Lista-3 – Primeira Lei da Termodinâmica
Termodinâmica - Prof. José Alexandre

1º) Calcule o trabalho feito por um corpo expandindo, a pressão constante de 2,34 atm, de um volume inicial de 3,12 L a um volume final de 4,01 L.

Resposta: $2{,}10 \times 10^2$ J.

2º) Calcule o trabalho realizado por 10 g de oxigênio que se expande isotermicamente a $20℃$ de 1,0 atm a 0,3 atm.

Resposta: $9{,}1 \times 10^2$ J.

3º) Um cilindro equipado com um êmbolo móvel contém um gás ideal à pressão P_1, volume específico v_1 e temperatura T_1. A pressão e o volume são simultaneamente aumentados, de modo que, em cada instante, P e v são relacionados pela equação

$$P = Av,$$

onde A é uma constante.

a) Expresse a constante A em termos da pressão P_1, a temperatura T_1 e a constante dos gases R.
b) Encontre a temperatura, quando o volume específico for dobrado, se $T_1 = 200$ K.

Resposta: a) $A = \frac{P^2}{RT_1}$. b) 800 K.

4º) Calcule o trabalho realizado contra a pressão atmosférica, quando 10 kg de água convertem-se em vapor, ocupando um volume de 16,7 m^3.

Resposta: $1{,}69 \times 10^6$ J.

5º) No cilindro de uma máquina a vapor é admitido vapor a uma pressão constante de 30 atm. O curso do êmbolo é de 0,5 m e o diâmetro do cilindro é 0,4 m. Calcule o trabalho (em joules) realizado pelo vapor em cada percurso.

Resposta: $1{,}9 \times 10^5$ J.

6º) (3.3) Um gás ideal, originalmente a uma temperatura T_1 e pressão P_1, é comprimido reversivelmente contra um pistão até seu volume seja a metade do de seu volume original. A temperatura do gás é alterada durante o processo, de modo que a cada instante a relação $P = AV$ seja satisfeita, onde A é uma constante. Determine o trabalho realizado pelo gás, em termos de n (número de moles), R e T_1.

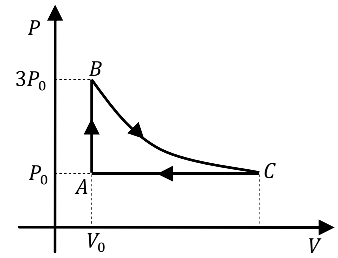
Resposta: $W = -\frac{3}{8}nRT_1$.

7º) (3.16) A temperatura de um gás ideal a uma pressão inicial P_1 e volume V_1 é aumentada a volume constante até que a pressão seja dobrada. O gás é, então, expandido isotermicamente até que a pressão caia para seu valor original, onde é comprimido à pressão constante, até que o volume retorne ao seu valor inicial.

a) Esboce estes processos no plano $P - V$ e no plano $P - T$.
b) Calcule o trabalho em cada processo e o trabalho líquido realizado no ciclo, se $n = 2 \times 10^3$ moles, $P_1 = 2{,}0$ atm e $V_1 = 4{,}0$ m^3.

Resposta: $W_{AB} = 0$; $W_{BC} = 1{,}12 \times 10^6$ J; $W_{CA} = -8{,}08 \times 10^5$ J; $W_{ciclo} = 3{,}12 \times 10^5$ J.

8º) Um gás ideal monoatômico realiza o ciclo reversível ABCA representado no diagrama PxV. O processo B → C é isotérmico de temperatura T_0.
Determine, para o gás, o trabalho, a variação de energia interna e o calor trocado em cada um dos processos e para o ciclo.

