21 Una massa di ferro $m = 2 Kg$ alla Temperatura di 600 °C viene immersa in un recipiente avente al suo interno 20 Kg di acqua alla Temperatura di 20 °C. Sapendo che il calore specifico del ferro è 0.107 cal/g °C e quello dell'acqua 1.00 cal/g °C calcolare

1) la Temperatura finale del ferro
2) la variazione di entropia del ferro
3) la variazione di entropia del sistema.

Per il principio zero della Termodinamica all'equilibrio avremo:

$$c_f m \left(T_i^{(f)} - T_f\right) = M \left(T_f - T_i^{(a)}\right)$$

$$T_f = \frac{c_f m T_i^{(f)} + M T_i^{(a)}}{m c_f + M} = 299 \, °K$$

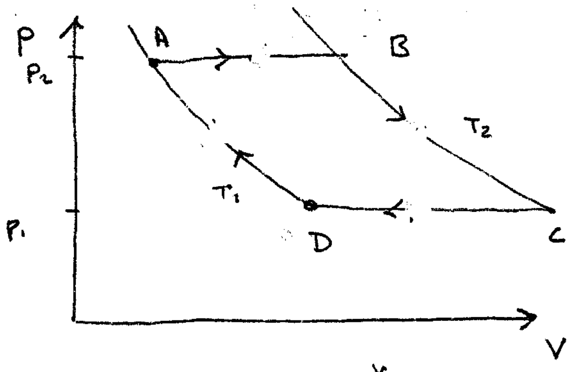
$$\Delta S_{Fe} = m c \lg \frac{T_f}{T_i^{(f)}} = -299 \ cal/°K$$

$$\Delta S_{H_2O} = M \lg \frac{T_f}{T_i^{(a)}} = 405 \ cal/°K$$

$$\Delta S = 106 \ cal/°K$$

22. 0.5 moli di ossigeno (gas biatomico avente peso molecolare $P_m = 32$ gr) compiono un ciclo reversibile costituito da due isoterme e da due isobare aventi rispettivamente $T_1 = 20°C$, $T_2 = 100°C$, $p_1 = 3$ Atm, $p_2 = 100$ Atm. Calcolare il lavoro eseguito dal ciclo ed il suo rendimento confrontandolo con quello di una macchina di Carnot che lavori tra le stesse temperature

(Fis 1980-81)



Il lavoro totale è

$$L = L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA}$$

$$L_{AB} = p_2 (V_B - V_A) = p_2 \left(\frac{nRT_2}{p_2} - \frac{nRT_1}{p_2} \right) = nR(T_2 - T_1)$$

$$L_{CD} = - L_{AB}$$

$$L_{BC} = \int_{V_B}^{V_C} p\, dV = nRT_2 \lg \frac{V_C}{V_B} = nRT_2 \lg \frac{p_2}{p_1}$$

$$L_{DA} = - nRT_1 \lg p_2/p_1 \quad \text{quindi} \quad L = nR(T_2 - T_1) \lg \frac{p_2}{p_1} = 400 \text{ J}.$$

Il calore assorbito nelle trasformazioni AB e BC è:

$$Q_2 = Q_{AB} + Q_{BC} = n c_p (T_2 - T_1) + L_{BC} = \frac{7}{2} nR(T_2 - T_1) - nRT_2 \lg p_2/p_1$$

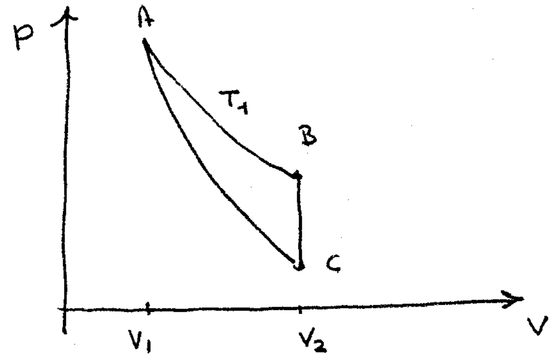
$$\eta = \frac{L}{Q_2} = 13.2\%$$

$$\eta_c = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 24\%$$

23 Un gas perfetto biatomico si trova inizialmente alla Temperatura $T_1 = 300\,°K$, ~~ad~~ alla pressione $p_1 = 3.0\,10^5\ N/m^2$ ed occupa un volume $V_1 = 4.0\ m^3$. Il gas si espande isotermicamente fino ad un volume $V_2 = 16\ m^3$, segue poi una trasformazione isocora che lo porta ad una pressione p_2 tale che una compressione adiabatica lo riconduca allo stato iniziale.

Calcolare i valori terminali delle variabili di stato delle varie trasformazioni, il lavoro compiuto e le variazioni di entropia per ogni trasformazione e per tutto il ciclo.

