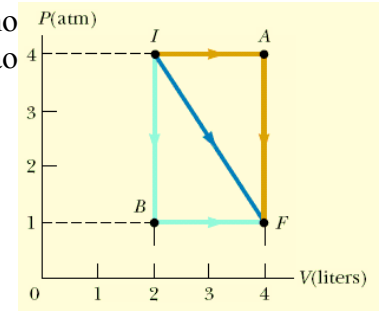
P4) O ar é aproximadamente uma mistura de gases diatômicos, N_2 e O_2, sendo razoável admitir que seu calor específico molar a volume constante seja $C_V = (5/2)R$. (a) Qual o calor necessário para elevar em 30.0 K a temperatura de 2.50 mols de ar, mantendo o volume constante? (b) Caso o gás fosse hélio (monoatômico) nas mesmas condições, qual seria o calor?

P5) Um mol de gás monoatômico, cujo calor específico molar a volume constante é $C_V = 3R/2$, ocupa o volume V_i à pressão P_i. O gás é submetido a um processo termodinâmico que dobra a velocidade quadrática média das moléculas, $<v^2>^{1/2}$. (a) Mostre que a variação de temperatura do gás é $\Delta T = (3P_iV_i)/R$. (b) Mostre que a variação de energia interna é $\Delta U = (9/2)P_iV_i$.

P6) Como mostrado na figura ao lado, uma amostra de gás ideal é expandida de 1.00m^3 para 2.00m^3 em um processo quase estático, para o qual vale a relação $P = \alpha V^2$, onde α é uma constante. Sendo α = 5.00atm/m^6, calcule o trabalho realizado pelo gás nesse processo.



P7) Um gás se expande indo do estado *I* para o estado *F*, como mostrado na figura ao lado. Calcule o trabalho realizado pelo gás ao longo dos caminhos *IF*, *IAF* e *IBF*.



<u>Respostas:</u>

Q1) V, V, F, V. Q2) (d). Q3) (b). Q4) (c), (f). Q5) (c), (d), (g).

P1) (a) $\langle v^2 \rangle^{1/2}_{Ne}$ = 601 m/s. (b) T_{He} = 292 K. (c) T_{Ne} = 1475 K

P3) (a) ΔU = 748 J. (b) 500 J.

P4) (a) 1559 J. (b) 935 J.

P6) 1.18×10^6 J.

P7) W_{IAF} = 8.0 atm.l = 811 J W_{IBF} = 2.0 atm.l = 203 J W_{IF} = 5.0 atm.l = 507 J