

# Oitava Lista de Exercícios

## CF-370 (Termodinâmica)

Ricardo Luiz Viana

*Departamento de Física, Universidade Federal do Paraná*

*Centro Politécnico - Jardim das Américas - 81531-990 - Curitiba - Paraná - Brasil*

*M. W. Zemansky, R. H. Dittman, Heat and Thermodynamics, 7th. Ed., McGraw-Hill, 1997.*

### Capítulo VIII: Entropia

[8.1] Faça o que se pede:

(a) Derive a Eficiência Térmica do Ciclo de Carnot diretamente do Diagrama  $TS$  da figura (1).

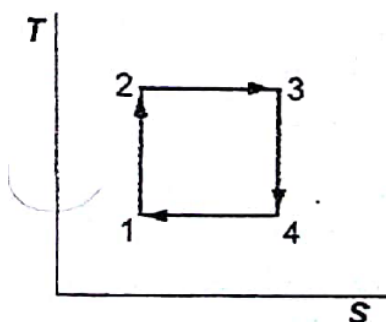
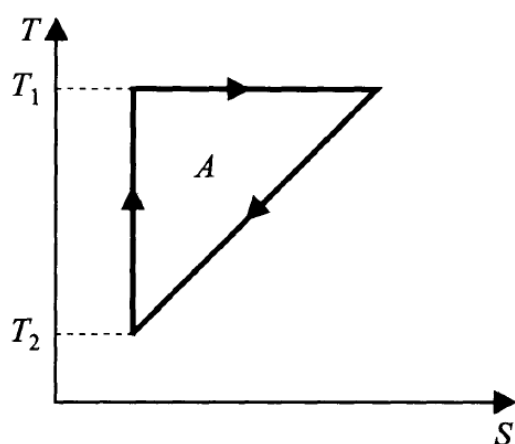
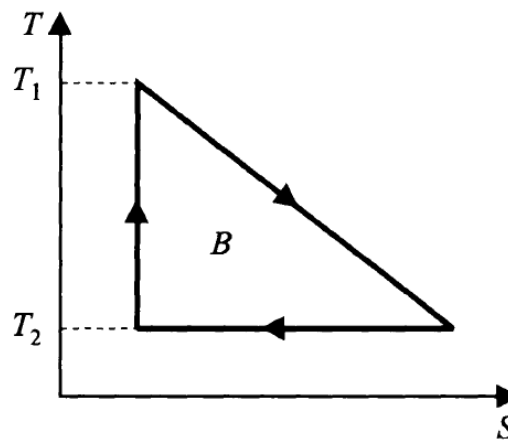


Figura 1: Esquema válido para qualquer Ciclo de Carnot no diagrama  $TS$ .

(b) Compare com as Eficiências Térmicas dos dois ciclos  $A$  e  $B$  esquematizados nas figuras (2a) e (2b).



(a) Ciclo  $A$  no diagrama  $TS$ .



(b) Ciclo  $B$  no diagrama  $TS$ .

Figura 2: Ciclos  $A$  e  $B$  no diagrama  $TS$ .

[8.6] Uma corrente elétrica de 10 A é estabelecida durante 1 s num resistor de  $25 \Omega$  mantido à temperatura constante de 300,15 K. Calcule:

- (a) A variação da Entropia do Resistor.
- (b) A variação da Entropia do Universo.

A mesma corrente é estabelecida durante o mesmo intervalo de tempo no mesmo resistor, mas agora ele está termicamente isolado, com temperatura inicial de 300,15 K. Calcule:

- (c) A variação da Entropia do Resistor.
- (d) A variação da Entropia do Universo.

[8.7] Faça o que se pede:

(a) Um quilograma de água a 273 K é colocada em contato térmico com um Reservatório de Calor a 373 K. Quando a água atinge a temperatura de 373 K, qual é a variação da Entropia da água, do Reservatório e do Universo?

(b) Se a mesma massa de água fosse aquecida de 273 K para 373 K primeiro entrando em contato térmico com um Reservatório de Calor a 323 K e depois em contato térmico com outro Reservatório de Calor a 373 K, qual seria a variação da Entropia do Universo?

(c) Explique como essa massa de água pode ser aquecida de 273 K até 373 K com quase nenhuma variação da Entropia do Universo.

[8.8] Um corpo com Capacidade Térmica constante  $C_P$  e inicialmente a temperatura  $T_i$  é colocado em contato térmico com um reservatório de calor que está a uma alta temperatura  $T_f$ . A pressão é mantida constante enquanto o corpo entra em equilíbrio térmico com o reservatório. Mostre que a variação da Entropia do Universo é dada por:

$$(\Delta S)_{\text{Universo}} = C_P [x - \ln(1 + x)]$$

Onde  $x = -\frac{(T_f - T_i)}{T_f}$ . Prove que essa variação de Entropia é positiva, ou seja,  $(\Delta S)_{\text{Universo}} > 0$ .

[8.9] A Capacidade Térmica Molar a Campo Magnético constante de um sólido paramagnético para baixas temperaturas varia com a temperatura de acordo com a seguinte equação:

$$c_{\mathcal{H}} = \frac{A + C\mathcal{H}^2}{T^2} + DT^2$$

Onde  $A$ ,  $C$  e  $D$  são constantes. Qual é a variação de Entropia de  $n$  mols desse material quando a temperatura varia desde  $T_i$  até  $T_f$  enquanto o Campo Magnético permanece constante sob o valor  $\mathcal{H} = \mathcal{H}_0$ ?

[8.10] De acordo com a Lei de Debye, a Capacidade Térmica Molar a volume constante do Diamante obedece a equação:

$$c_V = 3R \frac{4\pi^4}{5} \frac{T^3}{\Theta^3}$$

Qual é a variação de Entropia, em termos de  $R$ , de um Diamante de massa 1,2 g quando este é aquecido, a volume constante, desde 10 K até 350 K? (DADO: A Massa Molar do Diamante é de  $M_D = 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$  e a Temperatura de Debye é  $\Theta = 2230$  K).

