Esercizi

Onde Fluidi Termodinamica

TUTORAGGI 2023 - 2024

ARGOMENTI :

- 1, 2 ONDE
- 3, 4 FLUIDI
- 5, 6, 7, 8 TERMODINAMICA

NOTA VERRANNO INSERITI ALLA FINE DEI VARI TUTORAGGI GLI ESERCIZI CHE C'ERANO IN PIÙ NELL' a.a. 2021 - 2022. VERRÀ RIPORTATO TUTTO IL TESTO.

ANNOTAZIONI

ESERCIZI DA CONTROLLARE:

- T2: PUNTO 6 2.5, 2.6
- T3: 3.4 (IL RISULTATO DELLE SOL VECCHIE È: $\sqrt{\frac{2H(S^2-s^2)}{gS^2}}$)
- T5: 5.7, 5.8
- T6: PUNTO 8 6.3; 6.4; DIM 6.5
- T7: 7.3; 7.7
- T8: ORDINI DI GRANDEZZA 8.1; 8.2

TUTORAGGIO 1

1.1 $F = mg \Rightarrow \sigma = \dfrac{F}{e^2}$, $\Delta e = \dfrac{\sigma}{\gamma} L$

1.2 L, $\mu(x) = kx$, τ

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu(x)}} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{\sqrt{\tau}}{\sqrt{\mu}} \Rightarrow \sqrt{\mu}\, dx = \sqrt{\tau}\, dt$$

$$\Rightarrow \sqrt{kx}\, dx = \sqrt{\tau}\, dt \Rightarrow 2\sqrt{k}\, \frac{x^{3/2}}{3} = \sqrt{\tau}\, t$$

PERCORSO $x = L$ IN $t_1 = \dfrac{2}{3}\sqrt{\dfrac{k}{\tau}}\, L^{3/2} = 0,\bar{6}\ s$

1.3 $I = \dfrac{(\Delta p)^2_{MAX}}{2\rho\, c_s}$; $B = 120\, dB = 10 \log\left(\dfrac{I}{I_0}\right) \Rightarrow I = I_0 10^{B/10}$

$$\Rightarrow I_0\, 10^{\frac{B}{10}} = \frac{(\Delta p_{MAX})^2}{2\rho c_s} \Rightarrow \Delta p_{MAX} = \left(2\rho c_s I_0\, 10^{\frac{B}{10}}\right)^{1/2} = 29,22\ Pa$$

1.4 $\xi(x,t) = A\cos(\pi(qx - \varepsilon t))$

CERCO $\xi(x_i, t) \equiv 0 = A\cos(\pi(qx_i - \varepsilon t)) \Rightarrow \cos = 0 \Rightarrow \pi(qx_i - \varepsilon t) = \frac{\pi}{2} + m\pi$

$m \in \mathbb{Z}$

FACCIO LA DIFFERENZA TRA DUE SUCCESSIVI

$\pi(qx_1 - \varepsilon t - qx_2 + \varepsilon t) = m\pi - (m+1)\pi$

$\Rightarrow -q\pi\Delta x = -\pi \Rightarrow \Delta x = 1/q = 50\ m$

$\omega = \pi\varepsilon = 0{,}062\ rad/s$, $k = \pi q = 1256{,}64\ rad/m$

$\Rightarrow v = \frac{\omega}{k} = 20000\ m/s$

MA ANCHE

$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \Rightarrow \rho = \frac{Y}{v^2} = 125\ kg/m^3$

VALE

$w = \frac{1}{2}\rho\omega^2 A^2 = 0{,}986\ J/m^3$

1.5 $A = 0,04\ m \qquad \nu = 400\ Hz \Rightarrow \nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$

$\Rightarrow \omega = 2\pi\nu = 2513,27\ Hz$

$v = 200\ m/s$

$\Rightarrow k = \frac{\omega}{v} = 12,56\ rad/s$

QUINDI $\xi(x,t) = A \sin(kx + \omega t + \phi)$

CHIEDO $\xi(0,0) = A \sin\phi \equiv 0,02\ m = A/2$

$\Rightarrow \sin\phi = \frac{1}{2} \Rightarrow \phi = \pi/6 + k\pi$

1.6 $r = ?$ $\qquad I_1 \qquad r - d\ , \quad d = 6,3\ m$

I_2

ONDE SFERICHE : $\qquad I(r) = \frac{P_m}{4\pi r^2}$

$I_1 = \frac{P_m}{4\pi r^2} \quad ; \quad I_2 = \frac{P_m}{4\pi (r-d)^2}$

$\Rightarrow$ FACCIO IL RAPPORTO $\frac{I_1}{I_2} = \frac{(r-d)^2}{r^2} \Rightarrow \frac{r-d}{r} = \sqrt{\frac{I_1}{I_2}}$

$$\Rightarrow r - d = r\sqrt{\frac{I_1}{I_2}} \Rightarrow r\left(\sqrt{\frac{I_1}{I_2}} - 1\right) = -d$$

$$\Rightarrow r = \frac{d}{1 - \sqrt{I_1/I_2}} = 26,2 \text{ m}$$

$$\Rightarrow P_m = 4\pi r^2 I_1 = 12,94 \text{ kW}$$

1.7 ν_1 , $a = \text{cost}$, c_s

$v(t) = at \Rightarrow v(60\,s) = 6 \text{ m/s}$

DOPPLER $\nu' = \nu \frac{c_s}{c_s + v(60)} = 432,37 \text{ Hz}$

$v_0 = \text{cost}$ ν_2

DA DOPPLER SENTE $\nu'' = \nu \frac{c_s - v_0}{c_s + v(25)} = 436,15 \text{ Hz}$

$$\nu_B = |\nu'' - \nu_2| = 7,14 \text{ Hz}$$

ESERCIZIO IN PIÙ DAL TUTORAGGIO VII DELL' a.a. 2021-2022

7.5

Esercizio 7.5

L'estremità di una fune tesa molto lunga è fatta vibrare, e lo spostamento di tale estremità è descritto dall'equazione $\xi(t) = 0.1\sin(6t)$, con ξ in metri e t in secondi. La tensione della fune è $\tau = 4$ N e la sua densità lineare di massa è $\mu = 0.01$ kg/m. Determinare:

a) la velocità di propagazione e la frequenza dell'onda; [$v = 20$ m/s, $\nu = 0.96$ Hz]

b) la distanza minima Δx tra due punti della fune che in un dato istante si trovano entrambi discosti (trasversalmente e in modulo) di 0.02 m dalla loro posizione di equilibrio; [$\Delta x = 1.34$ m]

c) l'equazione dello spostamento di un punto Q posto a $x = 40$ m dall'estremità. [$\xi_Q(t) = 0.1\sin(6t - 12)$]

(Si trascuri il contributo delle onde riflesse.)

SUBITO HO $v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$

HO IN $\xi(t)$

$\omega = 6 \Rightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi}$

PER TROVARE Δx NON VA BENE

$\xi(t) = 0{,}1 \sin(6t)$

MI SERVE $k = \frac{\omega}{v} \Rightarrow \xi(x,t) = 0{,}1 \sin(\omega t - kx)$

COSÌ VEDO

$\xi(x_i,t) = 0{,}1 \sin(\omega t - kx_i) = 0{,}02 \Rightarrow \sin(\omega t - kx_i) = 0{,}2$

$\Rightarrow \omega t - kx_i = \sin^{-1}(0{,}2)$

FACCIO LA DIFFERENZA TRA DUE SUCCESSIVI (IL SECONDO AVRÀ $\xi(x_2,t) = -0{,}2$)

$$\omega t - kx_1 - \omega t + kx_2 = \sin^{-1}(0{,}2) - \sin^{-1}(-0{,}2)$$

$$k\Delta x = 2\sin^{-1}(0{,}2) \Rightarrow \Delta x = \frac{2}{k}\sin^{-1}(0{,}2) = 1{,}34 \text{ m}$$

$$kx_Q = 0{,}3 \cdot 40 = 12 \Rightarrow \xi(x_Q, t) = 0{,}1 \sin(6t - 12)$$

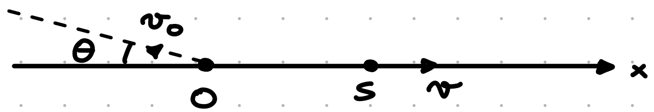
TUTORAGGIO 2

2.0

HO $\nu' = \nu_1 \dfrac{c_s}{c_s + v(t)}$ CON $v(t) = v = 30\ m/s$

$$\nu' = 468{,}65\ \text{Hz}$$

$$\nu'' = \nu_1 \frac{c_s - v_o \cos\theta}{c_s + v} = 438{,}8\ \text{Hz}$$



2.1

$T \to T + \Delta T$
$\nu \to \nu + \Delta\nu$, $\Delta T \ll T$ $\qquad \dfrac{\Delta\nu}{\nu} = \alpha \dfrac{\Delta T}{T}$

HO $\nu_1 = \dfrac{v}{2L}$, $v = \sqrt{\dfrac{T}{\rho}}$

$$\nu_1 = \frac{\sqrt{T}}{2L\sqrt{\rho}} \Rightarrow \nu_1 + \Delta\nu = \frac{\sqrt{T + \Delta T}}{2L\sqrt{\rho}} = \frac{\sqrt{T}\sqrt{1 + \frac{\Delta T}{T}}}{2L\sqrt{\rho}}$$

RACCOLGO ν_1 E SVILUPPO LA RADICE

$$\Rightarrow \nu_1 \left(1 + \frac{\Delta\nu}{\nu}\right) = \underbrace{\frac{\sqrt{T}}{2L\sqrt{\rho}}}_{\nu_1}\left(1 + \frac{1}{2}\frac{\Delta T}{T}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{1}{2}\frac{\Delta T}{T} \Rightarrow \boxed{\alpha = 1/2}$$

ORA HO $\nu = 400\ Hz$

DIMOSTRAZIONE:

HO $\nu \longrightarrow \nu + \Delta\nu \equiv \nu'$ SE CALCOLO $\nu_B = \nu - \nu' = \Delta\nu$

CHE PERÒ PUÒ ESSERE $\gtrless 0$ $\Rightarrow$ $\nu' = \nu \pm \Delta\nu = \nu \pm \nu_B$

