#10.1

	H_2O	SCIROPPO
T. INIZIALE	$T^0_{H_2O} = 8°C$	$T^0_S = 35°C$
CALORE SPECIFICO	$C_{H_2O} = 4186\ J/(Kg \cdot K)$	$C_S = 0{,}57 \frac{cal}{g \cdot K} = 0{,}57 \cdot \frac{4{,}186\ J}{10^{-3} Kg \cdot K} \simeq 2386 \frac{J}{Kg\,K}$
MASSA	$m_{H_2O} = V_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O} = 0{,}5\,\cancel{\ell} \cdot 1\,Kg/\cancel{\ell} = 0{,}5\,Kg$	$m_S = V_S \cdot \rho_S = 1{,}32 \frac{g}{\cancel{ml}} \cdot 80\,\cancel{ml} = 0{,}106\,Kg$

(a) $\underset{\substack{\uparrow \\ H_2O}}{Q_{ASS}} + \underset{\substack{\uparrow \\ S}}{Q_{CED}} = 0$ ← PER FARE QUESTO CONSIDERIAMO ACQUA + SCIROPPO SISTEMA ISOLATO.

$\Rightarrow m_{H_2O} C_{H_2O} (T_e - T^0_{H_2O}) + m_S C_S (T_e - T^0_S) = 0$ $\quad$ T_e = temperatura dell'equilibrio

$$\Rightarrow \boxed{T_e = \frac{m_{H_2O} C_{H_2O} T^0_{H_2O} + m_S C_S T^0_S}{m_{H_2O} C_{H_2O} + m_S C_S}} \simeq 10{,}9°C$$

(b) $\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T}$

VARIAZIONE INFINITESIMA DI CALORE PER ENTRAMBI I CORPI È $\delta Q = mc\,dT$

$T(K) = T(°C) + 273{,}15$

$$\Rightarrow \Delta S = \int_{T_i}^{T_f} \frac{mc\,dT}{T} \underset{\substack{\downarrow \\ \text{SUPPONGO } C = \text{cost}}}{=} mc \int_{T_i}^{T_f} \frac{1}{T} dT = mc(\ln T_f - \ln T_i) = mc \ln \frac{T_f}{T_i}$$

→ NB: qui ci vuole T ASSOLUTA!

$T^0_{H_2O} = 281{,}15 K$ $\quad$ $T_e = 284{,}05 K$

$T^0_S = 308{,}15 K$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta S_{H_2O} = m_{H_2O} C_{H_2O} \ln \frac{T_e}{T^0_{H_2O}}} = +21{,}5\ J/K$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta S_S = m_S C_S \ln \frac{T_e}{T^0_S}} = -20.6\ J/K$$

NB: $\Delta S_U = \Delta S_{H_2O} + \Delta S_S \geq 0$ (II principio TD).

$= +0{,}9\ J/K$

(c) Se aggiungo ghiaccio a 0°C esso assorbe calore pari a $Q_f = m_g L_f + m_g c_{H_2O}(T_e - T_g^0)$ una volta che fonde, è acqua liquida!

necessario per fondere — necessario per portarsi all'equilibrio termico

Questa volta $T_e = 2°C$

	H_2O (liquida)	SCIROPPO	GHIACCIO
T. INIZIALE	$T^0_{H_2O} = 10{,}9°C$	$T^0_S = 10{,}9°C$	$T^0_g = 0°C$
CALORE SPECIFICO	$c_{H_2O} = 4186\ J/(kg \cdot K)$	$c_S = 2386 \frac{J}{kg\,K}$	NON SERVE
MASSA	$m_{H_2O} = 0{,}5\ kg$	$m_S = 0{,}106\ kg$	?

NB: $L_f = 80 \frac{cal}{g} = 80 \cdot \frac{4{,}186\ J}{10^{-3}\ kg} = 3{,}35 \cdot 10^5 \frac{J}{kg}$

$$\underset{g}{Q_{ASS}} + \underset{H_2O+S}{Q_{CED}} = 0$$

$T^0_{H_2O} = T^0_S = T^0_{H_2O+S}$ uguali

$$m_g\left[L_f + c_{H_2O}(T^e - T_g^0)\right] + m_{H_2O} c_{H_2O}(T^e - T_0^{H_2O}) + m_S c_S (T^e - T_S^0) = 0$$

$$\Rightarrow m_g = \frac{(T^0_{H_2O+S} - T^e)(m_{H_2O} c_{H_2O} + m_S c_S)}{L_f + c_{H_2O}(T^e - T_g^0)} = 0{,}06\ kg$$ massa del ghiaccio che occorre

$$\Rightarrow V_g = \frac{m_g}{\rho_g} = 6{,}6 \cdot 10^{-5}\ m^3$$ VOL. CHE OCCORRE

VOLUME DI UN CUBETTO $v = \ell^3 = 8 \cdot 10^{-6}\ m^3$ ($\ell = 0{,}02\ m$)

$\Rightarrow$ # CUBETTI CHE OCCORRONO $N = \frac{V_g}{v} = 8{,}25$ QUINDI SERVONO ALMENO 9.

