N.B. Non si può usare $\delta Q = n c \, dT$ per tr. isoterma

perché deriva da $C = \frac{1}{n} \frac{\delta Q}{dT}$ sarebbe 0 in un isoterma

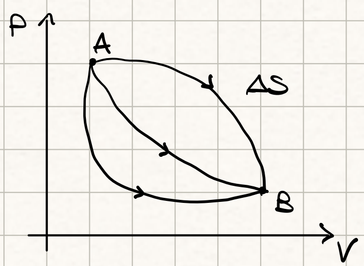
ENTROPIA

S [J/K] = coordinata termodinamica (P, V, T, S)

↳ servono 3 per trovare il 4°

$dS = \frac{\delta Q}{T}$; $\Delta S = \int_{rev.} \frac{\delta Q}{T}$; $\int_{irr.} \frac{\delta Q}{T} < \Delta S$

- è una funz. di stato (ΔS dipende solo da stato iniz. e finale)



- var. intensiva (cresce con la dimensione del sistema)
- $\Delta S_U \geq 0 = \Delta S_{sist} + \Delta S_{amb}$

$$\boxed{\Delta S = n c_V \ln \frac{P_f}{P_i} + n c_p \ln \frac{V_f}{V_i} = nR \ln \frac{V_f}{V_i} + n c_V \ln \frac{T_f}{T_i} = nR \ln \frac{P_i}{P_f} + n c_p \ln \frac{T_f}{T_i}}$$

1) $m = 10\,kg$

$T_1 = 12°C$

$T_2 = 27°C$

? ΔS_U

$c_g = 2{,}38 \cdot 10^3\ J/kg\,K$

$\Delta S_U = \Delta S_g + \Delta S_T$

sistema ↳ sorgente (termostato)

$Q_g = m c_g \Delta T = m c_g (T_2 - T_1) = 3{,}57 \cdot 10^5\ J$

calore ceduto dal termostato

$Q_g + Q_T = 0$ → perché sistema isolato

calore assorbito da glicerina

$\Rightarrow Q_g = -Q_T$

$$\Delta S_g = \int_{T_1 \, REV}^{T_2} \frac{\delta Q}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m c_g \, dT}{T} = m c_g \ln \frac{T_2}{T_1}$$

bisogna considerare una trasf. rev. equivalente (non sappiamo se è revers.)

$\delta Q = m c_g \, dT$ calore scambiato in una trasf. rev. equival.

$$\Delta S_T = \int_{REV} \frac{\delta Q}{T_2} = \frac{1}{T_2}\int \delta Q = \frac{1}{T_2} Q_T$$

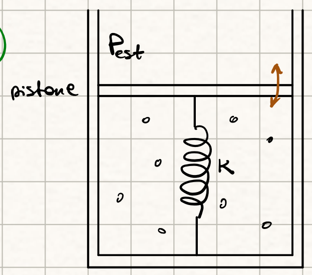
calore ceduto dal termostato

considera un ISOTERMA equivalente (stesso stato iniziale, stesso stato finale)

$$\rightarrow \Delta S_U = \Delta S_g + \Delta S_T = m c_g \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - \frac{m c_g (T_2 - T_1)}{T_2} = \boxed{30{,}75\ J/K}$$

perché $Q_T = -Q_g$

2)



$V_0 = 20\ dm^3$
$n = 1\ mol\ (He)$
He = monoatomico
$l_0 = 0$
$\Delta T = 100°C$
$T_0 = 25°C$

$Q = 2kJ$

? ΔV
? ΔS

IRREVERSIBILE

EQUILIBRIO MECCANICO : $\Sigma F_{pist.} = 0$

① Forze: $P_0 S = P_{est} \cdot S + F_{el}^{(i)}$ (iniziale) $\rightarrow P_0 V_0 = nRT_0$

(S superficie)

② $P_1 S = P_{est} \cdot S + F_{el}^{(f)} \rightarrow P_1 V_1 = nRT_1$

$/S$

$$\begin{cases} P_0 = P_{est} + \frac{F_{el}^{(i)}}{S} \rightarrow P_0 V_0 = nRT_0 \\ P_1 = P_{est} + \frac{F_{el}^{(f)}}{S} \rightarrow P_1 V_1 = nRT_1 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \left(P_e + \frac{F_e^{(i)}}{S}\right) V_0 = nRT_0 \\ \left(P_e + \frac{F_e^{(f)}}{S}\right) V_1 = nRT_1 \end{cases}$$

