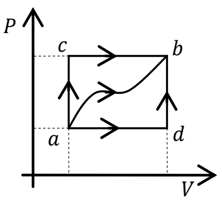
Exercícios Recomendados 2 -- Termodinâmica

1º) 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 $d - b$.

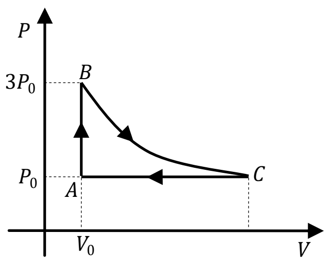


Resposta: a) 60 J. b) -70 J. c) 50 J e 10 J.

2º) A equação de estado de um certo gás é $(P + b)v = RT$, e sua energia específica é $u = aT + bv + u_0$, onde a, b e u_0 são constantes.

a) Encontre c_v.
b) Mostre que $c_P - c_v = R$.
c) Mostre que $Tv^{R/c_v} = cte$ em um processo adiabático.

3º) Um gás ideal monoatômico realiza o ciclo reversível ABCA representado no diagrama PxV. O processo $B \rightarrow C$ 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.

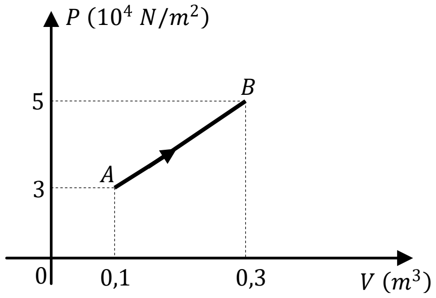


Resposta:
$W_{AB} = 0$, $\Delta U_{AB} = 3P_0V_0$, $Q_{AB} = 3P_0V_0$;
$W_{BC} = 3P_0V_0 \ln(3)$, $\Delta U_{BC} = 0$, $Q_{BC} = 3P_0V_0 \ln(3)$;
$W_{CA} = -2P_0V_0$, $\Delta U_{CA} = -3P_0V_0$, $Q_{CA} = -5P_0V_0$;
$W_{ciclo} = P_0V_0[3\ln(3) - 2]$, $\Delta U_{ciclo} = 0$, $Q_{ciclo} = P_0V_0[3\ln(3)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

4º) Seis mols de um gás ideal monoatômico sofrem o processo termodinâmico AB indicado no gráfico. Sendo $R = 8{,}31 \frac{J}{molK}$, 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;

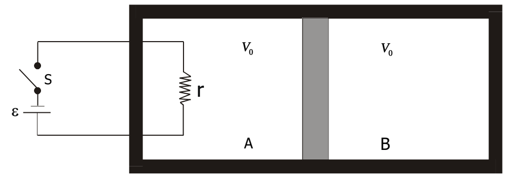
a quantidade de calor trocada pelo gás na transformação do estado A para o estado B.



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

$5^{\underline{0}}$) 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) $Q_A = 186RT_0$.

$6^{\underline{0}}$) 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: $W_{ext} = \frac{9}{2}nR\Delta T$.

$7^{\underline{0}}$) 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: $W = \sqrt{\frac{\gamma A^2}{mV}\left(P_0 + \frac{mg}{A}\right)}$.

$8^{\underline{0}}$) 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.

$9^{\underline{0}}$) No curso de compressão de um motor Diesel, comprime-se o ar da pressão atmosférica e temperatura ambiente para cerca de 1/15 do seu volume inicial. Calcule a temperatura final, supondo uma compressão adiabática reversível.

Resposta: $T = 866{,}02$K.

$10^{\underline{0}}$) Mostre que, para máquinas de Carnot operando entre os mesmos reservatórios a alta temperatura e diferentes reservatórios a baixa temperatura, a máquina que opera entre a maior diferença de temperatura tem o maior rendimento.

$11^{\underline{0}}$) 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) $W_{fluido} = 2nR\beta T^2$

$12^{\underline{0}}$) A equação de estado para a energia radiante em equilíbrio com a temperatura das paredes de uma cavidade de volume V é $P = \frac{1}{3}aT^3$. A equação da energia é $U = aT^4V$.

a) Mostre que o calor fornecido em uma duplicação isotérmica do volume da cavidade é $\frac{4}{3}aT^4V$.
b) Use a equação

$$\bar{d}q = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v dT + \left[\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T + P\right] dv,$$

para mostrar que, em um processo adiabático, VT^3 é um constante.

$13^{\underline{0}}$) Uma máquina de Carnot é operada entre dois reservatórios de calor a temperaturas de 400 K e de 300 K.

a) Se a máquina recebe 1.200 cal do reservatório a 400 K em cada ciclo, quantas calorias ela rejeita para o reservatório a 300 K? Calcule o trabalho realizado.
b) Se a máquina for operada como um refrigerador (i. e., ao inverso) e receber 1.200 cal do reservatório a 300 K, quantas calorias ela liberará no reservatório a 400 K? Qual o trabalho realizado.

Resposta: a) 900 cal e 300 cal. b) 1.600 cal e 400 cal.

$14^{\underline{0}}$) Um edifício deve ser refrigerado por uma máquina de Carnot operada ao inverso (um refrigerador de Carnot). A temperatura exterior é de 35^0C, e a temperatura no interior do edifício é 20^0C. Se a máquina é acionada por um motor elétrico de 12×10^3 watt, quanto calor é removido do edifício por hora?

Resposta: $8{,}42 \times 10^8$ J/h.