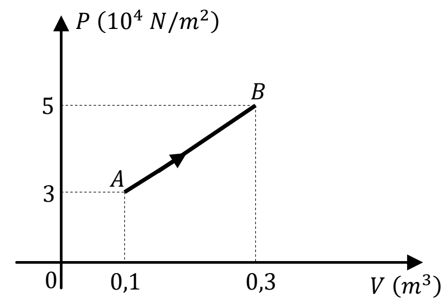


Resposta:
$W_{AB} = 0$, $\Delta U_{AB} = 3P_0V_0$, $Q_{AB} = 3P_0V_0$;
$W_{BC} = 3P_0V_0\ln(3)$, $\Delta U_{BC} = 0$, $Q_{BC} = 3P_0V_0\ln(3)$;
$W_{CA} = -2P_0V_0$, $\Delta U_{CA} = -3P_0V_0$, $Q_{CA} = -5P_0V_0$;
$W_{ciclo} = P_0V_0[3\ln(3) - 2]$, $\Delta U_{ciclo} = 0$, $Q_{ciclo} = P_0V_0[3\ln(3) - 2]$.

9º) Seis mols de um gás ideal monoatômico sofrem o processo termodinâmico AB indicado no gráfico. Sendo R = 8,31 $\frac{\text{J}}{\text{molK}}$, determine:

a) as temperaturas inicial e final do gás;
b) a variação de energia interna do gás no processo AB;
c) o trabalho realizado pelo gás ao passar do estado A para o estado B;

a quantidade de calor trocada pelo gás na transformação do estado A para o estado B.



Resposta: a) $T_A = 60{,}2\ K$ e $T_B = 301\ K$ b) $\Delta U = 1{,}8 \times 10^4$ J; c) $W = 8 \times 10^3$ J; $Q = 2{,}6 \times 10^4$ J.

10º) Um cilindro, cujas paredes são adiabáticas, é fechado por um pistão também adiabático que pode deslizar na vertical sem atrito. O volume interno do cilindro possui uma parede divisória que não permite troca de partículas, mas permite troca de calor. O volume superior contém n mols de um gás ideal monoatômico e o volume inferior contém 2n mols do mesmo gás. O gás no volume superior do cilindro, partindo de um estado de equilíbrio inicial, é comprimido reversivelmente pelo pistão até um estado de equilíbrio final. Sabendo que a variação de temperatura entre esses dois estados é ΔT, calcule o trabalho realizado sobre o gás no volume superior.

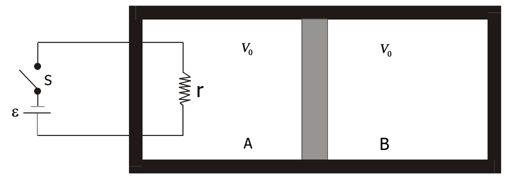
Resposta: $W_{ext} = \frac{9}{2}nR\Delta T$.

11º) Um gás ideal de expoente de Poisson γ está contido no interior de uma grande garrafa de volume V. Ajustado à garrafa está um tubo de vidro de área da seção transversal A no qual uma bola de metal de massa m está perfeitamente ajustada. A pressão de equilíbrio na garrafa é maior que a pressão atmosférica P_0 por causa do peso da bola. Mostre que se a bola é deslocada ligeiramente de sua posição de equilíbrio, ela executará um MHS se os estados do gás representam um processo adiabático quase-estático e a perda de energia devido ao atrito da bola e o tubo é desprezível. Determine a frequência do MHS.

Resposta: $W = \sqrt{\frac{\gamma A^2}{mV}\left(P_0 + \frac{mg}{A}\right)}$.

12º) Um recipiente de paredes adiabáticas é dividido, por uma parede móvel adiabática, em duas partes iguais, de volume V_0 cada uma delas. No interior de cada parte, encontram-se 2 moles de um gás ideal monoatômico. O sistema se encontra em equilíbrio, com os gases a uma temperatura T_0. No interior de uma das partes, chamada de A, existe um resistor de resistência r ligado, através de uma chave S, a uma bateria de resistência interna nula e força eletromotriz ε. A chave, inicialmente aberta, é mantida fechada por um determinado intervalo de tempo e depois é novamente aberta. Durante o intervalo de tempo em que a chave fica fechada, o gás da parte A se expande, empurrando muito lentamente a parede móvel, de forma a reduzir em 8 vezes o volume do lado oposto, chamado de B. A constante universal dos gases é R, medida em J mol-1 k-1 ou J/mol k. Considerando que não há atrito entre a parede móvel e o recipiente e que a capacidade térmica do resistor é desprezível, determine:

a) a temperatura final do gás contido em A;
b) o trabalho realizado pelo gás contido em B;
c) o calor recebido pelo gás contido em A.



