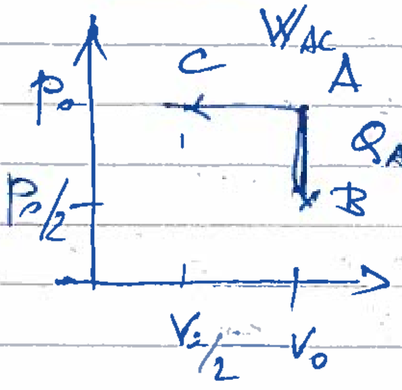
Pb. 1



AB: $W_{AB} = 0$ $\quad Q_{AB} = \Delta U = nC_v \Delta T_{AB}$

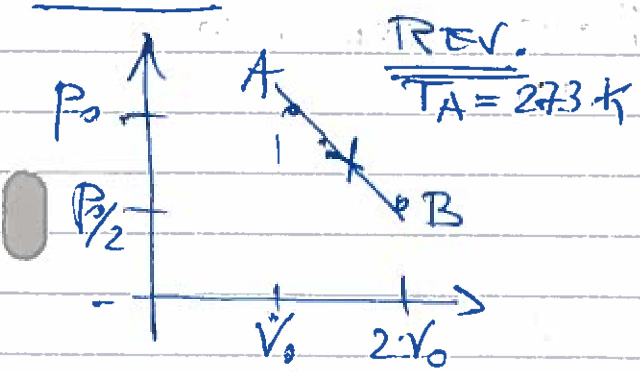
AC: $\underbrace{W_{AC} = p_0 \Delta V_{AC} = nR\Delta T_{CA}}_{\text{isobara}}$

$W_{AC} = n(C_p - C_v)\Delta T_{AC}$

i punti B e C appartengono alla stessa isoterma $\quad p_0 \frac{V_0}{2} = \frac{p_0}{2} V_0 \quad T = T_A/2$

$$W_{AC} = nC_v(\gamma - 1)\Delta T_{AB} = (\gamma - 1) Q_{AB}$$

Pb. 2



$T_A = T_B$; i punti appartengono allo stesso isoterma $\quad p_0 V_0 = \frac{p_0}{2}(2V_0)$

dunque $\Delta U = 0$

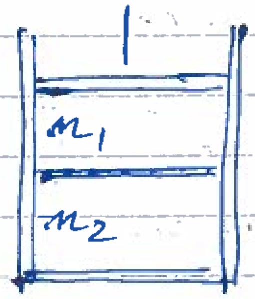
$$Q = W = \int_{V_0}^{2V_0} p\,dV = \text{Area del trapezio}$$

$$= \frac{1}{2}\left(p_0 + \frac{p_0}{2}\right)V_0 = \frac{3}{4} p_0 V_0 = \frac{3}{4} nRT$$

$$= \frac{3}{4} \cdot 2 \text{ mol } 8.31 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1} \cdot 273 \text{ K}$$

$= 3.4 \times 10^3$ J > 0 calore assorbito

Pb. 3



- $n_1 = n_2 = n$
- setto diatermico
- recipiente adiabatico

Espansione con lavoro W

Trovare T_f a partire di T_i in funzione di W per

a) gas monoatomici

b) n_1 monoatomico, n_2 biatomico

Poiché recipiente adiabatico, scambi interni con -

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0$$

Inoltre $Q_2 = \Delta U_2$ ($W_2 = 0$ volume cost.)

$Q_1 = \Delta U_1 + W$

$$\Delta U_1 + \Delta U_2 + W = 0$$

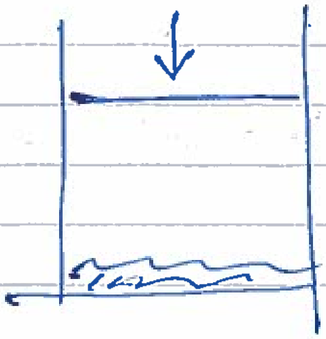
$$n_1 c_{V_1} \Delta T + n_2 c_{V_2} \Delta T = -W$$

ΔT è comune poiché il sistema alla fine e all'inizio è in equilibrio termico -

a) $2n \frac{3}{2} R (T_f - T_i) = -W \Rightarrow T_f = T_i - W/3nR$

b) $n\left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2}\right) R (T_f - T_i) = -W \Rightarrow T_f = T_i - W/4nR$

Pb. 4



Contenitore adiabatico

$n = 3$ mol gas monoatomico

$m_g = 1$ g

Compressione rev. (stati quasi equilibrio)