DA ⊛ $\nu \pm \Delta\nu = \nu \pm \nu_B = \dfrac{\sqrt{T + \Delta T}}{2L\sqrt{\rho}}$

$$\Rightarrow (\nu \pm \nu_B)^2 = \frac{T + \Delta T}{4L^2\rho}$$

$$\Rightarrow (\nu \pm \nu_B)^2 = \underbrace{\frac{T}{4L^2\rho}}_{\nu^2} + \frac{\Delta T}{4L^2\rho}$$

$$\Rightarrow \nu^2\left(1 \pm \frac{\nu_B}{\nu}\right)^2 = \nu^2 + \frac{\Delta T}{4L^2\rho} \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta T}{4L^2\rho} = \nu^2\left[\left(1 \pm \frac{\nu_B}{\nu}\right)^2 - 1\right]$$

$$\Rightarrow \Delta T = \underbrace{4L^2\rho\nu^2}_{T}\left[\left(1 \pm \frac{\nu_B}{\nu}\right)^2 - 1\right] \quad \Rightarrow \quad \Delta T = T\left[\left(1 \pm \frac{\nu_B}{\nu}\right)^2 - 1\right]$$

E POI $\dfrac{\Delta T}{T} = \left(1 \pm \dfrac{\nu_B}{\nu}\right)^2 - 1 = \begin{cases} + & 0{,}076 = 7{,}6\ \% \\ - & -0{,}074 = -7{,}4\ \% \end{cases}$

Si supponga che la corda considerata nel punto precedente si muova con velocità v verso una parete riflettente. Un osservatore solidale con la corda vibrante ($\nu = 400$ Hz) percepisce un battimento di frequenza $\nu_B = 5$ Hz tra l'onda sonora generata dalla corda e quella riflessa dalla parete.

c) Si calcoli la velocità con cui la corda si avvicina alla parete. Per la velocità del suono si usi $c_s = 340$ m/s. [$v = 2.12$ m/s]

LA FREQUENZA CHE ARRIVA ALLA PARETE È

$$\nu' = \nu \frac{c_s}{c_s - v}$$

LA FREQUENZA PERCEPITA RIEMESSA $\nu'' = \nu' \frac{c_s + v}{c_s}$

$$\Rightarrow \nu'' = \nu \frac{c_s + v}{c_s - v}$$

$$\Rightarrow \nu_B = |\nu'' - \nu| \Rightarrow \nu_B + \nu = \nu'' = \nu \frac{c_s + v}{c_s - v} \Rightarrow \frac{\nu_B + \nu}{\nu}(c_s - v) = c_s + v$$

$$\Rightarrow c_s \left(\frac{\nu_B + \nu}{\nu} - 1 \right) = v \left(1 + \frac{\nu_B + \nu}{\nu} \right)$$

$$\Rightarrow v = \frac{\nu_B}{\nu} c_s \frac{\nu}{\nu_B + 2\nu} = \frac{\nu_B c_s}{\nu_B + 2\nu} = 2{,}11 \text{ m/s}$$

2.2 M, T_0, ℓ_1, ℓ_2

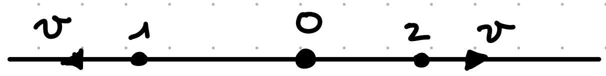
$$\nu_1^1 = \frac{v_1}{2\ell_1} \qquad \nu_3^2 = 3\frac{v_2}{2\ell_2} \qquad v_i = \sqrt{\frac{T_0}{\rho_i}}, \quad \rho_i = \frac{M}{\ell_i}$$

$$\Rightarrow \nu_1^1 = \frac{1}{2\ell_1}\sqrt{\frac{\ell_1 T_0}{M}}, \qquad \nu_3^2 = \frac{3}{2\ell_2}\sqrt{\frac{\ell_2 T_0}{M}}$$

$$\nu_1^1 = \nu_3^2 \Rightarrow \frac{1}{2\ell_1}\sqrt{\frac{\ell_1 T_0}{M}} = \frac{3}{2\ell_2}\sqrt{\frac{\ell_2 T_0}{M}} \Rightarrow \sqrt{\frac{\ell_1 T_0}{M}} = \frac{3\ell_1}{\ell_2}\sqrt{\frac{\ell_2 T_0}{M}}$$

$$\Rightarrow \ell_1 = \frac{9\ell_1^2}{\ell_2^2}\ell_2 \Rightarrow \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{1}{9}$$

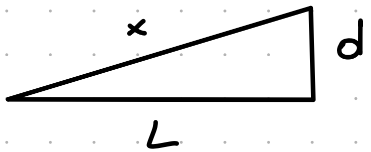
HO 2 EFFETTI DOPPLER ($\Rightarrow \ell_2 = 9\ell_1$)



$$\nu_1 = \nu_1^1 \frac{c_s}{c_s + v_1} = \frac{1}{2\ell_1}\sqrt{\frac{\ell_1 T_0}{M}}\frac{c_s}{c_s+v_1} = 97,14 \text{ Hz}$$

$$\nu_2 = \nu_3^2 \frac{c_s}{c_s+v_2} = \frac{3}{18\ell_1}\sqrt{\frac{9\ell_1 T_0}{M}}\frac{c_s}{c_s+v_2} = 89,47 \text{ Hz}$$

2.3 GEOMETRIA



CALCOLO $x = \sqrt{d^2 + L^2}$

HO CON INTERFERENZA DISTRUTTIVA SO $\Delta \ell = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$

$$\Delta \ell = x - L$$

$$\Rightarrow x - L = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow x = L + (2m+1)\frac{\lambda}{2} \Rightarrow d^2 + L^2 = L^2 + (2m+1)^2\frac{\lambda^2}{4} + L(2m+1)\lambda$$

$$\Rightarrow d^2 = (2m+1)^2\frac{\lambda^2}{4} + (2m+1)L\lambda$$

$$\Rightarrow (2m+1)L\lambda = d^2 - (2m+1)^2\frac{\lambda^2}{4}$$

$$\Rightarrow L = \frac{d^2}{\lambda(2m+1)} - (2m+1)\frac{\lambda}{4}$$

$$\lambda = \frac{c_s}{\nu} = 0,77 \text{ m}$$

$$\Rightarrow L = \{20.59 ; 6.35 ; 3.19 ; 1,62 ; 0,57\} \text{ m}$$

2.4 $y = A \sin\left(\frac{\pi}{40} x\right) \cos(800\pi t)$

SISTEMA CGS : cm, g, s

HO $k = \frac{\pi}{40}$ $\omega = 800\pi$ $\Rightarrow \lambda = 80$ cm

$\Rightarrow v = \frac{\omega}{k} = 320$ m/s

$\Rightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi} = 400$ Hz

COLONNA APERTA DI GAS

MA SO $\nu \equiv (2n+1) \frac{v}{4\ell}$ $\Rightarrow n = \frac{1}{2}\left(\frac{4\ell\nu}{v} - 1\right) = 2$

$\Rightarrow M = 2n + 1 = 5$ NUMERO ARMONICO

PER IL NUMERO DI NODI DI PRESSIONE CERCO I VENTRI DI SPOSTAMENTO $\Rightarrow$ OSSIA PER UN TUBO APERTO SONO $n+1$

$\Rightarrow$ NODI DI PRESSIONE $n + 1 = 3$

(O USI ANCHE $N = \frac{M+1}{2} = 3$)

2.5 L_1, L_3, S

$m = 10\ kg$, L_2

SO SICURAMENTE $v_1 = \sqrt{\frac{T}{\rho_{e_1}}} = \sqrt{\frac{T}{\rho_1 S}}$, $v_2 = \sqrt{\frac{T}{\rho_2 S}}$

DOVE $T = mg$ $\hookrightarrow \rho_{e_1} = \rho_1 \cdot S$ DENSITÀ LINEARE

LA CORDA È TESA CON ESTREMI FISSI TRA IL MURO E LA PULEGGIA.

HO $\lambda = \frac{v}{\nu}$

CON LA CORDA FISSA HO NODI IN $x = n\frac{\lambda}{2}$

$\Rightarrow \ell_1 = n\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \ell_1 = n\frac{v}{2\nu}$

VOGLIO ν MINIMA $\underset{n=1}{\Rightarrow}$ $\nu = \frac{v}{2\ell_1} = \frac{1}{2\ell_1}\sqrt{\frac{mg}{\rho_1 S}} = 323,74\ Hz$

I NODI SONO $L = n\frac{\lambda}{2} = n\frac{v}{2\nu} \Rightarrow n = \frac{2L\nu}{v}$

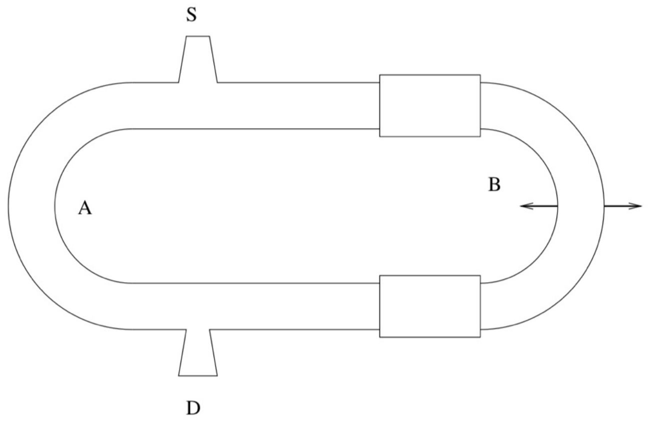
$\Rightarrow n_1 = 2\ell_1\nu\sqrt{\frac{\rho_1 S}{mg}} = 2$ NELLA PRIMA CORDA

PIÙ I NODI DEL TRATTO $\ell_3 - \ell_2$:

$$n_2 = 2(\ell_3 - \ell_2) \sim \sqrt{\frac{g_2 S}{mg}} = 4{,}999 \sim 5$$

$$\Rightarrow n_1 + n_2 = 6$$

2.6



IN D $I_{MIN} = 10 \ \mu W / cm^2$

$I_{MAX} = 90 \ \mu W / cm^2$ $\Delta\ell = 1{,}65 \ cm$

LO SFASAMENTO È

$$\delta = k \Delta\ell$$

LE ONDE SONO COERENTI MA PERCORRENDO LUNGHEZZE DIVERSE LA LORO AMPIEZZA È DIVERSA.

