

Lista 2 Termodinâmica Turma IGM 2019-2

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

**Se precisar, utilize os valores das constantes aqui relacionadas.**

Constante dos gases:  $R = 8 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ .

Pressão atmosférica ao nível do mar:  $P_0 = 100 \text{ kPa}$ .

Massa molecular do  $\text{CO}_2 = 44 \text{ u}$ .

Calor latente do gelo:  $80 \text{ cal/g}$ .

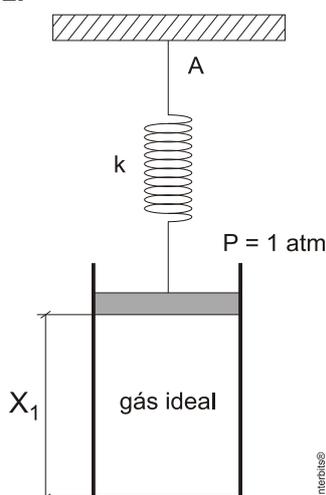
Calor específico do gelo:  $0,5 \text{ cal}/(\text{g} \cdot \text{K})$ .

$1 \text{ cal} = 4 \times 10^7 \text{ erg}$ .

Aceleração da gravidade:  $g = 10,0 \text{ m/s}^2$ .

1. Num copo de guaraná, observa-se a formação de bolhas de  $\text{CO}_2$  que sobem à superfície. Desenvolva um modelo físico simples para descrever este movimento e, com base em grandezas intervenientes, estime numericamente o valor da aceleração inicial de uma bolha formada no fundo do copo.

2.



A figura acima representa um sistema, inicialmente em equilíbrio mecânico e termodinâmico, constituído por um recipiente cilíndrico com um gás ideal, um êmbolo e uma mola. O êmbolo confina o gás dentro do recipiente. Na condição inicial, a mola, conectada ao êmbolo e ao ponto fixo A, não exerce força sobre o êmbolo. Após 3520 J de calor serem fornecidos ao gás, o sistema atinge um novo estado de equilíbrio mecânico e termodinâmico, ficando o êmbolo a uma altura de 1,2 m em relação à base do cilindro. Determine a pressão e a temperatura do gás ideal:

Observação: Considere que não existe atrito entre o cilindro e o êmbolo.

Dados: Massa do gás ideal: 0,01 kg; Calor específico a volume constante do gás ideal:  $1.000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ; Altura inicial do êmbolo em relação à base do cilindro:  $X_1 = 1 \text{ m}$ ; Área da base do êmbolo:  $0,01 \text{ m}^2$ ; Constante elástica da mola:  $4.000 \text{ N/m}$ ; Massa do êmbolo: 20 kg; Aceleração da gravidade:  $10 \text{ m/s}^2$ ; Pressão atmosférica:  $100.000 \text{ Pa}$ .

a) na condição inicial;

b) no novo estado de equilíbrio.

3. Um pistão – constituído de um cilindro e de um êmbolo, que pode se mover livremente – contém um gás ideal, como representado na Figura I. O êmbolo tem massa de 20 kg e área de  $0,20 \text{ m}^2$ .

Nessa situação, o gás está à temperatura ambiente e ocupa um volume  $V_i$ .

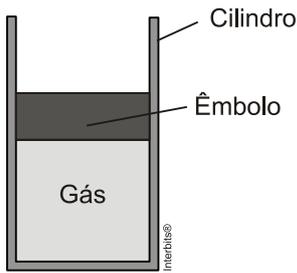


Figura I

Considere quaisquer atritos desprezíveis e que a pressão atmosférica é de 101 kPa.

1. Com base nessas informações, determine a pressão do gás dentro do pistão.
2. Em seguida, o pistão é virado de cabeça para baixo, como mostrado na Figura II.