$t_f = +5\ °C$

$t_i = -10\ °C$

a) Variazione dell'en. interna del gas

$$\Delta U = n\, c_V\, \Delta T$$

$$= 3 \cdot \frac{3}{2} R\, \Delta T = \frac{9}{2} \cdot 8{,}31 \cdot 15\ J =$$

$$\simeq 561\ J$$

b) $Q = 0$, ma il gas cede calore al sistema ghiaccio acqua -

$$Q = \Delta U_{acqua\ ghiaccio} = c_1 \Delta T_1 + \lambda m_g + c_2 \Delta T_2$$

con $c_1 \Delta T_1 = 2{,}09\ kJ/K\,kg \cdot 10^{-3}\ kg \cdot 10\ K = 20{,}9\ J$

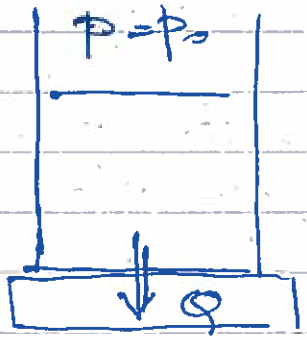
$\lambda m_g = 330\ kJ/kg \cdot 10^{-3}\ kg = 330\ J$

$c_2 \Delta T_2 = 4{,}18\ kJ/K\,kg \cdot 10^{-3}\ kg \cdot 5 = 20{,}9\ J$

$$Q = 372\ J$$

$$W_{TOT} = -|Q| - \Delta U = -(372 + 561)\ J = 933\ J$$

Pb. 6



$p_0 = 1{,}013 \times 10^5\ Pa$

$T_0 = 350\ K$

$V_0 = 5\ l$

O_2 nel ~~pistone~~ cilindro

$|Q| = 160\ J$

Trasf. reversibile con $p_{ext} = p_0$

a) V finale, T finale   b) ΔU e W

---

a) Compressione diatermica isobarica

$$Q = n C_p \Delta T = n C_p (T_F - T_i)$$

$$n = \frac{p_0 V_0}{R T_0} = 0{,}174\ \text{moli}$$

$$C_p = \frac{7}{2} R = 29{,}1\ J/K$$

$$T_F = T_i - \frac{|Q|}{n C_p}$$

▶ $T_F = 318{,}4\ K$ $\Delta T = 31.6\ K$

▶ $V_F = V_i \frac{T_F}{T_i} = 4{,}55\ l$ (Eq. di stato)

b) $\Delta U = n C_V \Delta T = n \frac{5}{2} R \Delta T$

$= 0{,}174 \text{ mol } \frac{5}{2} 8{,}31 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot 31{,}6 \text{ K}$

$\rightarrow \quad = -114{,}2 \text{ J}$

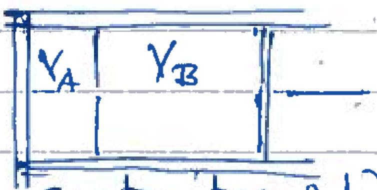
$W = nR\Delta T = 0.174 \text{ mol} \cdot 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{mol}^{-1} \cdot 31.6 \text{ K}$

$\rightarrow \quad = -45.8 \text{ J}$ (oppure $W = p\Delta V$)

Controllo: $\Delta U = Q - W$

$$-114.2 \text{ J} = \underbrace{-160 \text{ J}}_{\text{ceduto all'amb.}} - \underbrace{(-45.8) \text{ J}}_{\text{L. compiuto dal sistema}} \quad \text{OK}$$

Prob. 7



contenitore adiabatico

$n = 1{,}0$ mol monoatomico
$V_A = 1{,}0$ l
$V_B = 3{,}0$ l – vuoto
$T_i = 300{,}0$ K

Trasf. 1) Espansione libera $V_A \rightarrow V_A + V_B$
2) Compressione reversibile $V_A + V_B \rightarrow V_A$

Trovare T_f, ΔU e W

a) 1) Esp. libera $\Longrightarrow$ adiab. irreversibile
e sistema $\Delta T = 0$
T_i = cost

