



Fenômenos Térmicos Primeiro Quadrimestre de 2012 Lista 3

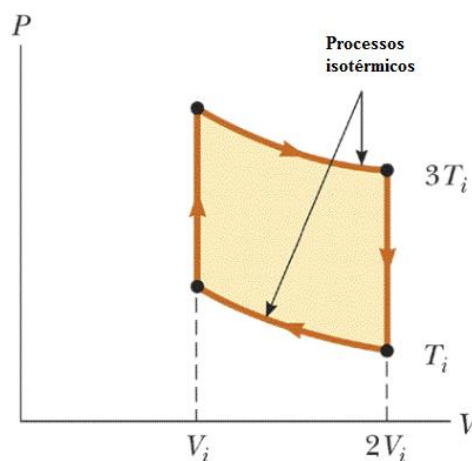
Máquinas Térmicas e a Segunda Lei da Termodinâmica

1) Uma máquina térmica absorve 360 J de calor e executa 25,0 J de trabalho em cada ciclo. Encontre (a) o rendimento da máquina e (b) a energia transferida ao reservatório frio em cada ciclo.

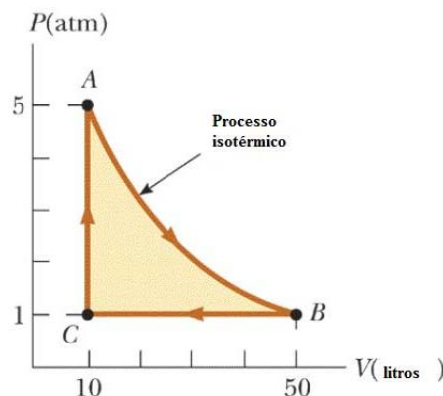
2) Suponha que uma máquina térmica está conectada a dois reservatórios de calor, um recipiente com alumínio derretido (660°C) e um bloco de mercúrio sólido ($-38,9^{\circ}\text{C}$). A máquina funciona congelando 1,00 g de alumínio e derretendo 15,0 g de mercúrio durante cada ciclo. O calor de fusão do alumínio é $3,97 \times 10^5 \text{ J/kg}$; o calor de fusão do mercúrio é $1,18 \times 10^4 \text{ J/kg}$. Qual é o rendimento desta máquina?

3) Em 1827, Robert Sterling, um clérigo escocês, inventou a *máquina de Sterling*, para a qual se tem encontrado uma variedade de aplicações desde então. O combustível é queimado externamente para aquecer um dos cilindros da máquina. Uma quantidade fixa de gás inerte move-se ciclicamente entre os cilindros, expandindo-se no quente e se contraindo no frio. A figura representa um modelo para seu ciclo termodinâmico. Considere n moles de um gás monoatômico ideal que está atravessando uma vez o ciclo, consistindo em dois processos isotérmicos às temperaturas $3T_i$ e T_i e em dois processos a volume constante. Determine, em termos de n , R e

T_i , (a) o calor líquido transferido ao gás e (b) o rendimento da máquina.



4) Um mol de gás monoatômico ideal realiza o ciclo mostrado na figura. O processo $A \rightarrow B$ é uma expansão isotérmica reversível. Calcule (a) o trabalho líquido feito pelo gás, (b) o calor adicionado ao gás, (c) o calor rejeitado pelo gás e (d) o rendimento do ciclo.



A Máquina de Carnot

5) Uma das máquinas mais eficientes já construída opera entre 430°C e 1870°C . (a) Qual é seu rendimento teórico máximo? (b) O rendimento real da máquina é de 42%. Quanta potência útil o motor produz se absorver $1,40 \times 10^5 \text{ J}$ de calor a cada segundo de seu reservatório quente?

6) Uma máquina térmica que opera entre 200°C e $80,0^{\circ}\text{C}$ consegue 20,0% maior do rendimento possível. Qual entrada de calor permitirá que a máquina realize 10,0 kJ de trabalho?

7) Um gás realiza um ciclo de Carnot. A expansão isotérmica ocorre a 250°C e a compressão isotérmica ocorre a $50,0^{\circ}\text{C}$. O gás absorve 1200 J de calor do reservatório quente durante a expansão isotérmica. Encontre (a) o calor rejeitado para o reservatório frio em cada ciclo e (b) o trabalho líquido feito pelo gás em cada ciclo.