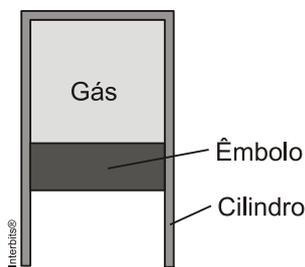


Figura II

Nessa nova situação, a temperatura continua igual à do ambiente e o volume ocupado pelo gás é  $V_{II}$ .

Com base nessas informações, determine a razão  $V_{II} / V_I$  entre os volumes.

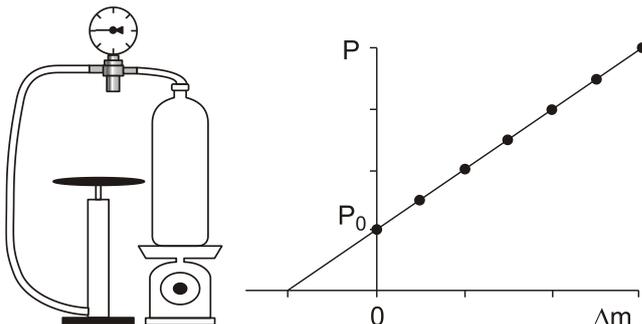
3. Assinalando com um X a opção apropriada, responda:

Ao passar da situação representada na Figura I para a mostrada na Figura II, o gás dentro do cilindro cede calor, recebe calor ou não troca calor?

( ) Cede calor. ( ) Recebe calor. ( ) Não troca calor.

Justifique sua resposta.

4. Um cilindro de volume  $V$ , inicialmente aberto, é colocado sobre uma balança. A tara da balança é então ajustada para que a leitura seja zero. O cilindro é fechado e ligado a uma bomba com um manômetro acoplado para medir a pressão do ar no seu interior. É, então, bombeado ar para o interior desse cilindro e a pressão ( $P$ ) como função da variação da massa  $\Delta m$  registrada através da leitura da balança é ilustrada no gráfico.



Considere o ar, durante toda a experiência, como um gás ideal cuja massa molecular é  $M$ . O volume  $V$  e a temperatura  $T$  do cilindro são mantidos constantes durante toda a experiência, e a pressão atmosférica é  $P_0$ .

- Determine a massa inicial de ar ( $m_0$ ) no interior do cilindro em termos de  $P_0$ ,  $M$ ,  $V$ ,  $T$  e da constante universal dos gases  $R$ .
- Determine o valor de  $\Delta m$ , correspondente a  $P = 0$ , onde a reta ilustrada na figura corta o eixo horizontal.
- Mostre como ficaria o gráfico  $P \times \Delta m$ , se a experiência fosse realizada a uma temperatura  $T_1 < T$ , aproveitando a figura do enunciado para esboçar o novo resultado.

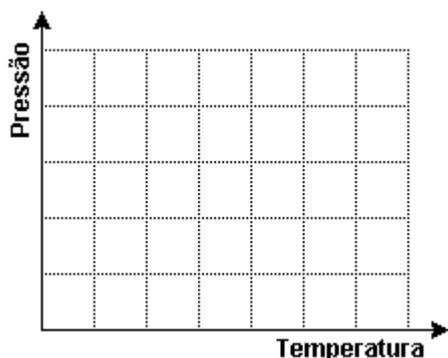
5. (Unicamp 2008) Uma lata de refrigerante contém certa quantidade de açúcar, no caso de um refrigerante comum, ou de adoçante, no caso de um refrigerante dietético.

- Considere uma lata de refrigerante comum contendo 302 ml de água e 40 g de açúcar, e outra de refrigerante dietético, contendo 328 ml de água e uma massa desprezível de adoçante. Mostre qual das duas latas deveria boiar em um recipiente com água, cuja densidade é  $d_A = 1,0 \text{ g/cm}^3$ . A massa da lata de refrigerante vazia é igual a 15,0 g e seu volume total é de 350 ml. Neste item, despreze o volume ocupado pelo material da lata e a massa de gás carbônico no seu interior.
- Suponha, agora, uma outra situação na qual o gás carbônico ocupa certo volume na parte superior da lata, a uma pressão  $P = 3,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  para uma temperatura  $T = 300 \text{ K}$ . A massa molar do gás carbônico vale 44 g/mol e, assumindo que o mesmo se comporte como um gás ideal, calcule a densidade de gás carbônico na parte superior da lata. A lei dos gases ideais é dada por  $PV = nRT$ , onde  $R = 8,3 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$  e  $n$  é o número de moles do gás.