$$\begin{cases} I_{MIN} = I_A + I_B - 2\sqrt{I_A I_B} \\ I_{MAX} = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{MIN} + I_{MAX} = 2 I_A + 2 I_B \\ I_{MAX} - I_{MIN} = 4\sqrt{I_A I_B} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_A = \dfrac{I_{MIN} + I_{MAX}}{2} - I_B \\ \end{cases}$$

NON SO

TUTORAGGIO 3

3.1 USO STEVINO SUL FONDO E SUL TUBO

$$\begin{cases} p_F = p_0 + \rho_0 h_x g + \rho_{GLI} h_1 g \\ p_F = p_0 + \rho_{GLI} h_2 g \end{cases} \Rightarrow p_0 + \rho_0 h_x g + \rho_{GLI} h_1 g = p_0 + \rho_{GLI} h_2 g$$

$$\Rightarrow \rho_0 h_x g = \rho_{GLI} g (h_2 - h_1) \Rightarrow h_x = \frac{\rho_{GLI}}{\rho_0}(h_2 - h_1) = 2,11 \text{ m}$$

3.2 $P_{TOT} = (m_1 + m_2 + m_3) g$ DEV'ESSERE BILANCIATA DA ARCHIMEDE INSIEME AL PESO DEL LEGNO

GUARDO LA CONDIZIONE LIMITE IN CUI I TRONCHI SONO IMMERSI

$$P_{TOT} + P_L = \rho_{H_2O} g V_{TOT} \quad , \quad V_{TOT} = N \pi \frac{d^2}{4} \ell$$

$$(m_1 + m_2 + m_3) g + N \rho \pi \frac{d^2}{4} \ell g = \rho_{H_2O} g N \pi \frac{d^2}{4} \ell$$

$$\left(m_1 + \frac{6}{7} m_1 + \frac{8}{7} m_1\right) + N (\rho - \rho_{H_2O}) \pi \frac{d^2}{4} \ell = 0$$

$$\Rightarrow 3 m_1 = N (\rho_{H_2O} - \rho) \pi \frac{d^2}{4} \ell$$

$$\Rightarrow N = \frac{12\, m_1}{\pi d^2 (\rho_{H_2O} - \rho)\ell} = 4{,}09 \quad \Rightarrow \quad \underline{N = 5 \text{ TRONCHI MINIMO}}$$

HO SEMPRE LA RELAZIONE

$$P_{TOT} + P_L - \rho_{H_2O}\, g\, V_{IMM} = 0$$

$$\Rightarrow 3 m_1 g + \rho V_{TOT}\, g = \rho_{H_2O}\, g\, V_{IMM}$$

$$\Rightarrow \frac{3m_1}{V_{TOT}} + \rho = \rho_{H_2O} \frac{V_{IMM}}{V_{TOT}} \quad \Rightarrow \quad \frac{V_{IMM}}{V_{TOT}} = \frac{3m_1}{\rho_{H_2O} V_{TOT}} + \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{IMM}}{V_{TOT}} = \frac{12\, m_1}{\rho_{H_2O} N \pi d^2 \ell} + \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} = 0{,}956 = 95{,}6\,\%$$

3.3 DEVO VEDERE SE $P > A_{RCH}$ $\quad \rho_{H_2O} = 1000 \ kg/m^3$

$$P = mg \overset{?}{>} \rho_{H_2O}\, g\, \ell^3 = A_{RCH} \quad \Rightarrow \quad 9{,}319\ N \overset{?}{>} 9{,}78 \quad \underline{NO}$$

$\Rightarrow$ IL CUBO GALLEGGIA.

IMPONGO $\quad P = A_{RC} \Rightarrow mg = \rho_{H_2O}\, g\, V_{IMM} \Rightarrow mg = \rho_{H_2O}\, g\, L^2 x$

$$\Rightarrow x = \frac{m}{\rho_{H_2O} L^2} = 0{,}095\ m = 95\ mm$$

EMERGE DI

$$y = L - x = 0{,}5\ cm$$

HO SEMPRE DA IMPORRE

$$(m + m_x)g > A_{RC} \Rightarrow (m + m_x)g > \rho_{H_2O}\, g\, V_{TOT}$$

VOGLIO CHE SIA TUTTO IN ACQUA

$$\Rightarrow m_x = \rho_{H_2O} L^3 - m = 0{,}05\ Kg$$

$$= 50\ g$$

3.4 $s = \pi \frac{d^2}{4} = 7{,}85 \cdot 10^{-5}\ m^2 = 0{,}785\ cm^2 \ll S$

USO BERNOULLI

$$p_0 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g H = p_0 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

, HO CONSERVAZIONE DI Q

$$\Rightarrow v_1 S = v_2 s \Rightarrow v_1 = \frac{s}{S} v_2$$

$$\Rightarrow \frac{\rho}{2}\frac{s^2}{S^2} v_2^2 + \rho g H = \frac{\rho}{2} v_2^2 \Rightarrow v_2^2\left(1 - \frac{s^2}{S^2}\right) = 2gH \Rightarrow v_2^2\left(\frac{S^2 - s^2}{S^2}\right) = 2gH$$

$$\Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2gHS^2}{S^2 - s^2}}$$

HO MRU DELLA SUPERFICIE DEL LIQUIDO

$$H = v_1 t \implies t = \frac{H}{v_1} = \frac{HS}{v_2 s} = \frac{HS}{s}\sqrt{\frac{S^2 - s^2}{2gHS^2}} = \sqrt{\frac{H}{2g}\frac{S^2 - s^2}{s^2}} = 51,45\ s$$

3.5 POSSO SRIVERE IL SISTEMA (BERNOULLI + COSTANZA PORTATA)

$$\begin{cases} p_0 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h = p_0 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \\ v_1 S_1 = v_2 S_2 \end{cases} \qquad \begin{cases} \frac{\rho}{2}\frac{S_2^2}{S_1^2}v_2^2 + \rho g h = \frac{1}{2}\rho v_2^2 \\ v_1 = \frac{S_2}{S_1}v_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_2^2\left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right)\frac{\rho}{2} = \rho g h \\ v_1 = \dots \end{cases} \qquad \begin{cases} v_2 = \sqrt{2gh\frac{S_1^2}{S_1^2 - S_2^2}} \\ v_1 = \dots \end{cases}$$

POSSO CALCOLARE

$$\begin{cases} v_2 = \sqrt{2gh\frac{S_1^2}{S_1^2 - S_2^2}} \\ v_1 = \frac{S_2}{S_1}v_2 \\ Q = v_1 S_1 = v_2 S_2 \end{cases}$$

CON

$$S_1 = \pi\frac{d_1^2}{4} = 1,77 \cdot 10^{-4}\ m^2$$
$$S_2 = \pi\frac{d_2^2}{4} = 7,85 \cdot 10^{-5}\ m^2$$

$$\implies \begin{cases} v_2 = 2,33\ m/s \\ v_1 = 1,033\ m/s \\ Q = 1,83 \cdot 10^{-4}\ m^3/s = 0,183\ \ell/s \end{cases}$$

TUTORAGGIO 4

4.1 USO BERNOULLI

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \qquad (h_2 = 3\ cm)$$

E HO $Q = cost$ $\Rightarrow$ $v_1 \pi r^2 = v_2 \pi \left(\frac{2\cdot(2r)}{2}\right)^2$

$$\Rightarrow v_2 = v_1 \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} v_1^2 = \frac{1}{2}\frac{1}{16} v_1^2 + g h_2$$

$$\Rightarrow \frac{v_1^2}{2}\frac{15}{16} = g h_2 \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{32}{15} g h_2} = 0{,}79\ m/s$$

HO MRUA

$$\begin{cases} y(t) = v_1 t - \frac{1}{2} g t^2 \\ v(t) = v_1 - g t \end{cases}$$

AL MAX $v_{MAX} = v(\tau) = 0 \Rightarrow \tau = \frac{v_1}{g}$

E

$$y(\tau) = y_{MAX} = \frac{v_1^2}{g} - \frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g} = 0{,}032\ m = 3{,}2\ cm$$

USO TEOREMA DELL'IMPULSO $F_{GOMITO} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

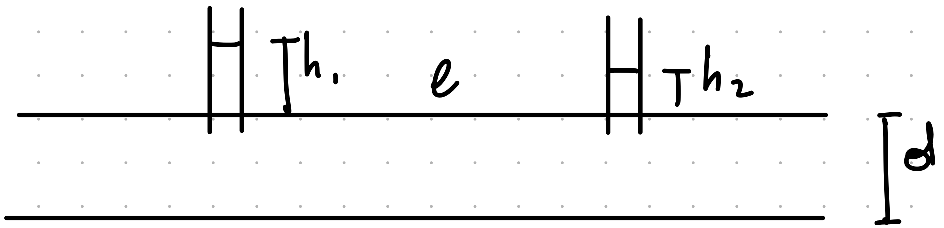
$$\Delta p = \Delta m \, \Delta v$$

$$\Delta v = -v_1$$

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = -v_1 \frac{\Delta m}{\Delta t} = -v_1 Q_m = -v_1 (\rho v_1 S) = -\rho v_1^2 \pi r^2$$

$$\Rightarrow \quad F_{GOMITO} = -\rho v_1^2 \pi r^2 = -7{,}8 \text{ mN}$$

4.2



$$Q = v_m S = v_m \pi \frac{d^2}{4} \Rightarrow v_m = \frac{4Q}{\pi d^2} = 1{,}66 \text{ m/s}$$

USO BERNOULLI (ORIGINE $\hat{y}$ ALLA BASE DEI MANOMETRI)

$$p_0 + \rho g h_i = p_i + \frac{1}{2}\rho v_m^2 \Rightarrow p_i = p_0 + \rho g h_i - \frac{1}{2}\rho v_m^2$$

$$\Rightarrow \Delta p = p_1 - p_2 = \rho g (h_1 - h_2) = 1\,454{,}4 \text{ Pa}$$

DA HAGEN-POISEUILLE $\Rightarrow$ $\eta = \dfrac{\pi d^4}{16 \cdot 8} \dfrac{\Delta p}{Q \ell} = 1{,}4 \cdot 10^{-3}$ Pa s

