

## Lista 9 - Entropia e Segunda Lei da Termodinâmica

1) Em um experimento, 200 g de alumínio (com calor específico de  $900 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ) a  $100^\circ\text{C}$  são misturados com 50 g de água a  $20^\circ\text{C}$ , com a mistura isolada termicamente.

a) Qual a temperatura de equilíbrio?

Qual a variação de entropia

b) do alumínio?

c) da água?

d) do sistema alumínio-água?

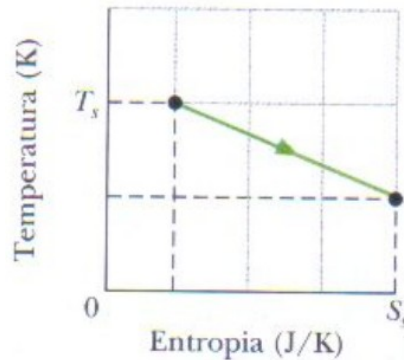
2) Um cubo de gelo de 8,0 g a  $-10^\circ\text{C}$  é colocado em uma garrafa térmica com  $100 \text{ cm}^3$  água a  $20^\circ\text{C}$ . De quanto varia a entropia do sistema cubo-água até o equilíbrio ser alcançado? O calor específico do gelo é  $2200 \text{ J/kg K}$ .

3) Uma amostra de 2 mols de um gás monoatômico ideal é submetida ao processo reversível da figura abaixo. A escala do eixo vertical é definida por  $T_s = 400,0 \text{ K}$  e a escala do eixo horizontal é definida por  $S_s = 20,0 \text{ J/K}$ .

a) Qual é a energia absorvida pelo gás na forma de calor?

b) Qual a variação de energia interna do gás?

c) Qual o trabalho realizado pelo gás?

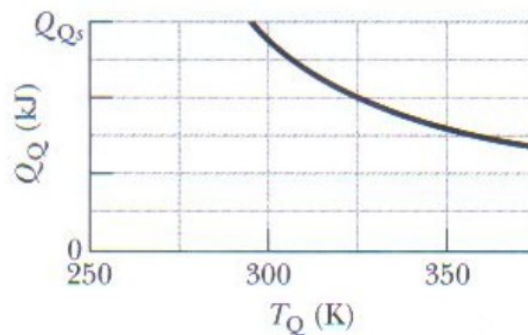


4) Uma máquina de Carnot de  $500 \text{ W}$  opera entre fontes de calor a temperaturas constantes de  $100^\circ\text{C}$  e  $60^\circ\text{C}$ . Qual é a taxa com a qual a energia é

a) absorvida pela máquina na forma de calor e

b) rejeitada pela máquina na forma de calor?

5) Uma máquina de Carnot é projetada para realizar um certo trabalho  $W$  por ciclo. Em cada ciclo, uma energia  $Q_Q$  na forma de calor é transferida para a substância de trabalho da máquina a partir da fonte quente, que está a uma temperatura ajustável  $T_Q$ . A fonte fria é mantida à temperatura  $T_F = 250 \text{ K}$ . A figura abaixo mostra o valor de  $Q_Q$  em função de  $T_Q$ . A escala do eixo vertical é definida como  $Q_{Qs} = 6,0 \text{ kJ}$ . Se  $T_Q$  é ajustada para  $550 \text{ K}$ , qual o valor de  $Q_Q$ ?



6) Um condicionador de ar operando entre  $93^{\circ}F$  e  $70^{\circ}F$  é especificado como tendo uma capacidade de refrigeração de 4000 Btu/h. O coeficiente de desempenho é 27 % do coeficiente de desempenho de um refrigerador de Carnot operando entre as mesmas temperaturas. Qual a potência do motor do condicionador de ar em horsepower?

7) O motor de um refrigerador tem uma potência de 200 W. Se o compartimento do congelador está a 270 K e o ar externo está a 300 K, e supondo que o refrigerador tem a mesma eficiência que um refrigerador de Carnot, qual é a quantidade máxima de energia que pode ser extraída na forma de calor do compartimento do congelador em 10,0 minutos?

8) Uma caixa contém  $N$  moléculas iguais de um gás, igualmente divididas nos dois lados da caixa. Qual é, para  $N = 50$ :

- a) a multiplicidade  $W$  da configuração central?
- b) o número total de microestados  $e$ ,
- c) a porcentagem do tempo que o sistema passa na configuração central?

Qual é, para  $N = 100$ :

- d) a multiplicidade  $W$  da configuração central?
- e) o número total de microestados  $e$ ,
- f) a porcentagem do tempo que o sistema passa na configuração central?

Qual é, para  $N = 200$ :

- g) a multiplicidade  $W$  da configuração central?
- h) o número total de microestados  $e$ ,
- i) a porcentagem do tempo que o sistema passa na configuração central?
- j) o tempo que o sistema passa na configuração central aumenta ou diminui quando  $N$  aumenta?

9) No primeiro estágio da máquina de Carnot de dois estágios, uma energia  $Q_1$  é absorvida na forma de calor à temperatura  $T_1$ , um trabalho  $W_1$  é realizado e uma energia  $Q_2$  é liberada na forma de calor à temperatura  $T_2$ . O segundo estágio absorve essa energia  $Q_2$ , realiza um trabalho  $W_2$  e libera energia na forma de calor  $Q_3$  a uma temperatura ainda menor  $T_3$ . Mostre que a eficiência da máquina é:  $(T_1 - T_3)/T_1$ .

10) O sistema A de três partículas e o sistema B de cinco partículas estão dentro de caixas isoladas. Calcule a menor multiplicidade  $W$ :

- a) do sistema A e
- b) do sistema B

Calcule a maior multiplicidade:

- c) do sistema A e
- d) do sistema B

Calcule a maior entropia:

- e) do sistema A e
- f) do sistema B

**Respostas:**

1) a)  $57,0^{\circ}\text{C}$ ; b)  $-22,1\text{ J/K}$ ; c)  $+24,9\text{ J/K}$ ; d)  $+2,8\text{ J/K}$

2)  $0,64\text{ J/K}$

3) a)  $Q = 4,5 \times 10^3\text{ J}$ ; b)  $\Delta E_{int} = -5,0 \times 10^3\text{ J}$ ; c)  $W = Q - \Delta E_{int} = 9,5\text{ kJ}$

4) a)  $4,67\text{ kJ/s}$ ; b)  $4,17\text{ kJ/s}$

5)  $Q_Q = 1,7\text{ kJ}$

6)  $0,25\text{ hp}$

7)  $1,08 \times 10^6\text{ J}$

8) (a)  $W(25;50) = 1,26 \times 10^{14}$ ; (b)  $N_{tot} = 2^{50} = 1,13 \times 10^{15}$ ; (c)  $p(25;50) = 11,1\%$ ; (d)  $W(N/2;N) = 1,01 \times 10^{29}$ ;  
(e)  $N_{tot} = 2^N = 1,27 \times 10^{30}$ ; (f)  $p(N/2;N) = 8,0\%$ ; (g)  $W(N/2;N) = 9,25 \times 10^{58}$ ; (h)  $N_{tot} = 1,61 \times 10^{60}$ ;  
(i)  $p(N/2;N) = 5,7\%$ .

10) a) 1; b) 1; c) 3; d) 10 e)  $S = 1,5 \times 10^{-23}\text{ J/K}$  f)  $S = 3,2 \times 10^{-23}\text{ J/K}$