

**Esercizio 1:** Si consideri un sistema costituito da 0.160 moli di gas perfetto monoatomico, contenuto in un cilindro di sezione  $0.0380 \text{ m}^{-2}$ . Il cilindro è chiuso da un pistone di massa 1.70 kg e il pistone è bloccato da un chiodo in una posizione tale per cui il volume del gas è  $0.650 \text{ m}^3$ . La temperatura del gas è inizialmente 380 K. Si trascuri la pressione atmosferica. Si mette adesso il contenitore in contatto termico con una sorgente esterna. Nell'ipotesi in cui il contenitore possa scambiare calore solo con la sorgente, determinare:

- $$\Delta S \text{ [J/K]} = \boxed{1.46} \quad \text{A } \boxed{4.13} \quad \text{B } \boxed{21.0} \quad \text{C } \boxed{18.3} \quad \text{D } \boxed{1.46} \quad \text{E } \boxed{5.93}$$

Quando la temperatura del gas è pari a 470 K, si mette il contenitore in contatto termico con un termostato alla stessa temperatura. Si toglie il chiodo che bloccava il pistone e il sistema raggiunge un nuovo stato di equilibrio. Determinare:

- $\Delta S_{term}$  [J/K] =  A  B  C  D  E

- $L_{max}$  [J] =     A     B     C     D     E

$$1) \Delta S = n C_V \ln \frac{T_f}{T_o}$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta U &= Q - P = Q_{in} \\ &\quad \text{" } 0 \text{ (V constant)} \\ \Delta U &= n C_v (T_f - T_0) \end{aligned} \right\} \Rightarrow T_f = T_0 + \frac{Q_{in}}{n C_v}$$

$$\Rightarrow \Delta S = n C_V \ln \left( 1 + \frac{Q_{\text{rev}}}{n C_V T_0} \right)$$

2) Trasformazione isoterma irreversibile da  $T_1, V_0$  a  $T_1, V_1$  con

$$V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} = \frac{nRT_1 S}{mg}$$

$$\Delta U_{\text{gas}} = 0 = Q_{\text{gas}} - L_{\text{gas}} = Q_{\text{gas}} + L_{\text{st}}$$

$$Q_{\text{gas}} = -P_{\text{ext}} = - \left[ -mg(h_1 - h_0) \right] = mg \frac{V_1 - V_0}{S}$$

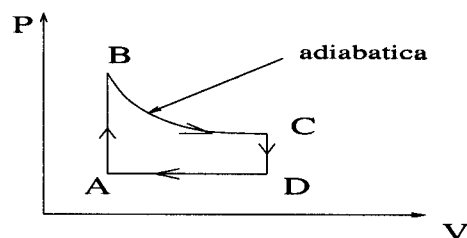
$$Q_{\text{gas}} = -Q_{\text{song}} \Rightarrow Q_{\text{song}} = -\frac{mg}{s}(v_1 - v_0) = -nRT_1 + \frac{mgv_0}{s} \Rightarrow$$

$$\Delta S_{\text{saig}} = \frac{Q_{\text{saig}}}{T_1} = -nR + \frac{mgV_0}{ST_1}$$

$$3) \quad L_{\text{max}} = L_{\text{tr. rev}} = Q_{\text{rev}} = T_1 \Delta S_{\text{gas}}$$

$$= T_1 nR \ln \frac{V_1}{V_0} = nRT_1 \ln \left( \frac{nRT_1 S}{mgV_0} \right)$$

**Esercizio 2:** Un sistema costituito da 0.300 moli di gas perfetto biatomico sono contenuti in un cilindro di sezione  $0.0220 \text{ m}^2$ , e sono inizialmente alla temperatura 290 K. Il volume iniziale occupato dal gas è di  $0.500 \text{ m}^3$ . Il sistema esegue il seguente ciclo di trasformazioni reversibili (vd. figura): dallo stato iniziale A si passa ad uno stato B con una trasformazione a volume costante, e la nuova pressione del gas è 3.20 volte quella dello stato iniziale. Dallo stato B, si esegue una espansione adiabatica, fino a che il volume nel nuovo stato C è 1.80 volte quello dello stato iniziale. Infine si esegue una trasformazione isocora, che porta la pressione ad essere quella dello stato iniziale. Il ciclo si chiude con una trasformazione isobara. Determinare:



1. il lavoro totale fatto dal sistema nel ciclo (5,0)

$L [J] = \boxed{633}$  A  $\boxed{633}$  B  $\boxed{1160}$  C  $\boxed{78.8}$  D  $\boxed{667}$  E  $\boxed{116}$

2. la variazione di entropia del sistema nella trasformazione AB (5,0)

$\Delta S_{AB} [J/K] = \boxed{7.25}$  A  $\boxed{3.78}$  B  $\boxed{2.64}$  C  $\boxed{3.33}$  D  $\boxed{10.3}$  E  $\boxed{7.25}$

Si supponga adesso che la trasformazione adiabatica BC sia sostituita con una espansione adiabatica irreversibile BC', e il volume in C' sia uguale al volume in C dei punti precedenti. Tale trasformazione è eseguita dal gas agendo contro una forza esterna costante pari a  $44.0 \text{ N}$ . Determinare:

3. la variazione di entropia nella trasformazione BC' (5,0)

$\Delta S_{BC'} [J/K] = \boxed{0.538}$  A  $\boxed{4.82}$  B  $\boxed{0.678}$  C  $\boxed{0.538}$  D  $\boxed{8.01}$  E  $\boxed{0.735}$

$$1) \quad \underset{\Delta U=0}{L_{\text{tot}} = Q_{\text{tot}}} = m c_v (T_B - T_A) + m c_v (T_D - T_C) + m c_p (T_A - T_D)$$

$T_A$  nota,  $\frac{P_B}{P_A} = x$  nota,  $\frac{V_C}{V_A} = \eta$  nota  
 $T_B = x T_A$

$$T_C V_C^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1} = T_B V_A^{\gamma-1} = x T_A V_A^{\gamma-1}$$

$$\Rightarrow T_C = x T_A \left( \frac{V_A}{V_C} \right)^{\gamma-1} = x T_A \eta^{1-\gamma}$$

$\eta = \frac{V_C}{V_A}$

$$T_D = \frac{V_D}{V_A} T_A = \eta T_A$$

$$\Rightarrow L_{\text{tot}} = m c_v T_A (x-1) + m c_v T_A (\eta - x \eta^{1-\gamma}) + m c_p T_A (1-\eta)$$

$$2) \Delta S_{AB} = n C_v \ln \frac{T_B}{T_A} = n C_v \ln x$$

$$\begin{aligned} 3) \Delta S_{BC'} &= \Delta S_{BA} + \Delta S_{AD} + \Delta S_{DC'} \\ &= n C_v \ln \frac{T_A}{T_B} + n C_p \ln \frac{T_D}{T_A} + n C_v \ln \frac{T_{C'}}{T_D} \\ &= -n C_v \ln x + n C_p \ln \eta + n C_v \ln \frac{T_{C'}}{T_D} \end{aligned}$$

Devo trovare  $T_{C'}$ :

$$\text{Su } BC' \quad Q=0 \Rightarrow \Delta U = \mathcal{L}_{\text{ext}} \Rightarrow n C_v (T_{C'} - T_B) = -F_{\text{ext}} \left( \frac{V_{C'} - V_B}{S} \right)$$

$$\Rightarrow T_{C'} = T_B - \frac{F_{\text{ext}}}{n C_v} \frac{\eta V_A - V_A}{S} = x T_A - \frac{F_{\text{ext}} V_A}{n C_v S} (\eta - 1)$$

$$\begin{aligned} \Delta S_{BC'} &= -n C_v \ln x + n C_p \ln \eta \\ &\quad + n C_v \ln \left( \frac{x}{\eta} - \frac{F_{\text{ext}} V_A}{n C_v S \eta T_A} (\eta - 1) \right) \end{aligned}$$