HO $P = Q\Delta p = 0,1212 \text{ W}$

4.3 POSSO CONSIDERARE IL MOTO RETTILINEO UNIFORMEMENTE DECELLERATO O USARE BERNOULLI

$$\begin{cases} \begin{cases} v(t) = v_0 - gt \\ y(t) = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases} \\ p_0 + \frac{1}{2}\rho v_0^2 = p_0 + \rho g h_{MAX} \end{cases} ; \quad \begin{cases} \begin{cases} \tau = v_0/g \\ h_{MAX} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{1}{2}\frac{v_0^2}{g} \end{cases} \\ v_0^2 = 2 g h_{MAX} \end{cases} ; \quad \begin{cases} h_{MAX} = \frac{v_0^2}{2g} \\ h_{MAX} = \frac{v_0^2}{2g} \end{cases}$$

$$\Rightarrow h_{MAX} = 0,204 \text{ m}$$

HO CHE $P = Q\Delta p = Q\rho g h = 0,1 \text{ W}$

AVRÒ UNA SITUAZIONE DI EQUILIBRIO IN CUI FORZA DI PRESSIONE = FORZA GRAVITAZIONALE

$$mg = F_p$$

PER F_p USO IL TEOREMA DELL'IMPULSO $F_p = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta m \Delta v}{\Delta t} = Q_m \Delta v$

IN CUI $|\Delta v| = v_1$ VELOCITÀ ALL'ALTEZZA h

$$Q_m = \rho_{H_2O} Q = 0,0498 \text{ kg/s}$$

CALCOLO v_1

$$p_0 + \frac{1}{2}\rho v_0^2 = p_0 + \frac{\rho}{2} v_1^2 + \rho g h$$

$$\Rightarrow v_1 = \left(v_0^2 - 2gh\right)^{1/2}$$

DUNQUE

$$mg = Q_m \Delta v = Q_m \sqrt{v_0^2 - 2gh}$$

$$\Rightarrow h = \frac{1}{2g}\left(v_0^2 - \left(\frac{mg}{Q_m}\right)^2\right) = 0{,}0926 \text{ m} = 9{,}26 \text{ cm}$$

4.4 $d = h/2$ GALLEGGIA SE IN EQUILIBRIO, OSSIA SE

$$F_{ARC} = F_g \qquad \rho g V_{imm} = mg$$

TROVO d MIN SE $V_{imm} = V = \pi \frac{d^2}{4} h$

$$\Rightarrow \rho g \pi \frac{d^2}{4} h = mg \quad \underset{h=2d}{\Rightarrow} \quad d^3 = \frac{2m}{\pi\rho} \quad \Rightarrow d_{MIN} = \sqrt[3]{\frac{2m}{\pi \rho}} = 0{,}1168 \text{ m} = 11{,}68 \text{ cm}$$

USO LA STESSA CONDIZIONE

$$\rho g V_{imm} = mg \quad \Rightarrow \rho g \pi \frac{d^2}{4}(h - x) = mg$$

QUANTO EMERGE

$$\Rightarrow x = h - \frac{4m}{\pi d^2 \rho}$$

ORA ABBIAMO

$$F_{ARC} = mg + m_1 g \quad \Rightarrow \rho g \pi \frac{d^2}{4}(h - x) = (m + m_1) g$$

$$\Rightarrow x = h - \frac{16(m + m_1)}{\pi \rho h^2} = 0,68\ m > 0$$

$\Rightarrow$ IL BARILE EMERGE DI X

$\Rightarrow$ GALLEGGIA

HO LA CONDIZIONE LIMITE

$$F_{ARC} = (m + m_x) g \quad \Rightarrow \rho g \pi \frac{d^2}{4} h = (m + m_x) g$$

$$\Rightarrow m_x = \rho \pi \frac{h^3}{16} - m = 193,26\ Kg$$

TUTORAGGIO 5

5.1 HO

$$Q = mc(T_2 - T_1)$$
$$Q_F = m \lambda_F$$

IL GHIACCIO PRIMA SI FONDE E POI SI COMINCIA A SCALDARE. IL CALORE ASSORBITO DAL GHIACCIO E CEDUTO DALL'ACQUA DEVONO ESSERE UGUALI

$$Q_F = |Q_A|$$

CALORE PER FONDERE TUTTO m_G : $Q_F = m_G \lambda_F = 333624{,}2 \, J$

SO CHE AL MASSIMO m_A PUÒ ARRIVARE A $T_G = 0\,°C$ POICHÈ OLTRE FONDEREBBE. SE $T_{FA} = T_G = 0\,°C$ HA CEDUTO

$$|Q_A| = |m_A c_{H_2O} (T_G - T_A)| = \begin{cases} A: \ 167440 \ J \\ B: \ 669760 \ J \end{cases}$$

VEDO CHE $Q_A < Q_F$ NEL CASO A E $Q_A > Q_F$ NEL CASO B. DUNQUE, IN A IL GHIACCIO NON SI FONDE TUTTO PERCHÈ L'ACQUA ARRIVA A $T_G = 0\,°C$ PRIMA, PER CUI

$$Q_F = |Q_A| = m_F \lambda_F \Rightarrow m_F = |Q_A| / \lambda_F = 0{,}501 \ Kg$$
$$T_F = T_G = 0\,°C$$

NEL CASO B IL GHIACCIO SI FONDE TUTTO $m_F = 1 \ Kg$ E L'ACQUA SI TROVA A

$$Q_F = m_A c_{H_2O} |T_1 - T_A| \Rightarrow T_1 = T_A - \frac{Q_F}{m_A c_{H_2O}} = 313{,}3 \ K$$

$$\underbrace{\quad}_{T_A - T_1}$$

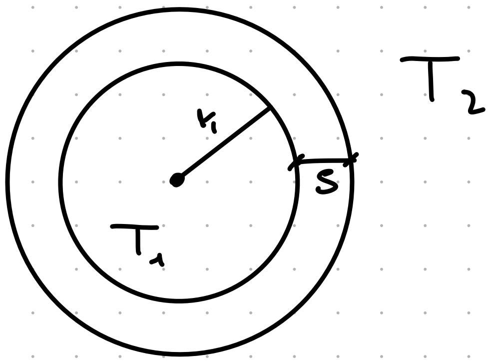
MA POI ACQUA E GHIACCIO $\xrightarrow{}$ FUSO SI SCAMBIANO ANCORA CALORE

$$Q_G = |Q_A'| \Rightarrow m_G c_{H_2O}(T_F - T_G) = m_A c_{H_2O}(T_1 - T_F)$$

$$\Rightarrow T_F(m_G + m_A) = m_A T_1 + m_G T_G$$

$$\Rightarrow T_F = \frac{m_A T_1 + m_G T_G}{m_G + m_A} = 299{,}91\ K = 26{,}76\ °C$$

5.2



CONOSCO LA LEGGE DI TRASMISSIONE

$$dT = \frac{dQ}{dt} \cdot \frac{dx}{kA}$$

DOVE $A = 2\pi(r_1 + x)\ell$

$$\Rightarrow \int dT = \frac{dQ}{dt}\frac{1}{2\pi\ell k}\int_0^s \frac{dx}{r_1 + x} \Rightarrow \Delta T = \frac{dQ}{dt}\frac{1}{k2\pi\ell}\ln\left(\frac{r_1+s}{r_1}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{dQ}{dt}\frac{1}{\ell} = \frac{2\pi\Delta T k}{\ln\left(1+\frac{s}{r_1}\right)} = 275{,}69\ J/m\,s$$

ORA HO

$$T_1 - T_2' = T_1 - \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{dQ}{dt \cdot \ell} \frac{1}{2\pi k} \ln\left(\frac{r_1+x}{r_1}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{2\pi k \left(\frac{T_1-T_2}{2}\right)}{\frac{dQ}{dt\cdot\ell}} = \ln\left(\frac{r_1+x}{r_1}\right) \quad \Rightarrow \quad x = r_1 \exp\left(\frac{\pi k (T_1 - T_2)}{dQ/dt\cdot\ell}\right) - r_1$$

$$\Rightarrow x = 0,95 \text{ cm}$$

DAL CENTRO : $r_2 = r_1 + x = 10,95$ cm

5.3

PER PRODURRE $m_v = 4,7$ g HO SICURAMENTE SCALDATO L'ACQUA FINO $T_V = 100°C$ E POI HO FATTO LA TRASIZIONE DI FASE. L'ACQUA HA QUINDI ASSORBITO CALORE

$$Q_A = m_A c_{H_2O} (T_v - T_0) + m_v \lambda_v = 84347,96 \text{ J}$$
$$= 84,35 \text{ kJ}$$

SE RAGGIUNGO L'EQUILIBRIO ALLORA ANCHE LA SCODELLA È A T_v ALLA FINE, PER CUI

$$Q_S = m_c c_{CM} (T_v - T_0) = 4452,12 \text{ J} = 4,452 \text{ kJ}$$

DUNQUE IL CILINDRO HA CEDUTO

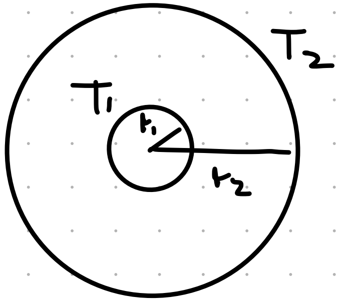
$$|Q_c| = Q_A + Q_S = 88800{,}08 \text{ J} = 88{,}8 \text{ kJ}$$

E QUINDI

$$-Q_c = m_c c_{cu} (T_F - T_1) \Rightarrow Q_c = m_c c_{cu} (T_1 - T_F)$$

$$\Rightarrow T_1 = T_F + \frac{Q_c}{m_c c_{cu}} = 1105{,}8 \text{ K}$$

5.4



HO $dT = \frac{dQ}{dt} \frac{dx}{kA} = P \frac{dx}{kA}$

CON $A = 4\pi x^2$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{P}{4k\pi} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dx}{x^2} = \frac{P}{4k\pi} \left. \frac{-1}{x^2} \right|_{r_1}^{r_2} = \frac{P}{4k\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\Rightarrow k = \frac{P}{4\pi \Delta T} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = 0{,}229 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

S.S

SO $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

HO $\lambda = \frac{1}{\ell}\frac{\Delta \ell}{\Delta T}$; DA $T_1 \Rightarrow \ell = g\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = 0{,}99396\ m$