[8.11] Um cilindro termicamente isolado, fechado em ambos os lados, é equipado com um pistão condutor de calor isento de atrito que divide o cilindro em duas partes. Inicialmente o pistão está preso no centro do cilindro com um litro de ar a 300 K e  $2,026 \times 10^5 \text{ Pa}$  em um dos lados e um litro de ar a 300 K e  $1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$  no outro lado. O pistão é liberado e entra em equilíbrio de temperatura e pressão numa nova posição. Compute a temperatura final, a pressão final e o aumento de entropia do ar, considerando que o ar seja um gás perfeito. Qual é o tipo de irreversibilidade que ocorreu neste processo?

[8.12] Um cilindro adiabático, fechado em ambos os lados, é equipado com um pistão adiabático isento de atrito que divide o cilindro em duas partes. Inicialmente, a pressão, volume e temperatura são as mesmas em ambos os lados do pistão ( $P_0$ ,  $V_0$  e  $T_0$ , respectivamente). O gás dentro do cilindro é perfeito, com  $C_V$  independente da temperatura e  $\gamma = 1,5$ . Por meio de uma bobina de aquecimento, é fornecido calor lentamente ao gás pelo lado esquerdo do cilindro até a a pressão atinja o valor de  $\frac{27P_0}{8}$ . Em termos de  $V_0$ ,  $T_0$  e  $nR$ :

- (a) Qual é o volume final no lado direito?
- (b) Qual é a temperatura final no lado direito?
- (c) Qual é a temperatura final no lado esquerdo?
- (d) Quanto calor é fornecido ao gás do lado esquerdo? (NOTA: Ignore a bobina!)
- (e) Quanto trabalho é realizado sobre o gás no lado direito?
- (f) Qual é a variação da Entropia do gás no lado direito?
- (g) Qual é a variação da Entropia do gás no lado esquerdo?
- (h) Qual é a variação da Entropia do Universo?

[8.13] Resolva o problema da barra uniforme mostrado na figura (3) se somente o Reservatório Quente for removido mostrando que a variação da Entropia do Universo é dada por:

$$(\Delta S)_{\text{Universo}} = C_P \left[ 1 + \frac{T_0 - T_L}{2T_L} - \frac{T_0}{T_0 - T_L} \ln \left( \frac{T_0}{T_L} \right) \right]$$

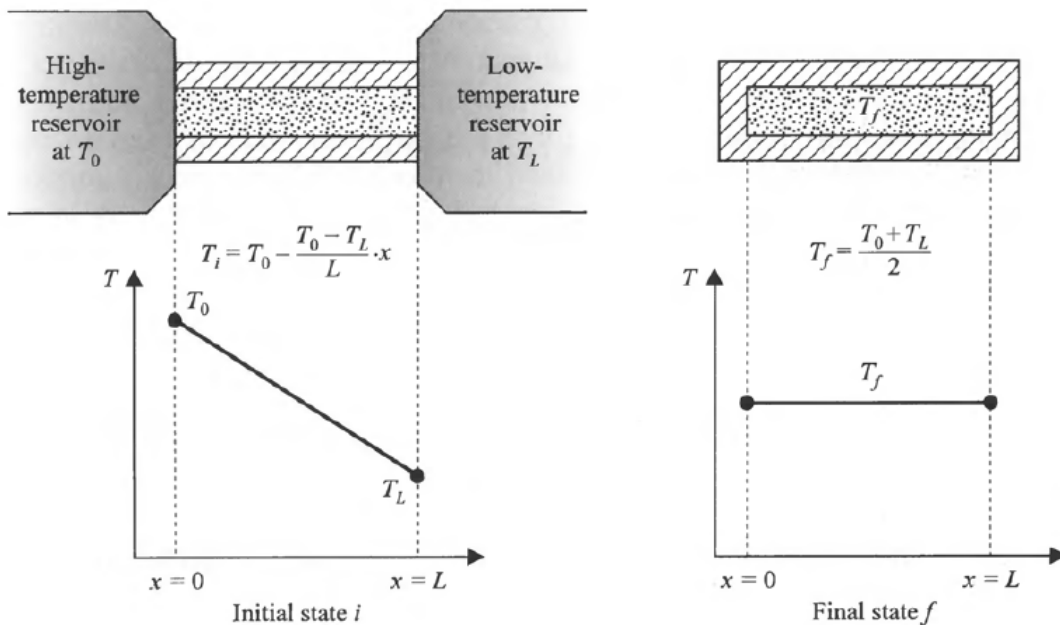


Figura 3: Esquema exibindo um processo com Irreversibilidade Térmica Interna.

[8.14] Calcule a variação da Entropia do Universo como resultado dos seguintes processos:

(a) Um bloco de cobre de massa 0,4 kg e capacidade térmica a pressão constante de  $150 \frac{J}{K}$  inicialmente a temperatura de 373,15 K colocado em um lago a temperatura de 283,15 K.

(b) O mesmo bloco a temperatura de 283,15 K derrubado de uma altura de 100 m dentro do lago.

(c) Dois desses blocos idênticos, um a 373,15 K e outro a 273,15 K quando são unidos.

[8.15] Qual é a variação da Entropia do Universo como resultado de cada um dos seguintes processos?

(a) Um capacitor de  $1,00 \times 10^{-6}$  F conectado a uma célula eletroquímica de 100 V a temperatura de 273,15 K.

(b) O mesmo capacitor, depois de ser carregado até 100 V, descarregado por um resistor mantido a temperatura de 273,15 K.