6. Um reservatório fechado contém certa quantidade de hélio gasoso à pressão  $p_i$ . Num primeiro processo, esse gás é aquecido, lentamente, de uma temperatura inicial  $T_i$  até uma temperatura  $T_F$ . Num segundo processo, um pequeno orifício é aberto na parede do reservatório e, por ele, muito lentamente, deixa-se escapar um quarto do conteúdo inicial do gás. Durante esse processo, o reservatório é mantido à temperatura  $T_F$ .

Considerando essas informações,

1. ESBOCE, no quadro a seguir, o diagrama da pressão em função da temperatura do gás nos dois processos descritos. JUSTIFIQUE sua resposta.



2. Considere que  $p_i = 1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  e que as temperaturas são  $T_i = 27 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $T_F = 87 \text{ }^\circ\text{C}$ . CALCULE o valor da pressão do gás no interior do reservatório, ao final do segundo processo.

7. (Ime 2013) Um industrial deseja lançar no mercado uma máquina térmica que opere entre dois reservatórios térmicos cujas temperaturas são 900 K e 300 K, com rendimento térmico de 40% do máximo teoricamente admissível. Ele adquire os direitos de um engenheiro que

depositou uma patente de uma máquina térmica operando em um ciclo termodinâmico composto por quatro processos descritos a seguir:

Processo 1 – 2: processo isovolumétrico com aumento de pressão:  $(V_i, p_i) \rightarrow (V_i, p_f)$ .

Processo 2 – 3: processo isobárico com aumento de volume:  $(V_i, p_f) \rightarrow (V_f, p_f)$ .

Processo 3 – 4: processo isovolumétrico com redução de pressão:  $(V_f, p_f) \rightarrow (V_f, p_i)$ .

Processo 4 – 1: processo isobárico com redução de volume:  $(V_f, p_i) \rightarrow (V_i, p_i)$ .

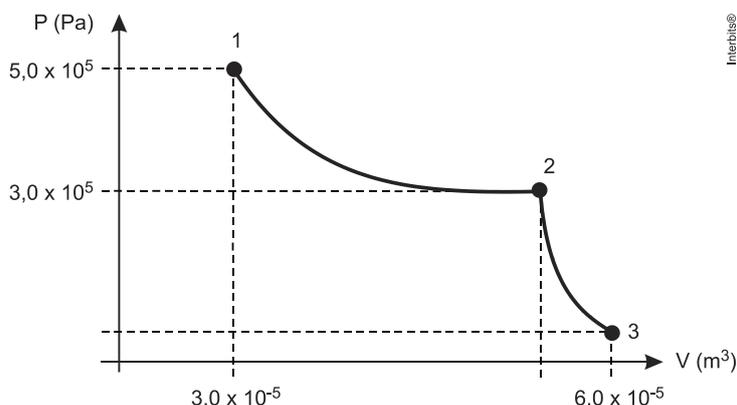
O engenheiro afirma que o rendimento desejado é obtido para qualquer valor de  $\frac{p_f}{p_i} > 1$  desde

que a razão entre os volumes  $\frac{V_f}{V_i}$  seja igual a 2. Porém, testes exaustivos do protótipo da

máquina indicam que o rendimento é inferior ao desejado. Ao ser questionado sobre o assunto, o engenheiro argumenta que os testes não foram conduzidos de forma correta e mantém sua afirmação original. Supondo que a substância de trabalho que percorre o ciclo 1-2-3-4-1 seja um gás ideal monoatômico e baseado em uma análise termodinâmica do problema, verifique se o rendimento desejado pode ser atingido.