$\Rightarrow \Delta\ell = \ell \lambda \Delta T = 1{,}19275 \cdot 10^{-4}\ m$

$\Rightarrow \ell_2 = \ell - \Delta\ell = 0{,}9938\ m$

QUINDI $T_2 = 1{,}99987\ s$

IN UNA GIORNATA : $t_{TOT} = n_i T_i = 24h \Rightarrow n_i = \frac{24h}{T_i}$

$n_1 = 43200$

$n_2 = 43202{,}61$

IL PENDOLO A $t_2 = 15°C$ CON n_1 CICLI

$$T_{TOT} = n_1 T_2 = 23{,}9984\ h = 86394{,}38\ s$$

DUNQUE IN ANTICIPO

$$\Delta T = T_{24} - T_{TOT} = 5{,}62\ s$$

5.6 S, B, $I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$

RICAVO

$$I = I_0 10^{B/10} = 10^{-4}\ W/m^2$$

$$I = P/S \Rightarrow P = I \cdot S = 3 \cdot 10^{-4}\ W = 0,3\ mW$$

5.7 $\nu_{LA} = 440\ Hz$, $F_{LA} = 150\ N$

$\rho = 7,2\ g/m$, $L = 65,6\ cm$

HO $$v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}, \quad T = F_{LA} \Rightarrow v = 144,34\ m/s$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{v}{\nu} = 0,33\ m \quad ; \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} = 19,15\ rad/m$$

$$\omega = kv = 2764,65\ rad/s$$

PER CUI

$$\xi(x,t) = \xi_0 \sin(19,15\,x - 2764,65\,t) = \xi_0 \sin(kx - \omega t)$$

IL NUMERO DI NODI È

$$L = n\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \frac{2L}{\lambda} = n = 4 \Rightarrow n - 2 = \underline{\underline{2}}$$

HO $\begin{cases} y(t) = H - \frac{1}{2}gt^2 \\ v_y(t) = -gt \end{cases}$ PRIMA DI COLPIRE O È A $y(\tau) = h$

$$\Rightarrow y(\tau) = h = H - \frac{g}{2}\tau^2 \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2}{g}(H-h)}$$

DUNQUE SI MUOVE CON

$$v \equiv v_y(\tau) = -\sqrt{2g(H-h)}$$

USO DOPPLER

$$\nu' = \nu \frac{c_s}{c_s - v} = \nu \frac{c_s}{c_s - \sqrt{2g(H-h)}} = 538,8 \text{ Hz}$$

S.8 UTILIZZO STEVINO, BERNOULLI E LA COSTANZA DELLA PORTATA

STEVINO U (z=0 ALTEZZA 1)

$$p_1 = p_2 + \rho' g h$$

Q = COST : $v_1 A = v_2 a$

BERNOULLI : $p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$

METTO TUTTO A SISTEMA

$$(p_2 + \rho' g h) + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho\left(\frac{A}{a} v_1\right)^2$$

$$\Rightarrow \rho' g h + \frac{\rho}{2} v_1^2 = \frac{\rho}{2}\frac{A^2}{a^2} v_1^2 \qquad \Rightarrow \frac{\rho}{2}\left(\frac{A^2}{a^2} - 1\right) v_1^2 = \rho' g h$$

$$\Rightarrow \left(\frac{A^2 - a^2}{a^2}\right) v_1^2 = \frac{2\rho' g h}{\rho} \qquad \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2\rho' g h a^2}{\rho(A^2 - a^2)}}$$

HO SBAGLIATO, IO VOLEVO v_2

$$v_2 = \frac{A}{a} v_1 = \sqrt{\frac{2\rho' g h A^2}{\rho(A^2 - a^2)}} = 2{,}63 \ m/s$$

TUTORAGGIO 6

6.1 $n = 1$ mol $\quad p_A = 1$ atm $\quad V_A = 8\,\ell$

$VT = \text{cost} \quad V_B = 2\,\ell \quad W = ?$

HO $\quad T_A = \dfrac{p_A V_A}{nR} = 97{,}49$ K

$V_A T_A = V_B T_B \longrightarrow T_B = \dfrac{V_A T_A}{V_B} = 389{,}96$ K $\quad ; \quad VT \equiv \alpha = 0{,}7799$ $m^3 K$

$\Downarrow \; T = \dfrac{\alpha}{V}$

$\Rightarrow p_B = \dfrac{nRT_B}{V_B} = 1621063{,}72$ Pa $= 15{,}9$ atm

$p(V) = \dfrac{nRT}{V} \quad \Rightarrow \quad W = \int \dfrac{nRT}{V} dV = \int \dfrac{nR\alpha}{V^2} dV$

$\Rightarrow W = nR\alpha \dfrac{-1}{V}\Big|_{V_A}^{V_B} = nR\alpha \left(\dfrac{1}{V_A} - \dfrac{1}{V_B}\right) = -2{,}431$ kJ

6.2 $A = 32$ g , BIATOMICO , $V_1 = 8{,}96\,\ell$, $p_1 = 5$ atm

$\Delta U = -3028{,}9$ J $\quad T_2 = -73{,}15\,°C$

$n = ? \quad T_1 = ?$

GAS IDEALE $\Rightarrow dU = nc_V dT \Rightarrow \Delta U = nc_V \Delta T$

CONOSCO LA EQUAZIONE DI STATO : $pV = nRT$

METTENDO A SISTEMA

$$\begin{cases} \Delta U = n c_v \Delta T \\ p_1 V_1 = n R T_1 \end{cases} ; \quad \begin{cases} \Delta U = c_v \left(n T_2 - \frac{p_1 V_1}{R} \right) \\ T_1 = \frac{p_1 V_1}{nR} \end{cases} ; \quad \begin{cases} n = \frac{1}{T_2} \left(\frac{\Delta U}{c_v} + \frac{p_1 V_1}{R} \right) \\ T_1 = p_1 V_1 / nR \end{cases}$$

$$\begin{cases} n = \frac{1}{T_2} \left(\frac{\Delta U}{c_v} + \frac{p_1 V_1}{R} \right) = 2{,}001 \text{ mol} \\ T_1 = \frac{p_1 V_1 T_2}{R} \frac{1}{\left(\frac{\Delta U}{c_v} + \frac{p_1 V_1}{R} \right)} = \frac{p_1 V_1}{nR} = 272{,}79 \text{ K} = -0{,}36 \ ^\circ C \end{cases}$$

ATTENZIONE $\Delta U = - 3028.9 \text{ J}$

6.3 MONOATOMICO, $V_1 = 4 \text{ m}^3$, $p_1 = 8$ atm, $T_1 = 400$ K

ESPANSIONE $p_2 = 1$ atm, $V_2 = ?$, $T_2 = ?$, $L = ?$, $Q = ?$, $\Delta U = ?$

RICAVO $n = \frac{p_1 V_1}{R T_1} = 974{,}98$ mol

a) ISOTERMA REVERSIBILE. HO $T_1 = T_2 = 400$ K

TROVO $V_2 = \frac{n R T_2}{p_2} = 31{,}99 \text{ m}^3$

$$W = n R T_2 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = 6741{,}354 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q = W$$

b) ADIABATICA REVERSIBILE. HO $Q = 0$

E RICAVO $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \Rightarrow V_2 = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/\gamma} V_1 = 13,93 \ m^3$

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{mR} = 174,13 \ K$$

$$W = -\Delta U = -m c_v (T_2 - T_1) = 2746,127 \ kJ$$

c) ESPANSIONE ISOCORA. HO $W = 0$ $V_1 = V_2$

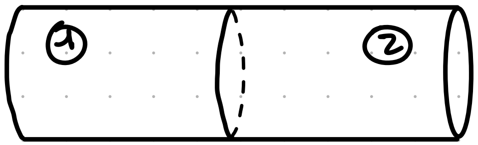
RICAVO $T_2 = \frac{p_2 V_2}{mR} = 50,0 \ K$

$$Q = \Delta U = m c_v (T_2 - T_1) = -4255,3 \ kJ$$

d) ESPANSIONE ADIABATICA NEL VUOTO. HO $Q = 0$

??

6.4



$n_1 = 1$ mol $\quad n_2 = 2$ mol

BIATOMICO

$T_1 = 273$ K, $\quad T_2 = 383$ K

C'È SCAMBIO DI CALORE TRAMITE LA PARETE

$$Q_i = n_i c_V (T_E - T_i) \quad , \quad T_E = \text{EQUILIBRIO}$$

IL CALORE VA DA $2 \rightarrow 1$ E IL CALORE SCAMBIATO (IN MODULO) SARÀ UGUALE

$$Q_1 = -Q_2 \Rightarrow n_1 c_V (T_E - T_1) = n_2 c_V (T_2 - T_E)$$

$$\Rightarrow T_E (n_1 + n_2) = n_1 T_1 + n_2 T_2$$

$$\Rightarrow T_E = \frac{n_1 T_1 + n_2 T_2}{n_1 + n_2} = 346,3 \text{ K}$$

LO SCAMBIO DI CALORE AVVIENE IN MODO ISOCORO

$$\Rightarrow W = 0 \Rightarrow Q_i = \Delta U_i = n_i c_V (T_E - T_i)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta U_1 = 1523,9 \text{ J} \\ \Delta U_2 = -1525,98 \text{ J} \end{cases}$$

APPROX

LE VARIAZIONI DI ENTROPIA SONO

$$\Delta S_i = m_i c_V \ln\left(\frac{T_E}{T_i}\right)$$

IL CILINDRO NON HA SCAMBI CON L'ESTERNO $\Rightarrow \Delta S_{AMB} = 0$
DUNQUE

$$\Delta S_u = \Delta S_{SIST} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = \underline{0{,}33 \ J/K}$$

NO

6.5 m, T_1, $T_2 \neq T_2$

SISTEMA TERMICAMENTE ISOLATO $\Rightarrow \Delta S_{AMB} = 0$

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

LO SCAMBIO DI CALORE PER UN CORPO m CON CAPACITÀ TERMICA c_m È

$$dQ = m c_m \, dT$$

$$\Rightarrow dS = m c_m \frac{dT}{T} \Rightarrow \Delta S = m c_m \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

DUNQUE

$$\Delta S_u = \Delta S_1 + \Delta S_2 = m c_m \ln\left(\frac{T_E}{T_1}\right) + m c_m \ln\left(\frac{T_E}{T_2}\right)$$

$$= m c_m \ln\left(\frac{T_E^2}{T_1 T_2}\right)$$

DEVO DETERMINARE T_E = TEMPERATURA FINALE DI EQUILIBRIO

$$|Q_1| = |Q_2|$$

SUPPONGO $T_2 > T_1$ (Q FA 2→1)

$$\Rightarrow \quad m c_m (T_E - T_1) = m c_m (T_2 - T_E)$$

$$\Rightarrow \quad 2T_E = T_1 + T_2 \quad \Rightarrow \quad T_E = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

