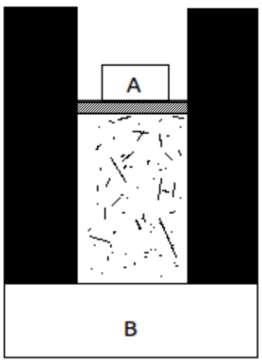
Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Física II - 4300112

4ª Lista de exercícios - Gases - 2012

1. (Halliday) Sabemos que a variação da pressão na atmosfera da terra, supondo a temperatura uniforme, é dada por $P = P_0\, e^{-Mgy/RT}$, onde M é a massa molar do ar, P_0 é a pressão no nível do mar e y a altura a partir do mesmo. Mostre que $n_\nu = n_{\nu 0}\, e^{-Mgy/RT}$, onde n_ν é o número molecular por unidade de volume.

2. Uma caldeira de máquina (figura abaixo) com paredes cilíndricas adiabáticas contém uma certa quantidade de gás aprisionada entre um êmbolo adiabático, sem atrito e massa desprezível, sustentando um bloco de chumbo (A) na parte superior, e um fundo diatérmico em contato com uma fornalha (B). A fornalha comporta-se como um reservatório térmico (ou seja, com capacidade térmica muito alta) e é inicialmente mantida a uma temperatura constante. Explique a relação entre temperatura (T), pressão (P), volume (V) e energia interna (U) iniciais e finais nas seguintes circunstâncias:



(a) coloca-se um bloco mais pesado;

(b) retira-se o bloco;

(c) aumenta-se a temperatura da fornalha;

(d) diminui-se a temperatura da fornalha.

3. Um gás ideal monoatômico se expande lentamente até ocupar um volume igual ao dobro do volume inicial, realizando um trabalho igual a 300 J neste processo. Calcule o calor fornecido ao gás e a variação da energia interna do gás, sabendo que o processo é:

(a) isotérmico,

(b) adiabático,

(c) isobárico.

R: (a) $\Delta U = 0$ J, $Q = 300$ J, (b) $\Delta U = -300$ J, $Q = 0$ J, (c) $\Delta U = 450$ J, $Q = 750$ J.

4. (Moysés) Dois recipientes fechados de mesma capacidade, igual a 1 ℓ, estão ligados um ao outro por um tubo capilar de volume desprezível. Os recipientes contêm oxigênio, inicialmente à temperatura de 25°C e pressão de 1 atm.

(a) Quantas gramas de O_2 estão contidas nos recipientes?

(b) Aquece-se um dos recipientes até a temperatura de 100°C, mantendo o outro a 25°C. Qual é o novo valor da pressão?

(c) Quantas gramas de O_2 passam de um lado para o outro? Despreze a condução de calor através do capilar.

R: (a) 2,62 g, (b) 1,1 atm, (c) 0,15 g.

5. (Moysés) Um mol de um gás ideal, com $\gamma = 7/5$, está contido num recipiente, inicialmente a 1 atm e 27°C. O gás é, sucessivamente: i) comprimido isobaricamente até 3/4 do volume inicial V_0; ii) aquecido, a volume constante, até voltar à temperatura inicial; iii) expandido a pressão constante até voltar ao volume inicial; iv) resfriado, a volume constante, até voltar à pressão normal.

(a) Desenhe o diagrama P-V associado;

(b) calcule o trabalho total realizado pelo gás;

(c) calcule o calor total fornecido ao gás nas etapas i) e ii);

(d) calcule as temperaturas máxima e mínima atingidas;

(e) calcule a variação de energia interna no processo i) + ii).

R: (b) 208 J, (c) 624 J, (d) $T_{\rm mx} = 400$ K e $T_{\rm min} = 225$ K, (e) $\Delta U = 0$.

6. O gás nitrogênio no interior de um recipiente que pode se expandir é resfriado de 50°C até 10°C, mantendo-se a pressão constante e igual a 3.10^5 Pa. O calor total libertado pelo gás é igual a $2,5.10^4$ J. Suponha que o gás possa ser tratado como um gás ideal.

(a) Calcule o número de moles do gás.

(b) Calcule a variação da energia interna do gás.