(Fis 9.4.84)



Avremo lungo l'isoterma AB

$$P_B = \frac{P_1 V_1}{V_2} = 7.5\ 10^4\ N/m^2$$

lungo l'adiabatica AC si ha

$$P_C = P_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = 4.3\ 10^4\ N/m^2$$

con $\gamma = 1.4$

Dobbiamo calcolare ora la Temperatura T_C, e tal fine osserviamo che

$$T_2 = T_C = \frac{P_C V_C}{nR} \qquad \text{con} \qquad nR = \frac{P_A V_A}{T_A} = 4000\ J/°K$$

per cui $\quad T_C = 172\,°K$

Lungo l'isoterma AB avremo

$$L_{AB} = nRT_1 \lg \frac{V_2}{V_1} = 1.7\ 10^6\ J \quad ; \quad \Delta S_{AB} = nR \lg \frac{V_2}{V_1} = 5.5\ 10^3\ J/K$$

lungo l'isocora BC avremo

$$L_{BC} = 0 \qquad\qquad \Delta S_{BC} = nc_V \lg \frac{T_2}{T_1} = -5.5\ 10^3\ J/°K$$

lungo l'adiabatica CA avremo

$$L_{CA} = nc_V(T_C - T_A) = -1.28\ 10^6\ J \quad ; \quad \Delta S_{AC} = 0$$

ed in totale lungo tutto il ciclo

$$L = (1.7 - 1.3)\ 10^6\ J = 0.4\ 10^6\ J$$

$\Delta S = 0$ essendo il ciclo reversibile.

24 Una mole di gas perfetto monoatomico alla Temperatura $T_0 = 300\ °K$ esegue la trasformazione:

$$V = V_0\, e^{k(T - T_0)} \qquad k = 10^{-2}\ °K$$

Calcolare il calore scambiato quando il volume raddoppia

(Ing 6.5.92)

– $V_f = 2V_0 = V_0\, e^{k(T_f - T_0)} \Rightarrow \lg 2 = k(T_f - T_0)$

$$T_f = T_0 + \frac{\lg 2}{k} = 369.3\ °K$$

$$\delta Q = p\,dV + n c_v\, dT \qquad p = \frac{nRT}{V}$$

$$\delta Q = nRT \frac{dV}{V} + n c_v\, dT \qquad \frac{dV}{V} = k\, dT$$

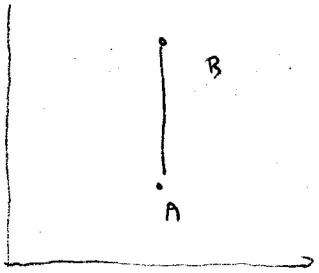
$$\delta Q = nRTk\, dT + n c_v\, dT$$

$$\Delta Q = n c_v (T_f - T_i) + nRk \int_{T_0}^{T_f} T\, dT =$$

$$\Delta Q = n c_v \frac{\lg 2}{k} + \frac{nRk}{2}\left(T_f^2 - T_0^2\right) = 2812\ J$$

25 Un volume di 10 l di gas perfetto monoatomico subisce una compressione isocora corrispondente ad un aumento di pressione di $10^6\ N/m^2$. Calcolare la quantità di calore scambiata con l'ambiente

— $\Delta Q = \Delta L + \Delta U$ con $\Delta L = 0$



Dall'equazione di stato avremo

$$T_B = P_B V_A \frac{1}{nR}$$

$$T_A = P_A V_A \frac{1}{nR}$$

$$\Delta Q = n C_v (T_B - T_A) = \frac{3}{2} V_0 (P_B - P_A) = 1.5\ 10^4\ J$$

26 Una massa di gas perfetto biatomico alla pressione $p_0 = 2\,10^6\ N/m^2$ è contenuta in un cilindro adiabatico munito di un pistone avente una superficie $S = 100\ cm^2$. Sul fondo del cilindro è posto un resistore che dissipa una potenza $W = 20$ watt. Supponendo che il resistore venga alimentato per un tempo $\Delta t = 5^m\ 50^s$ e che il gas subisca una trasformazione isobara, calcolare l'innalzamento del pistone al raggiungimento del nuovo stato di equilibrio

— La trasformazione è un'adiabatica - isobara per cui:

$$\Delta Q = \Delta L + \Delta U \quad \rightarrow \quad \Delta L = - \Delta U \qquad \Delta U = n C_v \Delta T = \frac{C_v}{R} P_0 \Delta$$

con $\Delta V = S \cdot \Delta x$, $C_v = \frac{5}{2} R$.

Il lavoro netto è dato da quello fornito all'esterno dal gas e da quello ricevuto dal resistore nel tempo Δt ossia:

$$\Delta L = P_0 \Delta V - W \Delta t$$

$$\Delta x = \frac{W \Delta t}{P_0 S \left(\frac{C_v}{R} + 1 \right)} = 0.1\ m$$