DUNQUE

$$\Delta S = m c_m \ln\left(\frac{T_E^2}{T_1 T_2}\right) = 2 m c_m \ln\left(\frac{T_E}{\sqrt{T_1 T_2}}\right)$$

$$\Rightarrow \quad \Delta S = 2 m c_m \ln\left(\frac{T_1 + T_2}{2\sqrt{T_1 T_2}}\right)$$

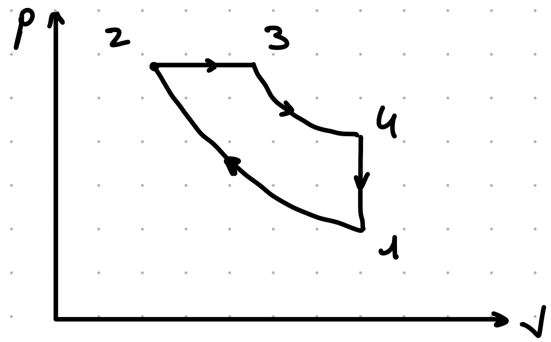
TUTORAGGIO 7

7.1

CICLO DIESEL

P_1 , T_1 , V_1 / V_2

$Q_{23} = 1500 \ \mathrm{kJ/kg}$



DALLE TRASFORMAZIONI RICAVO :

12 : $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} T_1 = 935{,}66 \ K = 662{,}5 \ °C$

POI HO $Q_{23} = 1500 \ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} = c_v (T_3 - T_2)$

ISOBARA

$\Rightarrow T_3 = \frac{Q_{23}}{c_v} + T_2 = 2399{,}07 \ K = 2125{,}9 \ °C$

POSSO TROVARE IL RAPPORTO DI COMBUSTIONE

$\beta = \frac{T_3}{T_2} = 2{,}56$ $\left(r = \frac{V_1}{V_2} \right)$

COSI HO

$$\eta = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}} \frac{\beta^{\gamma} - 1}{\beta - 1} \frac{1}{\gamma} = 0,615 = 61,5\%$$

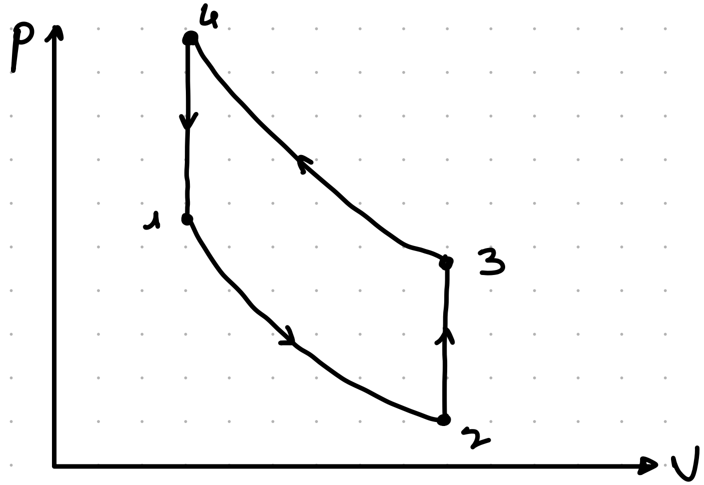
7.2

$n = 0{,}4$ mol

DETERMINA: • p_2, p_4, T_{isot}

$V_1 = 3 \cdot 10^{-3}\ m^3$ $\quad p_1 = 600$ kPa

$V_3 = 7 \cdot 10^{-3}\ m^3$ $\quad p_3 = 150$ kPa



TROVO

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{nR} = 541{,}26\ K$$

$$T_3 = \frac{p_3 V_3}{nR} = 315{,}7\ K$$

POSSO QUINDI USARE LE ISOTERME E

$$pV = cost$$

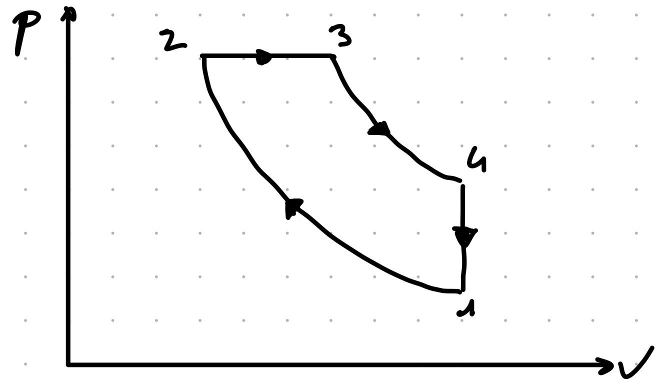
$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad , \quad V_2 = V_3 \quad \Rightarrow \quad p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_3} = 257142{,}8\ Pa$$

$$p_3 V_3 = p_4 V_4 \quad , \quad V_4 = V_1 \quad \Rightarrow \quad p_4 = \frac{p_3 V_3}{V_1} = 350000\ Pa$$

7.3 CICLO DIESEL . DETERMINA : • η , T_3

$p_1 = 1\ bar$, $T_1 = 15°C$

$r_c = V_2 / V_1 = 20$ $r_e = T_3 / T_2 = 2,8$



12 ADIABATICA

23 ISOBARA

34 ADIABATICA

41 ISOCORA

HO $Q_{23} = m c_p (T_3 - T_2) > 0 \Rightarrow Q_{23} = Q_{ASS}$

$Q_{41} = m c_v (T_1 - T_4) < 0 \Rightarrow Q_{41} = Q_{CED}$

DALLE TRASFORMAZIONI CONOSCO

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} T_1$$

$$\frac{T_2}{V_2} = \frac{T_3}{V_3} \Rightarrow T_3 = \frac{V_3}{V_2} T_2 \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2}$$

$$T_4 V_1^{\gamma-1} = T_3 V_3^{\gamma-1} \Rightarrow T_4 = \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^{\gamma-1} T_3$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_4}{T_4} \Rightarrow p_4 = \frac{T_4}{T_1} p_1$$

COMBINANDOLE

$$p_4 = \frac{p_1}{T_1} \left(\frac{V_3}{V_1} \right)^{\gamma - 1} T_3 = \frac{p_1}{T_1} \left(\frac{V_3}{V_1} \right)^{\gamma - 1} \frac{V_3}{V_2} T_2$$

$$= \frac{p_1}{T_1} \left(\frac{V_3}{V_1} \right)^{\gamma - 1} \frac{V_3}{V_2} \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} T_1$$

74

$T_2 = 300\ K$ $\quad Q^R_{ASS} = 2\ kJ$, W^R

$T_1 = 600\ K$ $\quad \eta = 0{,}3$, $W' = W^R$

PER LA MACCHINA REVERSIBILE SO $\Delta S = 0$ $\quad \Delta U = 0$

$$\Delta S = \frac{Q^R_{ASS}}{T_1} - \frac{Q_{CED}}{T_2} = 0$$

$$\Rightarrow Q_{CED} = \frac{T_2}{T_1} Q_{ASS} = 1\ kJ$$

DUNQUE POSSO TROVARE

$$\Delta S_U = \Delta S_{CICLO} + \Delta S_{AMB} = \Delta S_{AMB} = -\frac{Q^R_{ASS}}{T_1} + \frac{Q^R_{CED}}{T_2}$$

$$\Rightarrow \Delta S^R_U = 0$$

POSSO TROVARE IL LAVORO PRODOTTO

$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q^R_{TOT} = W^R \quad \Rightarrow W^R = Q^R_{ASS} - Q^R_{CED} = 1\ kJ$$

W^R È ANCHE IL LAVORO DELLA MACCHINA IRREVERSIBILE.
SO

$$\eta = \frac{W^R}{Q'_{ASS}} \Rightarrow Q'_{ASS} = \frac{W^R}{\eta} = 3333{,}3\ J$$

HO COMUNQUE

$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q'_{ASS} - Q'_{CED} = W^R$$

$$\Rightarrow Q'_{CED} = Q'_{ASS} - W^R = 2333,3 \text{ J}$$

E POSSO TROVARE

$$\Delta S'_U = \Delta S_{CICLO} + \Delta S_{AMB} = \Delta S_{AMB} = -\frac{Q'_{ASS}}{T_1} + \frac{Q'_{CED}}{T_2}$$

$$\Rightarrow \Delta S'_U = 2,22 \text{ J/K}$$

7.5 CICLO OTTO

$T_{MIN} = 23°C$

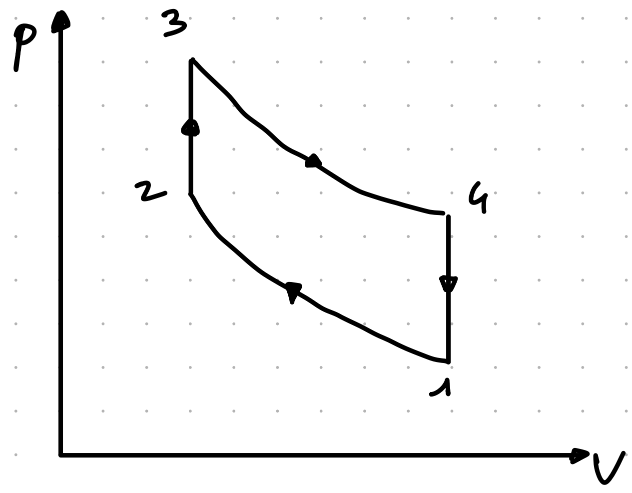
$p_{MIN} = 1,4$ bar

$\Delta S_{MAX} = 690$ J/kg K

$p_2 = 15$ bar

- W
- η

ARIA = GAS BIATOMICO



$p_1 = p_{MIN}$

$T_{MIN} = T_1 = 296,15$ K

ARIA STANDARD VUOL DIRE

$R = 287$ J/kgK $\qquad \gamma = 1,4$

$\Rightarrow c_v = \dfrac{R}{\gamma - 1} = 717,5$ J/kgK

DALLE TRASFORMAZIONI TROVO

$Q_{12} = 0 \qquad \Delta S_{12} = 0 \qquad T_1 p_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 p_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \Rightarrow T_2 = \left(\dfrac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} T_1$

$$\Rightarrow T_2 = 583{,}16 \ K$$

$$\Delta S_{23} = c_v \ln\left(\frac{T_3}{T_2}\right) \qquad \Delta S_{34} = 0 \qquad \Delta S_{41} = c_v \ln\left(\frac{T_1}{T_4}\right)$$