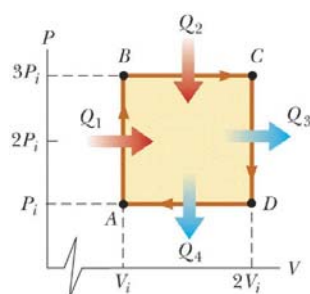
8) Uma usina de força opera com um rendimento de 32% durante o verão quando a água do mar utilizada para refrigeração está a $20,0^{\circ}\text{C}$. A usina utiliza vapor a 350°C para acionar as turbinas. Supondo que o rendimento da usina muda na mesma proporção que o rendimento ideal, qual seria o rendimento da usina no inverno, quando a água do mar está a $10,0^{\circ}\text{C}$?

9) Foi proposta a uma usina de força que empregasse o gradiente de temperatura no oceano. O sistema deve operar entre $20,0^{\circ}\text{C}$ (temperatura da água de superfície) e $5,00^{\circ}\text{C}$ (temperatura da água a uma profundidade de aproximadamente 1 km). (a) Qual é o rendimento máximo deste sistema? (b) Se a potência útil fornecida pela usina é de 75,0 MW, quanto calor é absorvido por hora? (c) Em vista da sua resposta ao item (a), você pensa que este sistema vale a pena (considerando que o “combustível” é de graça)?

10) No ponto A de um ciclo de Carnot, 2,34 moles de um gás ideal monoatômico têm uma pressão de 1400 kPa, um volume de 10,0 L e uma temperatura de 720 K. Ele se expande isotermicamente até o ponto B e, então, expande-se adiabaticamente até o ponto C, onde seu volume é de 24,0 L. Uma compressão isotérmica o leva ao ponto D, onde seu volume passa a ser 15,0 L. um processo adiabático faz o gás retornar ao ponto A. (a) Determine todas as pressões, volumes e temperaturas desconhecidos enquanto você preenche a seguinte tabela:

	P(kPa)	V(L)	T(K)
A	1400	10.0	720
B			
C		24.0	
D		15.0	

(b) Encontre a energia adicionada pelo calor, o trabalho realizado pela máquina e a mudança na energia interna para cada uma das etapas $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, $C \rightarrow D$ e $D \rightarrow A$. (c) calcule o rendimento $W_{\text{máq}}/|Q_{\text{abs}}|$. Demonstre que ele é igual a $1 - T_C/T_A$, o rendimento de Carnot.

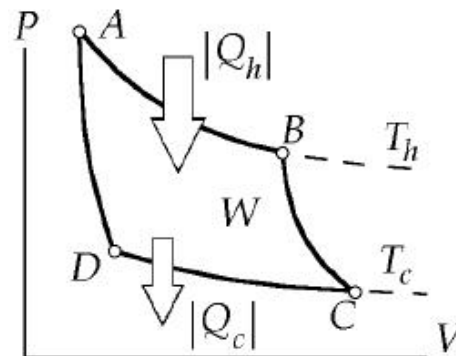


11) Um mol de gás ideal monoatômico realiza o ciclo mostrado na figura. No ponto A, a pressão, o volume e a temperatura são P_i , V_i e T_i ,

respectivamente. Em termos de R e T_i , encontre (a) o calor total que entra no sistema por ciclo, (b) o calor total que deixa o sistema por ciclo, (c) o rendimento de uma máquina que opera neste ciclo e (d) o rendimento de uma máquina que opera em um ciclo de Carnot entre as mesmas temperaturas extremas.

12) Uma usina de força, tendo um rendimento de Carnot, produz uma potência elétrica P a partir de turbinas que recebem calor do vapor a uma temperatura T_q e rejeitam calor a uma temperatura T_f por meio de um exaustor de calor em um rio. A água rio abaixo é mais quente por ΔT por causa da descarga da usina de força. Determine a taxa de fluxo do rio.

13) Um mol de gás ideal ($\gamma = 1,40$) realiza o ciclo de Carnot descrito na figura. No ponto A, a pressão é de 25,0 atm e a temperatura é de 600 K. No ponto C, a pressão é de 1,00 atm e a temperatura é de 400 K. (a) determine as pressões e os volumes nos pontos A, B, C, e D. (b) Calcule o trabalho líquido feito pelo gás por ciclo. (c) Determine o rendimento de uma máquina que opera neste ciclo.