(d) $\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T}$ QUI $\int \delta Q = +m_g L_f$ NON DIPENDE DA T

E T DURANTE LA FUSIONE È COSTANTE

$\Rightarrow \Delta S_g = \int \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T}\int \delta Q = \frac{+m_g L_f}{T_g^0} \simeq +73,5 \ J/K$

$m_g = 0,06 \ kg$ $\quad$ $T_g^0 = 273,15 \ K$

10.2

NB: gas MONOATOMICO: $c_V = \frac{3}{2}R$; $c_p = \frac{5}{2}R$ $\quad$ ($R = 8,31 \ J/(mol \cdot K)$)

(a), (b), (c).

→ trasf. AB → ISOCORA : $\Delta V_{AB} = 0$

- $L_{AB} = 0 \ J$
- $Q_{AB} \overset{V\ cost.}{=} n c_V \Delta T_{AB} = \frac{3}{2} n R (T_B - T_A) = +3,74 \ J$ (assorbito)
- $\Delta E^{int}_{AB} = Q_{AB} + \cancel{L_{AB}} = +3,74 \ kJ$

→ trasf. BC → ADIABATICA

(*) per un gas perfetto è sempre vero che $E^{int} = n c_V T$

- $Q_{BC} = 0 \ J$
- $\Delta E^{int}_{BC} \overset{(*)}{=} n c_V \Delta T_{BC} = \frac{3}{2} n R (T_C - T_B) = -1,81 \ kJ$
- $L_{BC} = \Delta E^{int}_{BC} - \cancel{Q_{BC}} = -1,81 \ kJ$ COMPIUTO DAL SISTEMA

→ trasf. CA → isobara ($\Delta p = 0$)

- $Q_{CA} \overset{p\ cost.}{=} n c_p \Delta T_{CA} = \frac{5}{2} n R (T_A - T_C) = -3,22 \ kJ$ CEDUTO
- $\Delta E^{int}_{CA} = n c_V \Delta T_{CA} = \frac{3}{2} n R (T_A - T_C) = -1,93 \ kJ$
- $L_{CA} = \Delta E^{int}_{CA} - Q_{CA} = 1,29 \ kJ$ SUBITO DAL SISTEMA

→ intero ciclo:
- $\Delta E^{int}_{TOT} = 0 \ J$ (ciclo) (f.d. stato)
- $Q_{TOT} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} = +0,52 \ kJ$
- $L_{TOT} = \cancel{\Delta E^{int}_{TOT}} - Q_{TOT} = -0,52 \ kJ$.

(d) il ciclo è un ciclo termico, perché assorbe calore per dare lavoro:

$$\eta \overset{L_{macc.} = -L_{TOT}}{=} -\frac{L_{TOT}}{Q_{ASS}} = -\frac{L_{TOT}}{Q_{AB}} = -\frac{-0,52\ \cancel{kJ}}{3,74\ \cancel{kJ}} = 0,14 \to 14\%$$

(e) $\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T}$

$\ln T_B - \ln T_A = \ln \frac{T_B}{T_A}$

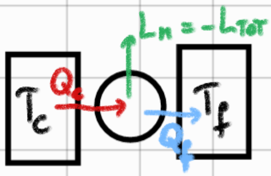
• su AB $\delta Q_{AB} = n c_V \, dT \Rightarrow \Delta S_{AB} = \int_{T_A}^{T_B} \frac{n c_V \, dT}{T} = n c_V \int_{T_A}^{T_B} \frac{dT}{T} = \frac{3}{2} nR \ln \frac{T_B}{T_A} = +8,64 \ J/K$

• su BC $\delta Q_{BC} = 0 \Rightarrow \Delta S_{BC} = 0 \ J/K$

• intero ciclo $\Delta S_{TOT} = 0$ (f.z stato)

• su CA: $\cancel{\Delta S_{TOT}} = \Delta S_{AB} + \cancel{\Delta S_{BC}} + \Delta S_{CA} \Rightarrow \Delta S_{CA} = -\Delta S_{AB} = -8,64 \ J/K.$

#10.3



(a) $\eta = \frac{L_M}{Q_c} \Rightarrow L_M = \overset{0.25}{\eta} Q_c = 250 \ J$

(b) IN UN CICLO DELLA MACCHINA:

$\Delta E^{INT} = 0 \ J$

$Q_{TOT} = Q_c + Q_f$

$\Delta E^{INT} = L_{TOT} + Q_{TOT} = -L_M + Q_c + Q_f$

$\Rightarrow -L_M + Q_c + Q_f = 0 \Rightarrow Q_f = L_M - Q_c = -750 \ J$

IN UN CICLO

$\Delta S_{MACC} = 0$

AMBIENTE È COSTITUITO DALLE SORGENTI CHE ASSORBONO/CEDONO CALORE A T COSTANTE $\to \Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \frac{1}{T} \int dQ = \frac{Q}{T}$

$\Rightarrow \Delta S_{AMB} = \frac{-Q_c}{T_c} + \frac{-Q_f}{T_f} = +0,48 \ J/K$

$\Rightarrow \Delta S_U = \Delta S_{MACC} + \Delta S_{AMB} = +0,48 \ J/K$

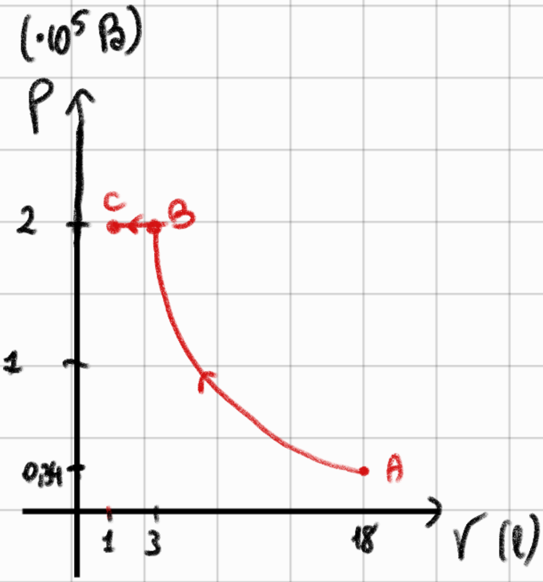
IL SERBATOIO A T_c CEDE CALORE $-Q_c$, IL SERBATOIO A T_f ASSORBE CALORE $+Q_f$

(c) $\eta_C = 1 - \frac{T_f}{T_C} = 0,42$

$L_{MAX} = \eta_C \cdot Q_C = 450 \text{ J}$

#10.4 CO_2 : massa molare : $(\overset{C}{12} + 2\cdot \overset{O}{16})$ g/mol

$\Rightarrow n = \frac{12 \text{ g}}{(12+2\cdot 16) \text{ g/mol}} = 0,273 \text{ mol}$



(a) STATO A:

• $T_A = 0°C = 273,15 \text{ K}$ • $V_A = 18 \ell = 1,8\cdot 10^{-2} \text{ m}^3$

$p_A V_A = nRT_A \Rightarrow \bullet\, p_A = \frac{nRT_A}{V_A} = 3,4\cdot 10^4 \text{ Pa}$

(b) A → B ISOTERMA

→ STATO B:

• $T_B = T_A = 273,15 \text{ K}$

• $p_B = 2 \text{ atm} \simeq 2,03\cdot 10^5 \text{ Pa}$

$p_B V_B = nRT_B \Rightarrow \bullet\, V_B = \frac{nRT_B}{p_B} \simeq 3,06\cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ (3 ℓ)

B → C ISOBARA

→ STATO C:

• $p_C = p_B = 2.03\cdot 10^5 \text{ Pa}$

• $V_C = 1,0 \ell$ ($1\cdot 10^{-3} \text{ m}^3$)

• $T_C = \frac{p_C V_C}{nR} \simeq 89 \text{ K}$

(c) $L_{TOT} = L_{AB} + L_{BC}$ $\quad L = -\int p\, dV$

$\ln V_B - \ln V_A = \ln \frac{V_B}{V_A}$

• AB ISOTERMA $\Rightarrow L_{AB} = -\int_{V_A}^{V_B} p\, dV \underset{pV=nRT}{=} -\int_{V_A}^{V_B} \frac{nRT}{V} dV \overset{T\,cost}{=} -nRT_A \int_{V_A}^{V_B} \frac{1}{V} dV = -nRT_A \ln \frac{V_B}{V_A} = 1,1 \text{ kJ}$

• BC ISOBARA $\Rightarrow L_{BC} = -\int_{V_B}^{V_C} p\, dV \underset{p\,cost}{=} -p_B \int_{V_B}^{V_C} dV = -p(V_C - V_B) = 417 \text{ J}$

$\Rightarrow L_{TOT} = 1514 \text{ J}$

(d) $\Delta E = n c_V \Delta T \Rightarrow \bullet\, \Delta E_{AB} = 0$ (isoterma: $\Delta T = 0$)

gas poliatomici $c_V \simeq 3R$

$\bullet\, \Delta E_{BC} = 3nR(T_C - T_B) = -1,23 \text{ kJ}$ $\quad \Rightarrow \Delta E_{TOT} = -1,23 \text{ kJ}$

(e) $Q_{TOT} = \Delta E^{int}_{TOT} - L_{TOT} = -2{,}74 \text{ kJ}$