Resposta: a) $T_A = 60T_0$; b) $W_B = -9RT_0$; c) $Q_A = 186RT_0$.

13º) Um fluido e n moles de um gás ideal diatômico estão no interior de um cilindro provido de um êmbolo de massa m que pode deslizar livremente sem atrito. O coeficiente de dilatação térmica do fluido é β. O êmbolo e as paredes do recipiente são adiabáticos, exceto a base, que está em contato com um reservatório térmico. Inicialmente, o fluido e o gás ocupam cada um a metade do volume interno V do cilindro e estão em equilíbrio com o reservatório à temperatura T. A temperatura do reservatório é, então, muito lentamente, levada da temperatura inicial T até a temperatura final 3T. Durante esse processo, o fluido e o gás estão sempre em equilíbrio térmico com o reservatório. Desprezando a dilatação do recipiente e uma possível evaporação do fluido, determine:

a) a variação do volume do fluido;
b) a variação do volume do gás;
c) a variação da energia interna do gás;
d) o trabalho realizado pelo gás;
e) o calor absorvido pelo gás;
f) o trabalho realizado pelo fluido sobre o gás.

Resposta: a) $\Delta V_{fluido} = \beta VT$;b) $\Delta V_{gás} = V$; c) $\Delta U_{gás} = 5nRT$;
d) $W_{gás} = 2nRT$; e) $Q_{gás} = 7nRT$; f) $W_{fluido} = 2nR\beta T^2$

14º) Calcule a variação na energia interna de um fluido em um recipiente adiabático, quando uma corrente de 10 A passa durante 70 s através de um resistor de 4,0 Ω em contato com o fluido.

Resposta: $\Delta U = 2{,}8 \times 10^4$ J.

15º) (3.28) A capacidade térmica específica molar c_P da maior parte das substâncias (exceto a temperaturas muito baixas) pode ser expressa satisfatoriamente pela fórmula empírica

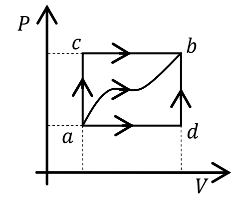
$$c_P = a = 2bT - cT^{-2},$$

onde $a,\ b$ e c são constantes, e T é a temperatura em Kelvin.

a) Em termos de $a,\ b$ e c, encontre o calor necessário para elevar a temperatura de n moles de uma substância à pressão constante, de T_1 para T_2.
b) Determine a capacidade térmica específica média entre T_1 e T_2.

Resposta: a) $Q_P = na(T_2 - T_1) + nb(T_2^2 - T_1^2) - nc\frac{(T_2 - T_1)}{T_1 T_2}$. b) $\frac{\bar{C}_P}{n} = a + b(T_2 + T_1) - \frac{c}{T_1 T_2}$.

16º) (3.26) Quando um sistema é levado de um estado a para um estado b pela trajetória $a - c - b$, representada na figura, fluem 80 J de calor para o sistema, e este realiza 30 J de trabalho.



a) Quanto flui de calor para o sistema ao longo do trajeto $a - d - b$, se o trabalho realizado é de 10 J?
b) O sistema é levado de volta do estado b para o estado a através do trajeto curvo. O trabalho feito sobre o sistema é 20 J. O sistema absorve ou libera calor, e quanto?
c) Se $U_a = 0$ e $U_d = 40$ J, encontre o calor absorvido nos processos $a - d$ e $d - b$.

Resposta: a) 60 J. b) -70 J. c) 50 J e 10 J.

17-37º) Francis W. Sears e Gerhard L. Salinger, *Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística*, 3ª Edição, Guanabara Dois (1979): 3.1, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.14, 3.16, 3.18, 3.19, 3.20, 3.22, 3.26, 3.27, 3.28, 3.29, 3.32, 3.33, 3.35 e 3.36.