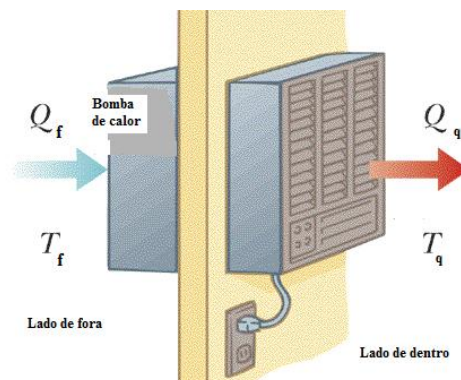


Bombas de Calor e Refrigeradores

14) Qual é o coeficiente de desempenho (CDD) de um refrigerador que opera com rendimento de Carnot entre as temperaturas de $-3,00^\circ\text{C}$ e $+27^\circ\text{C}$?

15) uma bomba de calor, mostrada na figura, é essencialmente uma máquina térmica funcionando de trás para frente. Ela extrai calor do ar mais frio do lado de fora e deposita-o em um cômodo mais quente. Suponha que a razão entre o calor real que entra no cômodo e o trabalho realizado pelo motor do dispositivo é 10,0% da razão máxima teórica. Determine o calor que entra no cômodo por joule de trabalho realizado pelo motor quando a

temperatura interna é de $20,0^\circ\text{C}$ e a temperatura externa é de $-5,00^\circ\text{C}$.



16) Um refrigerador ideal ou uma bomba de calor ideal são equivalentes a uma máquina de Carnot funcionando ao contrário. Isto é, o calor Q_f é absorvido de um reservatório frio e o calor Q_q é rejeitado para um reservatório quente. (a) Demonstre que o trabalho que deve ser fornecido para fazer funcionar o refrigerador ou a bomba de calor é $W = (T_q - T_f)Q_f/T_f$. (b) Mostre que o CDD do refrigerador ideal é $\text{CDD} = T_f/(T_q - T_f)$.

17) Quanto trabalho um refrigerador ideal de Carnot utiliza para transformar 0,500 kg de água de torneira a $10,0^\circ\text{C}$ em gelo a $-20,0^\circ\text{C}$? suponha que o congelador é mantido a $-20,0^\circ\text{C}$ e o refrigerador rejeita calor em um cômodo a $20,0^\circ\text{C}$.

18) Um congelador ideal (de Carnot) em uma cozinha tem uma temperatura constante de 260 K e o ar na cozinha tem uma temperatura constante de 300 K. Suponha que a isolamento térmica do congelador não é perfeita, mas conduz calor para o congelador a uma taxa de 0,150 W. Determine a potência média necessária para que o motor mantenha constante a temperatura no congelador.

Entropia e a Segunda Lei da Termodinâmica

19) Uma cuba de gelo contém 500 g de água líquida a 0°C. Calcule a variação da entropia da água enquanto ela congela lenta e completamente a 0°C.

20) Calcule a variação da entropia de 250 g de água lentamente aquecida de 20,0°C a 80,0°C. (Dica: Observe que $dQ = m.c.dT$).

21) Um freezer hermético mantém 2,50 moles de ar a 25,0°C e 1,0 atm. O ar é, então, refrigerado a -18,0°C. (a) Qual é a variação da entropia do ar se o volume for mantido constante? (b) qual seria a variação se a pressão fosse mantida a 1 atm durante a refrigeração?

22) Que variação da entropia ocorre quando um cubo de gelo de 27,0 g a -12,0°C é transformado, a pressão constante, em vapor a 115°C?

23) Você lança quanto moedas ao ar simultaneamente e registra o número de caras e o número de coroas que resultam. Prepare uma tabela que relaciona cada macroestado e cada um dos microestados incluídos nele. Por exemplo, dois microestados CaCaCoCa e CaCoCaCa, junto com mais alguns outros, estão incluídos no macroestado de três caras e uma coroa. (a) Com base em sua tabela, qual é o resultado mais provável registrado para um lançamento de quatro moedas? Em termos de entropia, (b) qual é o macroestado mais ordenado e (c) qual é o mais desordenado?

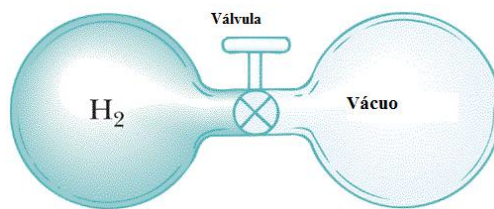
Variações de entropia em processos irreversíveis

24) A temperatura na superfície do Sol é de aproximadamente 5700 K e a temperatura na superfície da Terra é de aproximadamente 290 K. Que variação da entropia ocorre quando 1000J de energia são transferidas por radiação do Sol à Terra?