$F_{el}^i = kh_0$; $F_{el}^f = kh_1$
$V_0 = S \cdot h_0$; $V_1 = S \cdot h_1$

$$\rightarrow \left.\begin{aligned} \left(P_e + \frac{kh_0}{S}\right) S h_0 = nRT_0 \\ \left(P_e + \frac{kh_1}{S}\right) S h_1 = nRT_1 \end{aligned}\right\} \ominus \rightarrow nR(T_1 - T_0) = P_e(V_1 - V_0) + k(h_1^2 - h_0^2) \quad (3)$$

$Q = \mathcal{L} + \Delta U$ * ; $\Delta U = n c_v \Delta T$ (2)

$\rightarrow \delta \mathcal{L} = p_{est} dV + \underline{\underline{dU_{el}}}$

!! potenziale elastico della molla

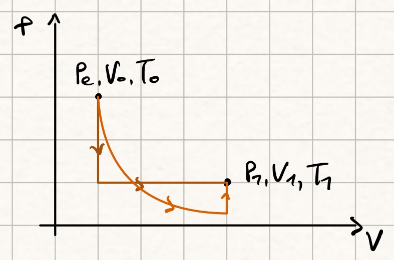
$\rightarrow \mathcal{L} = p_e \Delta V + \frac{1}{2} k (h_1^2 - h_0^2)$ (1)

(1) (2) $\rightarrow$ * : $Q = p_e \Delta V + \frac{1}{2} k (h_1^2 - h_0^2) + n c_v \Delta T$ (4)

(3) : $k(h_1^2 - h_0^2) = nR\Delta T - p_e \Delta V$ $\rightarrow$ (4) : $Q = p_e \Delta V + \frac{1}{2} nR\Delta T - \frac{1}{2} p_e \Delta V + n \underset{=}{c_v}\Delta T$ (monoat. $\frac{3}{2}R$)

$= \frac{1}{2} p_e \Delta V + 2nRT$

$\Rightarrow \Delta V = \frac{2}{p_{at}}(Q - 2nR\Delta T) = 6,7 \cdot 10^{-3}\, m^3 = 6,7\, dm^3 \simeq 6,7\, \ell$



per trovare la variaz. di entropia da stato iniziale a stato finale usiamo tr. rev. eq. : isoterma + isocora

① ISOTERMA: $V_0 \rightarrow V_0 + \Delta V$

$$\Delta S_1 = \int_{rev.} \frac{\delta Q}{T} \underset{\delta Q = \delta L + dU}{=} \int \frac{p\,dV}{T} = \int \frac{nR\cancel{T}}{V} \frac{dV}{\cancel{T}} = nR \ln\left(\frac{V_0 + \Delta V}{V_0}\right)$$

($\delta L = \int p\,dV$, $dU = 0$)

② ISOCORA : $V_0 + \Delta V \rightarrow$ cost

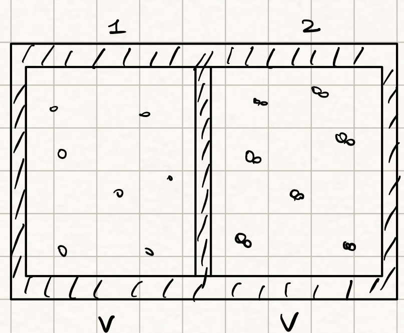
$T_0 \rightarrow T_0 + \Delta T$

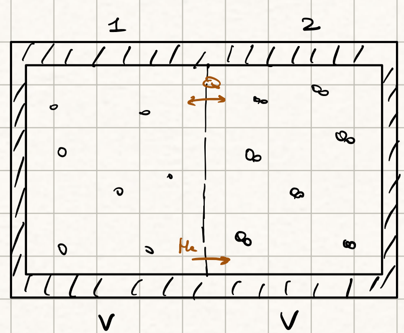
$$\Delta S_2 = \int_{Rev.} \frac{\delta Q}{T} = \int_{Rev.} \frac{n c_v dT}{T} = n c_v \ln\left(\frac{T_0 + \Delta T}{T_0}\right)$$