MA HO $T_3 > T_2$ E $T_1 < T_4$

$$\Rightarrow \Delta S_{MAX} = \Delta S_{23} = c_v \ln\left(\frac{T_3}{T_2}\right)$$

$$\Rightarrow T_3 = T_2 \exp\left(\frac{\Delta S_{MAX}}{c_V}\right) = 1525{,}6 \ K$$

CERCO T_4

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \qquad T_3 V_3^{\gamma-1} = T_4 V_4^{\gamma-1}$$

MA HO $V_1 = V_4$ E $V_3 = V_2$. MOLTIPLICO TRA LORO

$$T_1 V_1^{\gamma-1} T_3 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} T_4 V_1^{\gamma-1} \Rightarrow T_1 T_3 = T_2 T_4$$

$$\Rightarrow T_4 = \frac{T_1}{T_2} T_3 = 774,75 \text{ K}$$

HO TUTTE LE T E POSSO TROVARE IL RENDIMENTO

$$Q_{12} = Q_{34} = 0$$

$$Q_{23} = c_v (T_3 - T_2) = 676,201 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{41} = c_v (T_1 - T_4) = -343,396 \text{ kJ/kg}$$

$$\Rightarrow \eta = 1 - \frac{|Q_{41}|}{Q_{23}} = 0,492 = 49,2\%$$

E IL LAVORO NETTO SCAMBIATO

$$W_{23} = W_{41} = 0$$

$$W_{12} = -c_v (T_2 - T_1) = -205,929 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{34} = -c_v (T_4 - T_3) = 538,734 \text{ kJ/kg}$$

$$\Rightarrow W_{TOT} = 332,805 \text{ kJ/kg}$$

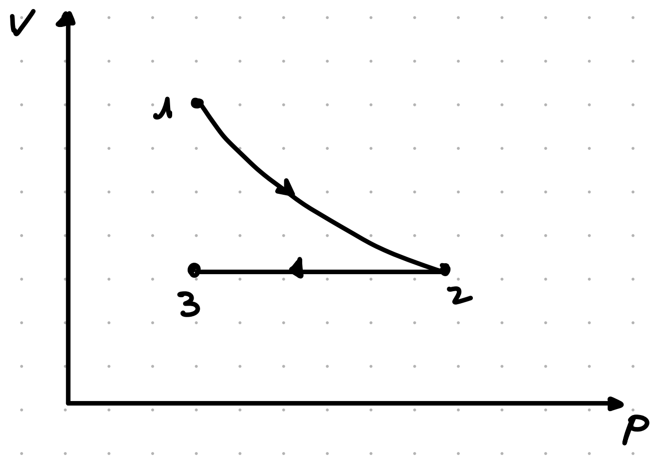
7.6 $T_1 = 330\ K$ $p_1 = 202\ kPa$ $V_1 = 48\ \ell$

ESPANSIONE ISOTERMA $V_2 = 106\ \ell$

COMPRESSIONE ISOBARA $V_3 = V_1$

DETERMINA :
- W_i , W_{TOT}
- p_2 , T_3

LE TRASFORMAZIONI SONO:



12 : $W = nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

MI RICAVO n :

$$n = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = 3,53\ mol$$

$$\Rightarrow W_{12} = 7672,8\ J$$

IN 23: $W_{23} = p_2(V_3 - V_2) = nR(T_3 - T_2)$

HO $p_2 = p_3 = \frac{nRT_2}{V_2} = \frac{nRT_1}{V_2} = 91367,7\ Pa$

$$V_3 = V_1 \Rightarrow W_{23} = -5299,33\ J$$

$\Rightarrow W_{TOT} = 2373,47\ J$

DA W_{23} RICAVO T_3

$$\Rightarrow T_3 = \frac{W_{23}}{nR} + T_2 = 149,4\ K$$

7.7

$$U(T,V) = nc_vT - n^2\frac{a}{V}$$

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)\left(V - nb\right) = nRT \quad , \quad a,b \in \mathbb{R}$$

DETERMINA S.

VEDO

$$dU = nc_v\,dT + n^2\frac{a}{V^2}dV$$

7.8

$m_1 = 0,3\ Kg$ $m_2 = 0,7\ Kg$

$T_1 = 90\ °C$ $T_2 = 10\ °C$

DETERMINA : • ΔS

HO SCAMBIO DI CALORE PRIMA DELL'EQUILIBRIO

$$Q_1 = m_1 c_A (T_E - T_1)$$

$$Q_2 = m_2 c_A (T_E - T_2)$$

CON $T_1 > T_2 \Rightarrow T_E \in [T_2, T_1] \Rightarrow Q_2 > 0\ ,\ Q_1 < 0$

E NEL PROCESSO SO CHE I CALORI SONO UGUALI

$$m_1 c_A (T_1 - T_E) = m_2 c_A (T_E - T_2)$$

$$T_E (m_2 + m_1) = m_1 T_1 + m_2 T_2$$

$$\begin{cases} T_1 = 363.15\ K \\ T_2 = 283,15\ K \end{cases}$$

$$\Rightarrow T_E = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} = 307,15$$

IL CALORE SCAMBIATO È QUINDI $Q = m c_{H_2O} (T_3 - T) = 70\ 341,6\ J$

E L'ENTROPIA

$$\Delta S_i = m c_{H_2O} \int_{T_i}^{T_E} \frac{dT}{T} = m c_{H_2O} \ln\left(\frac{T_E}{T_i}\right)$$

$$\Delta S_1 = -210,321 \ J/K$$

$$\Delta S_2 = 238,399 \ J/K$$

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 28,078 \ J/K$$

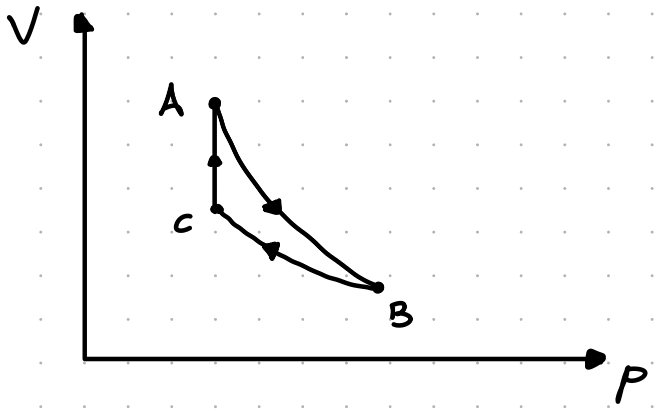
7.9

CICLO REVERSIBILE

AB ESPANSIONE ADIABATICA $T_A = 600\ K$ $T_B = 300\ K$

BC COMPRESSIONE ISOTERMA $V_C = V_A$

CA ISOCORA FINO T_A



DETERMINA : • η

DALLE TRASFORMAZIONI HO

AB: $Q_{AB} = 0$ $T_A V_A^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1}$

BC: $Q_{BC} = nRT_B \ln\left(\frac{V_C}{V_B}\right) = nRT_B \ln\left(\frac{V_A}{V_B}\right)$

CA: $Q_{CA} = nc_v(T_A - T_C) = nc_v(T_A - T_B) > 0$

DA AB: $\left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma-1} = \frac{T_B}{T_A} \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$

$$\Rightarrow Q_{BC} = n\frac{R}{\gamma-1} T_B \ln\left(\frac{T_B}{T_A}\right)$$

MA SO $c_v = \dfrac{R}{\gamma - 1}$ $\Rightarrow Q_{BC} = n c_v T_B \ln\left(\dfrac{T_B}{T_A}\right) < 0$

DUNQUE

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{BC}|}{Q_{CA}} = 1 - \frac{n c_v T_B \ln\left(\frac{T_A}{T_B}\right)}{n c_v (T_A - T_B)} = 1 - \frac{T_B \ln\left(\frac{T_A}{T_B}\right)}{T_A - T_B}$$

$$\Rightarrow \eta = 0,307 = 30,7\,\%$$

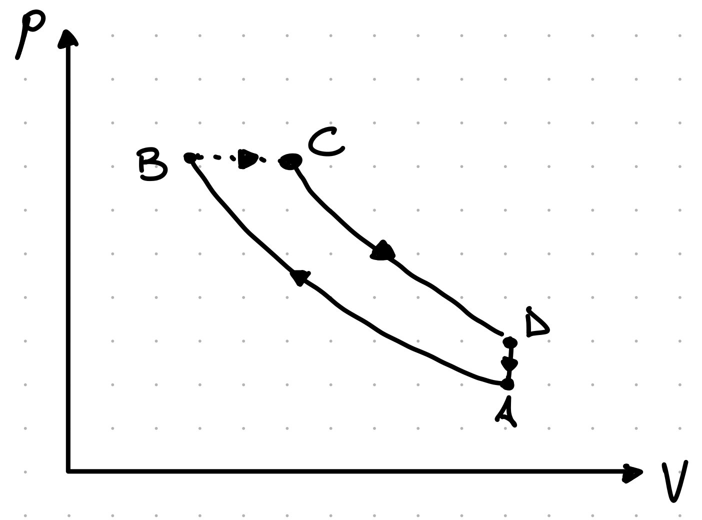
TUTORAGGIO 8

8.1

$n = 2$ mol MONOATOMICO

$V_A = 5 \cdot 10^{-3}$ m^3 $T_A = 273,2\,K$

$V_B = 2 \cdot 10^{-3}$ m^3 $T_C = 519\,K$



IN A HO

$$p_A = \frac{nRT_A}{V_A} = 908387,64\ Pa$$

CERCO IN B:

$$p_A V_A = p_B V_B \Rightarrow p_B = \frac{V_A}{V_B} p_A = 2270969,1\ Pa$$

$$T_B = T_A$$

L'ISOTERMA DA

$$Q_{AB} = W_{AB} = nRT_A \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right) = -4,161\ kJ$$

$$\Delta S_{AB} = nR \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right) = -15,24\ J/K$$