25) Uma ferradura de ferro de 1,00 kg é tirada de uma forja a 900°C e inserida em 4,00 kg de água a 10,0°C. Supondo que nenhum calor é perdido para o ambiente, determine a variação total na entropia do sistema ferradura-água.

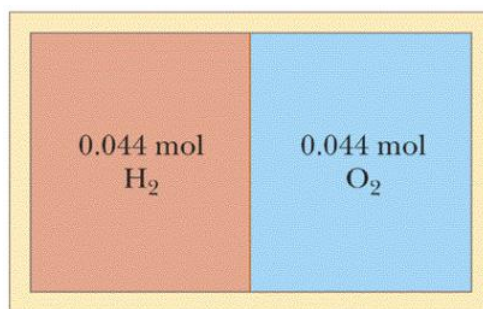
26) Um iceberg de 100000 kg a -5,00°C se separa da calota polar e flutua para longe no oceano, a 5,00°C. Qual será a variação final da entropia do sistema depois que o iceberg tiver derretido completamente? (O calor específico do gelo é 2010 kJ/kg.°C)

27) Um mol de gás H_2 é mantido no lado esquerdo do recipiente mostrado na figura, que tem volumes iguais à esquerda e à direita. O lado direito é evacuado. Quando a válvula é aberta, o gás flui para o lado direito. Qual é a variação final na entropia do gás? A temperatura do gás muda?



28) Um mol de um gás monoatômico ideal, inicialmente à pressão de 1,00 atm e com um volume de $0,0250 \text{ m}^3$, é aquecido até um estado final com uma pressão de 2,00 atm e um volume de $0,0400 \text{ m}^3$. Determine a variação da entropia do gás neste processo.

29) Um recipiente de 2,00 L tem uma divisória central que o divide ao meio, como mostrado na figura. O lado esquerdo contém gás H_2 e o lado direito, gás O_2 . Os dois gases estão à temperatura ambiente e pressão atmosférica. A divisória é removida e os gases podem se misturar. Qual é o aumento na entropia do sistema?



Gabarito

1) (a) 6,94%; (b) 335 J

2) 74,9%

3) (a) $Q = 2nRT_i \ln 2$; (b) 0,273

4) (a) 4,11 kJ; (b) 14,2 kJ; (c) -10,1 kJ; (d) 28,9%

5) (a) 67,2%; (b) 58,8 kW

6) 197 kJ

7) (a) 741; (b) 459 J

8) 33,0%

9) (a) 5,12%; (b) 5,27 TJ/h; (c) Sim

10) (a)

State	$P(\text{kPa})$	$V(\text{L})$	$T(\text{K})$
A	1400	10.0	720
B	875	16.0	720
C	445	24.0	549
D	712	15.0	549

(b)

Process	$Q(\text{kJ})$	$W(\text{kJ})$	$\Delta E_{\text{int}}(\text{kJ})$
$A \rightarrow B$	+6.58	-6.58	0
$B \rightarrow C$	0	-4.99	-4.99
$C \rightarrow D$	-5.02	+5.02	0
$D \rightarrow A$	0	+4.99	+4.99
ABCD	+1.56	-1.56	0

(c) 23,7%

11) (a) 10,5 nRT_i; (b) 8,50 nRT_i; (c) 0,190; (d) 0,833

12) $\frac{PT_c}{(T_h - T_c)c\Delta T}$

13) (a) V_a = 1,97X10⁻³m³; V_b = 11,9X10⁻³m³; V_c = 32,8X10⁻³m³; V_d = 5,44X10⁻³m³; P_b = 4,14 atm; P_d = 6,03 atm; (b) 2,99 kJ; (c) 0,333

14) 9,00

15) 1,17 J

16) Demonstração

17) 32,9 kJ

18) 23,1 mW

19) -610 J/K

20) 195 J/K

21) (a) -8,10 J/K; (b) -11,3 J/K

22) 236 J/K

23)(a) 2 caras e 2 coroas; (b) 4 caras ou 4 coroas; (c) 2 caras e 2 coroas

24) 3,27 J/K

25) 718 J/K

26) 1,26 X 10⁸ J/K

27) 5,76 J/K. Não.

28) 18,4 J/K

29) 0,507 J/K