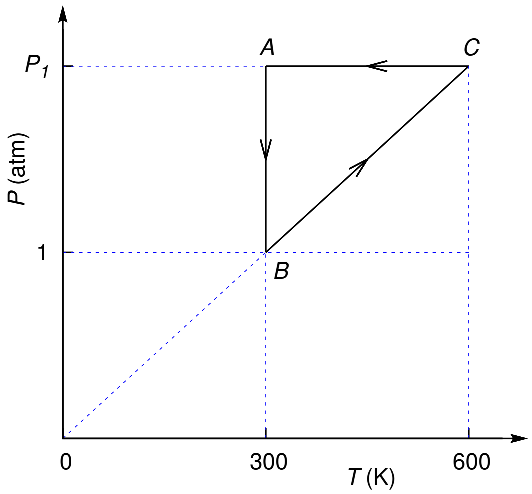
(c) Ache o trabalho realizado pelo gás.

(d) Qual seria o calor libertado pelo gás para a mesma variação da temperatura caso o volume permanecesse constante? (Obs: Considere calor molar específico do nitrogênio igual a 28,98 J/mol.K)

Dado: Constante dos gases ideais: 8,31 J/mol.K

R: (a) 21,57 moles, (b) -32,17 KJ, (c) 7,17 KJ, (d) 32,17 KJ.

7. (Moysés) 0,1 mol de um gás ideal, com $C_V = \frac{3}{2}R$, descreve o ciclo representado na figura abaixo, no plano (P, T).



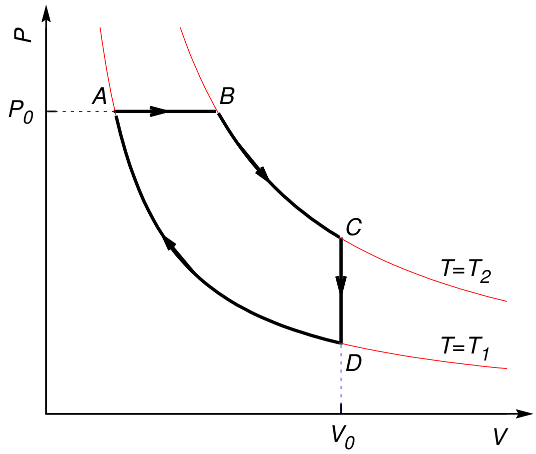
(a) Represente o ciclo no plano (P, V), indicando P (em atm) e V (em ℓ) associados aos pontos A, B e C.

(b) Calcule ΔW, ΔQ e ΔU para os processos AB, BC, CA e o ciclo.

R: (b)

Processo	ΔW (J)	ΔQ (J)	ΔU (J)
AB	173	173	0
BC	0	374	374
CA	-249	-623	-374
Ciclo	-76	-76	0

8. (Moysés) Um mol de um gás ideal descreve o ciclo $ABCDA$ representado na figura a seguir, no plano (P, V), onde $T = T_1$ e $T = T_2$ são isotermas. Calcule o



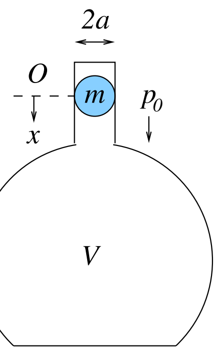
trabalho total associado ao ciclo, em função de P_0, V_0, T_1 e T_2.
R: $W = R(T_2 - T_1) + RT_2 \ln\left(\frac{P_0V_0}{RT_2}\right) - RT_1 \ln\left(\frac{RT_1}{P_0V_0}\right)$.

9. (Moysés) Um mol de um gás ideal, com $C_V = \frac{3}{2}R$, a 17°C, tem sua pressão reduzida à metade por um dos quatro processos seguintes: i) a volume constante; ii) isotermicamente; iii) adiabaticamente; iv) por expansão livre. Para um volume inicial V_i, calcule, para cada um dos quatro processos, o volume e a temperatura finais, ΔW e ΔU.