$\delta Q = \delta L + dU$, $\delta L = 0$

$\Rightarrow \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 \simeq 6\ J/K$

4)





$n_1 = 1 mol$ (He)

$T_1 = 445 K$

$n_2 = n_1 = 1 mol$ (N_2)

$T_2 = 280 K$

? T_{eq}

? ΔS

GAS PERFETTI $\rightarrow$ non interagiscono tra loro (Legge Dalton)

$R = 2\, cal/mol \cdot K$

SIST. ISOLATO : $Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow Q_1 = -Q_2$

$Q_2 = \underset{\Delta V_2 = 0}{\cancel{L_2}} + \Delta U_2 = n_2 \underset{\text{biatomico } \frac{5}{2}R}{c_{v_2}} (T_{eq} - T_2)$

$Q_1 = \cancel{L_1} + \Delta U_1 = n_1 \underset{\text{mono } \frac{3}{2}R}{c_{v_1}} (T_{eq} - T_1)$

He $\rightarrow$ esp. libera : $\delta L_1 = \underset{0}{p_e} dV_1$

$$\Rightarrow T_{eq} = \frac{n_1 c_{v1} T_1 + n_2 c_{v2} T_2}{n_1 c_{v1} + n_2 c_{v2}} = \frac{3T_1 + 5T_2}{8} = \boxed{342\ K}$$

$$\Delta S = \underset{He}{\Delta S_1} + \underset{N_2}{\Delta S_2}$$

$$\Delta S_2 = \int_{Rev.} \frac{\delta Q}{T} \underset{\delta Q = \cancel{\delta L} + dU}{=} \int n c_v \frac{dT}{T} = n_2 c_{v_2} \ln\left(\frac{T_{eq}}{T_2}\right)$$

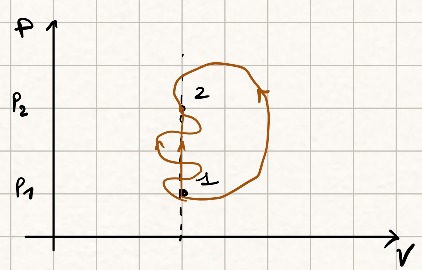
(esp. libera)
↳ irrev. $\Rightarrow$ trasf. rev. eq. : ISOCORA $\quad \Delta V = 0$, $\; T_2 \rightarrow T_{eq}$

$$\Delta S_1 = \int_{Rev} \frac{\delta Q}{T} = n_1 R \ln\left(\frac{2V}{V}\right) + n_1 c_{v_1} \ln\left(\frac{T_{eq}}{T_1}\right)$$

↳ tr. rev. eq: ISOTERMA + ISOCORA
$V \rightarrow 2V \qquad T_1 \rightarrow T_{eq}$

$$\Rightarrow \Delta S = n_2 c_{v_2} \ln\left(\frac{T_{eq}}{T_2}\right) + n_1 R \ln\left(\frac{2V}{V}\right) + n_1 c_{v_1} \ln\left(\frac{T_{eq}}{T_1}\right) = 1{,}6\ cal/K = \boxed{6{,}7\ J/K}$$

6) $n = 2$ mol
$p_1 = 10^6$ Pa
$V_1 = 5\ \ell$
"una trasform."
gas monoat.
$P_2 = 3P_1$
$V_2 = V_1$



Quali si possono trovare
1) L → NO $<^{Rev.}_{irrev.}$ perché lavoro ≠ funz. di stato
2) ΔU → Sì perché è funz. di stato, e noi conosciamo st. ini e final.
3) Q → NO perché non sappiamo nulla sulla trasf.
4) ΔS → Sì perché funz. di st.

! conoscendo solo lo stato iniziale e lo stato finale possiamo trovare solo funzioni di stato

- $\Delta U = n c_v (T_2 - T_1) = \cancel{n} c_v \left(\frac{P_2 V_2}{\cancel{n} R} - \frac{P_1 V_1}{\cancel{n} R}\right) = 15\ kJ$

- $\Delta S = \int_{REV} \frac{\delta Q}{T} = \int \frac{n c_v dT}{T} = n c_v \ln\left(\frac{P_2 \cancel{V_2}}{P_1 \cancel{V_1}}\right) = 27{,}4\ J/K$

ISOCORA