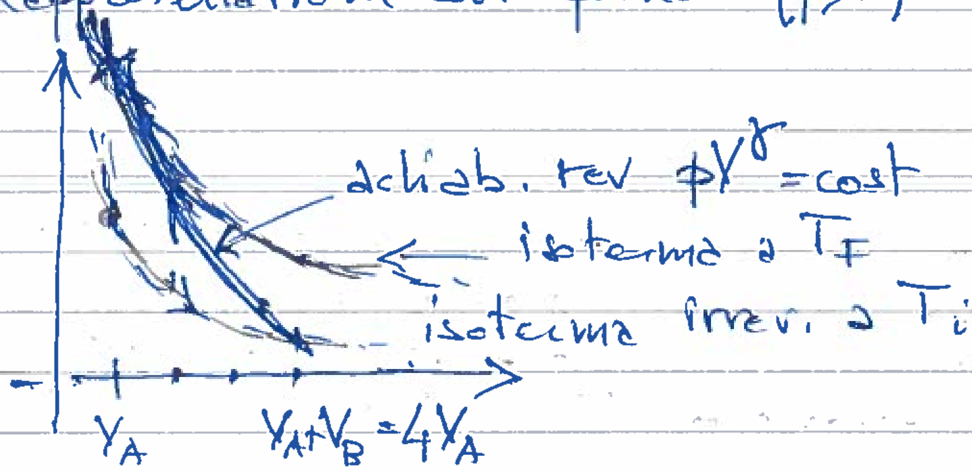
2) Compressione adiabatica reversibile - stati di equilibrio $pV^{\gamma} = \text{cost}$ o $TV^{\gamma-1} = \text{cost}$
con $\gamma = \frac{5}{3}$ e $\gamma - 1 = \frac{2}{3}$

da $V_A + V_B \longrightarrow V_A$: $T_i (V_A + V_B)^{\gamma-1} = T_F V_A^{\gamma-1}$

$$T_F = T_i \left(\frac{V_A + V_B}{V_A}\right)^{\gamma-1}$$

$$= 300\,K\,(4)^{2/3} = 756.0\,K$$

Rappresentazione sul piano (p,V)



b) $\Delta U = n C_V \Delta T = 1.0\,\text{mol}\,\frac{3}{2}\,8.31\,J\,\text{mol}^{-1}K^{-1}(756-300)\,K$

$= 5.68\,kJ$

$W = -\Delta U$ $\quad (Q = 0)$

Pb. 8

$p_A = 1{,}013 \times 10^5$ Pa

$V_A = 8{,}0$ ℓ $\qquad n = 1{,}0$ mol

monoatomico.

$V_B = 2{,}0$ ℓ

Trasformazione politropica con $VT = \text{cost}$

calcolare W, Q e ΔU.

$$T_A = p_A V_A / nR = 97.5 \text{ K}$$

$$V_A T_A = V_B T_B \longrightarrow T_B = \frac{V_A}{V_B} T_B = 390{,}0 \text{ K}$$

1) $\Delta U = n C_V \Delta T$

$$= 1.0 \cdot \frac{2}{3} \cdot 8{,}31 \left(390 - 97{,}5\right) \text{ J} = 1{,}62 \text{ kJ}$$

2) $W = \int_{V_A}^{V_B} p\,dV$ $\qquad$ ~~poiché~~

poiché $VT = \text{cost}$ e la trasf. avviene attraverso stati di equilibrio $pV = nRT$. Sostituendo T, la politropica nel piano pV è:

$$VT = \text{cost} \qquad V \frac{pV}{nR} = \text{cost} \implies pV^2 = \text{cost}$$

ossia $p = \dfrac{\text{cost}}{V^2}$

Possiamo fissare il valore della costante dello stato finale : $pV^2 = p_A V_A^2 \Longrightarrow p = \frac{p_A V_A^2}{V^2}$

Quindi per il lavoro abbiamo:

$$W_{AB} = \int_{V_A}^{V_B} p\,dV = p_A V_A^2 \int_{V_A}^{V_B} \frac{dV}{V^2}$$

$$= p_A V_A^2 \left[\frac{1}{V_A} - \frac{1}{V_B} \right]$$

$$= p_A V_A \left[1 - \frac{V_A}{V_B} \right]$$

$$= 1{,}013 \times 10^5\,\text{Pa} \cdot 8.0 \times 10^{-3}\,\text{m}^3 \left[1 - \frac{8{,}0}{2{,}0} \right]$$

$$= -2{,}43\ \text{J}$$

[< 0 - compressione
lavoro compiuto sul sistema]

3) $\Delta U = Q - W$

$$Q = \Delta U + W = 1{,}62\,\text{J} - 2{,}43\,\text{J} = -0{,}81\,\text{J}$$

calore ceduto