R:

Proc.	V_{final}	T_{final} (K)	ΔW (J)	ΔU (J)
i)	V_i	145	0	-3014
ii)	$2V_i$	290	1671	0
iii)	$1,64V_i$	238	1083	-1083
iv)	$2V_i$	290	0	0

10. (Moysés) No método de Rüchhardt para medir $\gamma = C_P/C_V$ do ar, usa-se um grande frasco com um gargalo cilíndrico estreito de raio a, aberto para a atmosfera (p_0 = pressão atmosférica), no qual se ajusta uma bolinha metálica de raio a e massa m. Na posição de equilíbrio O da bolinha, o volume de ar abaixo dela no frasco é V (figura abaixo).

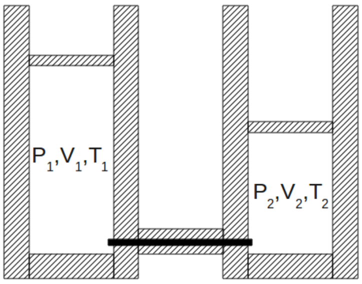


(a) Calcule a força restauradora sobre a bolinha quando ela é empurrada de uma distância x para baixo a partir do equilíbrio, o movimento sendo suficientemente rápido para que o processo seja adiabático. Mostre que a bolinha executa um movimento harmônico simples e calcule o período τ em função de a, m, V, p_0 e γ.

(b) Numa experiência em que $a = 0,5$ cm, $m = 10$ g, $V = 5\ \ell$, $p_0 = 1$ atm, o período observado é $\tau = 1,5$ s. Determine o valor correspondente de γ para o ar.

R: (a) $\tau = \frac{2}{a^2}\sqrt{\frac{mV}{P\gamma}}$ onde $P = p_0 + \frac{mg}{\pi a^2}$, (b) $\gamma = 1,4$.

11. Dois recipientes (1 e 2) com paredes adiabáticas contendo cada um 1 mol de um gás de capacidade térmica molar a volume constante $C_v = \frac{3}{2}R$, estão termicamente ligados por uma barra fina de capacidade térmica desprezível e de condutividade térmica baixa o suficiente para que a transferência de calor entre os recipientes ocorra de forma lenta em comparação com a velocidade com que cada recipiente atinge o equilíbrio térmico interno. Os recipientes são fechados por tampas móveis de massa desprezível e cuja vedação desliza sem atrito com as paredes laterais. O sistema está imerso em um ambiente externo à pressão de $P_a = 10^5$Pa.



Sendo as condições iniciais em cada recipiente dadas por P_1, V_1, T_1 e P_2, V_2, T_2, respectivamente, responda:

(a) Supondo $T_1 > T_2$, determine o calor Q transferido do recipiente 1 para o 2 através da barra em função da diferença entre as temperaturas final e inicial do recipiente 2 ($\Delta T_2 = T_F - T_2$, onde T_F é a temperatura final, de equilíbrio), e calcule o valor de Q (em Joules) para $\Delta T_2 = 20$K.

(b) Nas mesmas condições do item (a), determine ΔT_1; ΔV_1; ΔV_2; ΔU_1; e ΔU_2.

(c) Sempre nas mesmas condições, determine o trabalho total realizado pelo sistema, a variação total da energia interna U, e a da entalpia H do sistema no processo.

(d) Classifique o processo como reversível ou irreversível e justifique.

12. Um gás ideal realiza uma compressão de um ponto (P_i, V_i) a um ponto (P_f, V_f) no plano (P, V) através de um caminho obedecendo $\ln P + b\frac{V}{V_i} = a$, onde a e b são constantes adimensionais, V é dado em m^3 e P é dado em N/m^2.

(a) Obtenha o trabalho realizado $\Delta W = W_{i\to f}$ em termos de V_i, P_i, b e a razão $\chi_f = V_f/V_i$ entre os volumes final e inicial.

(b) Obtenha a expressão para a temperatura T, em qualquer ponto do caminho acima, em termos da temperatura inicial T_i, b e a razão $\chi = V/V_i$.

(c) Esboce o caminho acima no plano (P, V) indicando os estados inicial e final.

R: (a) $\Delta W = \frac{V_i P_i}{b}\left[1 - e^{b(1-\chi_f)}\right]$, (b) $T = T_0 \chi e^{b(1-\chi)}$.