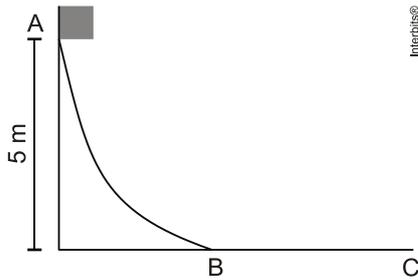
8. Um mol de um gás ideal sofre uma expansão adiabática reversível de um estado inicial cuja pressão é  $P_i$  e o volume é  $V_i$  para um estado final em que a pressão é  $P_f$  e o volume é  $V_f$ . Sabe-se que  $\gamma = C_p/C_v$  é o expoente de Poisson, em que  $C_p$  e  $C_v$  são os respectivos calores molares a pressão e a volume constantes. Obtenha a expressão do trabalho realizado pelo gás em função de  $P_i$ ,  $V_i$ ,  $P_f$ ,  $V_f$  e  $\gamma$ .

9. Um sistema termodinâmico recebe certa quantidade de calor de uma fonte quente e sofre uma expansão isotérmica indo do estado 1 ao estado 2, indicados na figura. Imediatamente após a expansão inicial, o sistema sofre uma segunda expansão térmica, adiabática, indo de um estado 2 para o estado 3 com coeficiente de Poisson  $\gamma = 1,5$ .



- Determine o volume ocupado pelo gás após a primeira expansão, indo do estado 1 ao estado 2.
- Determine a pressão no gás quando o estado 3 é atingido.

10. Um bloco de alumínio de massa 1 kg desce uma rampa sem atrito, de A até B, a partir do repouso, e entra numa camada de asfalto (de B até C) cujo coeficiente de atrito cinético é  $\mu_c = 1,3$ , como apresentado na figura a seguir.

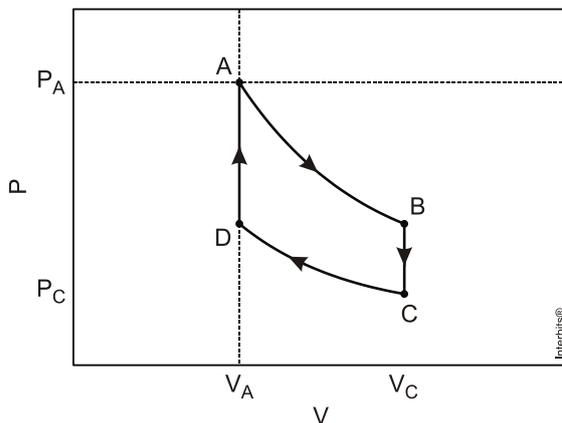


O bloco atinge o repouso em C. Ao longo do percurso BC, a temperatura do bloco de alumínio se eleva até 33 °C. Sabendo-se que a temperatura ambiente é de 32 °C e que o processo de aumento de temperatura do bloco de alumínio ocorreu tão rápido que pode ser considerado como adiabático, qual é a variação da energia interna do bloco de alumínio quando este alcança o ponto C? Apresente os cálculos.

Dado:  $c_{al} = 0,22 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$

11. O ciclo de Stirling é um ciclo termodinâmico reversível utilizado em algumas máquinas térmicas.

Considere o ciclo de Stirling para 1 mol de um gás ideal monoatômico ilustrado no diagrama PV.



Os processos AB e CD são isotérmicos e os processos BC e DA são isocóricos.

a) Preencha a tabela para a pressão, volume e temperatura nos pontos A, B, C, D. Escreva as suas respostas em função de  $P_A$ ,  $V_A$ ,  $P_C$ ,  $V_C$  e de R (constante universal dos gases). Justifique o preenchimento das colunas P e T.

	P	V	T
A			
B			
C			
D			

b) Complete a tabela com os valores do calor absorvido pelo gás (Q), da variação da sua energia interna ( $\Delta U$ ) e do trabalho realizado pelo gás (W), medidos em joules, em cada um dos trechos AB, BC, CD e DA, representados no diagrama PV.

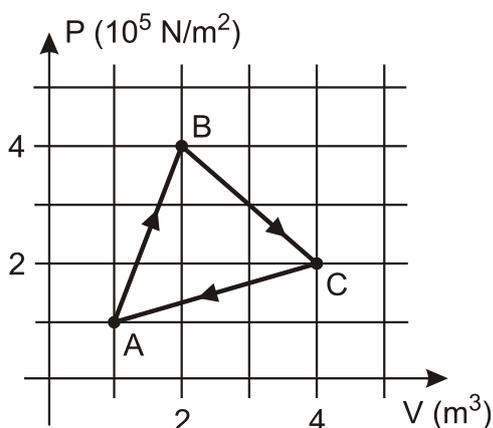
Justifique o preenchimento das colunas para Q e  $\Delta U$ .

São dados:  $W_{AB} = 300 \text{ J}$ ;  $W_{CD} = -150 \text{ J}$  e  $\Delta U_{DA} = 750 \text{ J}$ .

	Q(J)	$\Delta U$ (J)	W(J)
AB			
BC			
CD			
DA			

12. Uma bolha de gás metano com volume de  $10 \text{ cm}^3$  é formado a  $30 \text{ m}$  de profundidade num lago. Suponha que o metano comporta-se como um gás ideal de calor específico molar  $C_V = 3R$  e considere a pressão atmosférica igual a  $10^5 \text{ N/m}^2$ . Supondo que a bolha não troque calor com a água ao seu redor, determine seu volume quando ela atinge a superfície.

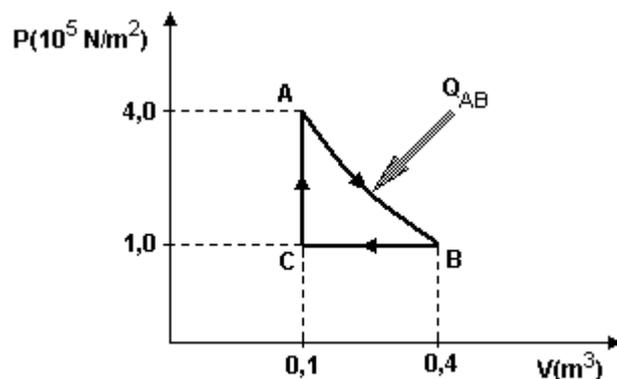
13. Uma máquina térmica percorre o ciclo descrito pelo gráfico a seguir. A máquina absorve  $6,0 \times 10^5 \text{ J}$  de energia térmica por ciclo.



Responda ao que se pede.

- Qual é a variação na energia interna no ciclo ABCA? Justifique.
- Calcule o trabalho realizado pelo motor em um ciclo.
- Calcule a quantidade de energia térmica transmitida à fonte fria.
- Calcule o rendimento dessa máquina térmica.

14. Uma máquina térmica, cuja substância de trabalho é um gás ideal, opera no ciclo indicado no diagrama pressão versus volume da figura a seguir. A transformação de A até B é isotérmica, de B até C é isobárica e de C até A é isométrica. Sabendo que na transformação isotérmica a máquina absorve uma quantidade de calor  $Q_{AB} = 65 \text{ kJ}$ , determine o trabalho realizado pela máquina em um ciclo. Expresse sua resposta em kJ.



15. Considere um cubo de gelo que é jogado em um lago. O cubo está a uma temperatura  $0^{\circ}\text{C}$  e o lago a uma temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$  onde a massa do cubo de gelo é igual a  $0.01\text{ kg}$ . Calcule a variação de entropia do sistema lago-gelo.