L'ISOBARA (IRREVERSIBILE) DA

$$p_C = p_B \qquad Q_{BC} = nc_p(T_C - T_B) = 10,22\ kJ$$

$$W_{BC} = nR(T_C - T_B) = 4087,99\ J$$

$$\frac{V_B}{T_B} = \frac{V_C}{T_C} \Rightarrow V_C = \frac{T_C}{T_B} V_B = 3,8 \cdot 10^{-3}\ m^3$$

$$\Delta S_{BC} = n c_p \ln\left(\frac{T_C}{T_B}\right) = 26,7\ J/K$$

L'ADIABATICA CI DICE

$$T_C V_C^{\gamma-1} = T_D V_D^{\gamma-1} \Rightarrow T_D = \left(\frac{V_C}{V_A}\right)^{\gamma-1} T_C = 432,2\ K$$

$$Q_{CD} = 0 \qquad W_{CD} = -n c_v (T_D - T_C) = 2164,79\ J$$

$$\Delta S_{CD} = n c_v \ln\left(\frac{T_D}{T_C}\right) + nR \ln\left(\frac{V_D}{V_C}\right) = -1,069 \cdot 10^{-3}\ J/K$$

L'ISOCORA:

$$W_{DA} = 0 \qquad Q_{DA} = n c_v (T_A - T_D) = -3,966\ kJ$$

$$\Delta S_{DA} = n c_v \ln\left(\frac{T_A}{T_D}\right) = -11,44\ J/K$$

QUINDI COMPLESSIVAMENTE

$$Q = 2,093\ kJ \qquad W = 2,09\ kJ \qquad \Delta S_{ciclo} = -0,011\ J/K$$

$$Q_{ass} = 10,22\ kJ \qquad Q_{ced} = -8,127\ kJ \qquad \eta = 0,2$$

IN UN CICLO SCAMBIA CON ACQUA E GHIACCIO UN CALORE

$$Q_{AB} + Q_{DA} = -8,126 \text{ kJ} \Rightarrow Q_{A,ICE} = 8,126 \text{ kJ}$$

IL CALORE È CEDUTO ALLA MISTURA (CHE È A $T_{A,ICE} = 273,15 \text{ K}$)
DUNQUE

$$Q_{A,ICE} = m\lambda \Rightarrow m_{FUSA} = \frac{Q_{A,ICE}}{\lambda} = 0,0246 \text{ Kg}$$

g?

INFINE

$$\Delta S_U = \Delta S_{CICLO} + \Delta S_{AMB}$$

CON

$$\Delta S_{AMB} = \Delta S_{ACQUA} + \Delta S_{SORG}$$

$$= \frac{Q_{A,ICE}}{T_{A,ICE}} - \frac{Q_{BC}}{T_C} = 10,057 \text{ J/K}$$

$$\Rightarrow \Delta S_U = 10,057 \text{ J/K}$$

3 ORDINI DI GRANDEZZA DI DIFFERENZA.
ERRORE DI odm?

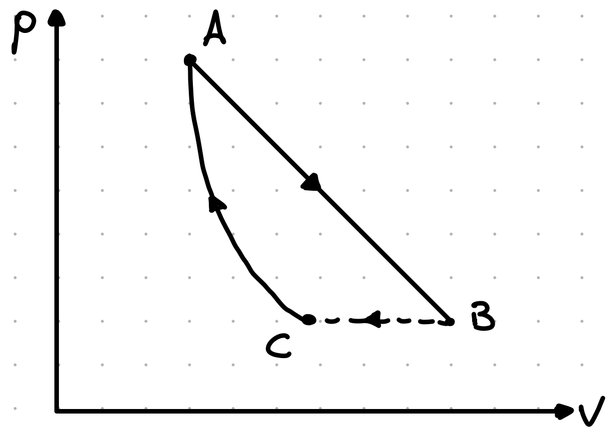
8.2 $n = 1$ mol MONOATOMICO

$p_A = 1,5$ bar

$V_B = 2 \cdot 10^{-2}$ m^3

$p(V) = aV + b$ $a = -10^2 \; \frac{bar}{m^3} \to -10^7 \; \frac{Pa}{m^3}$, $b = 2,5$ bar

T_c , $pV^2 = c$, $c \in \mathbb{R}$



TROVO

$$p_B = aV_B + b = 0,5 \text{ bar}$$

$$p_A = aV_A + b \Rightarrow V_A = \frac{p_A - b}{a} = 0,01 \; m^3 = 10^{-2} \; m^3$$

$$T = \frac{pV}{nR} \Rightarrow \begin{cases} T_A = 180,42 \text{ K} \\ T_B = 120,28 \text{ K} \end{cases}$$

$$p_A V_A^2 = p_c V_c^2 \underset{p_c = p_B}{\Rightarrow} V_c = \sqrt{\frac{p_A}{p_c}} \, V_A = 1,73 \cdot 10^{-2} \; m^3$$

BC ISOBARA : $p_c = p_B$ $\qquad T_c = \frac{p_c V_c}{nR} = 104,04$ K

CERCO Q , η , ΔS :

PER Q USO IL 1° PRINCIPIO DELLA TD :

AB : $W_{AB} = \int_A^B p(V)\,dV = \int_A^B (aV+b)\,dV = \frac{a}{2}V^2 + bV \Big|_A^B = \frac{a}{2}\left(V_B^2 - V_A^2\right) + b\left(V_B - V_A\right)$

$\Rightarrow W_{AB} = 1000 \quad J$

$\Delta U_{AB} = m c_v (T_B - T_A) = -749{,}94 \quad J$

$\Rightarrow Q_{AB} = \Delta U + W = 250 \quad J$

BC : $Q_{BC} = m c_p (T_C - T_B) = -337{,}63 \quad J$

CA : $W_{CA} = \int_C^A p(V)\,dV = \int_C^A \frac{c}{V^2}\,dV = c\left(\frac{1}{V_C} - \frac{1}{V_A}\right)$

$p_A V_A^2 = c \Rightarrow c = 15{,}2 \ \mathrm{Pa\,m^6} \Rightarrow W_{CA} = -632{,}4 \ J$

$\Delta U_{CA} = m c_v (T_A - T_C) = 952{,}46 \ J$

$\Rightarrow Q_{CA} = 319{,}1 \quad J$

DONQUE $Q = 231{,}9 \ J$

$\eta = 1 - \frac{|Q_{BC}|}{Q} = 0{,}406 = 41\ \%$

L'ENTROPIA

$$\Delta S = n c_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + nR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\left.\begin{aligned} \Delta S_{AB} &= 0{,}71 \ J/K \\ \Delta S_{BC} &= -3{,}01 \ J/K \\ \Delta S_{CA} &= 2{,}31 \end{aligned}\right\} \Delta S_{CICLO} = 0$$

$$\Delta S_{SORG} = \Delta S_{AMB} = -\frac{Q_{BC}}{T_C} = 3{,}25 \ J/K$$

$$\Rightarrow \Delta S_U \simeq \Delta S_{AMB} = \underline{3{,}25 \ J}/K$$

8.3

$p_A = 10^5\ Pa \qquad V_A = 39{,}84 \cdot 10^{-3}\ m^3 \qquad T_A = 300\ K$

$$\Rightarrow\ n = \frac{p_A V_A}{R T_A} = 1{,}597\ mol$$

AB ISOTERMA FINO $V_B = \frac{V_A}{3} = 13{,}28 \cdot 10^{-3}\ m^3 \qquad W_{AB} = -4482\ J$

$$\Rightarrow\ \Delta U_{AB} = 0 \quad \Rightarrow\ \boxed{Q_{AB} = W_{AB} = -4482\ J}$$

HO $T_B = T_A \quad \Rightarrow\ p_B = \frac{nRT_B}{V_B} = 299942{,}6\ Pa$

BC ISOCORA CON $T_C = 600\ K$

$$\Rightarrow\ p_C = \frac{nRT_C}{V_C} = 599885{,}15\ Pa$$

HO $W_{BC} = 0 \qquad Q_{BC} = n c_V (T_C - T_B) \equiv \Delta U_{BC}$

NON SO SE È MONO O BI ATOMICO

CD ADIABATICA FINO V_A, $T_D > T_A$

$W_{CD} = 5976\ J$

MA $Q_{CD} = 0 \quad \Rightarrow\ \Delta U_{CD} = -W_{CD} = -5976\ J$

$$\Delta U_{CD} = mc_v(T_D - T_C)$$

DA CON UNA SORGENTE T_A ISOCORA.

$$W_{DA} = 0 \qquad Q_{DA} = mc_v(T_A - T_D)$$

MI VIENE DATO ANCHE $\eta = 0,15$.

HO

$$W_{TOT} = W_{AB} + W_{CD} = 1494 \text{ J}$$

$$Q_{TOT} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{DA}$$

DI CUI NON CONOSCO Q_{BC} E Q_{DA} ($T_C > T_B$ E $T_D > T_A$).

$\Rightarrow Q_{BC} > 0$ E $Q_{DA} < 0$

$$\eta = \frac{W_{TOT}}{Q_{BC}} \Rightarrow Q_{BC} = \frac{W_{TOT}}{\eta} \Rightarrow mc_v(T_C - T_B) = \frac{W_{TOT}}{\eta}$$

$$\Rightarrow c_v = \frac{W_{TOT}}{m\eta(T_C - T_B)} = 20,79 \text{ J/mol K}$$

$\Rightarrow$ $\boxed{\text{BIATOMICO}}$

COSÌ

$$W_{CD} = -mc_v(T_D - T_C) \Rightarrow \boxed{T_D = -\frac{W_{CD}}{mc_v} + T_C = 420 \text{ K}}$$

DUNQUE

$$\boxed{Q_{BC} = mc_V(T_C - T_B) = 9960{,}5\ \text{J}} \qquad \boxed{Q_{DA} = mc_V(T_A - T_D) = -3984{,}53\ \text{J}}$$

RICAVO INOLTRE

$$p_D = \frac{mRT_D}{V_D} = 139973{,}2\ \text{Pa}$$

COSÌ

$$\Delta S_{CD} = mc_V \ln\left(\frac{T_D}{T_C}\right) + mR \ln\left(\frac{V_D}{V_C}\right) = \boxed{2{,}75\ \text{J/K}}$$

8.4

$n = 3$ mol , $p_A = 2 \cdot 10^5$ Pa , $T_A = 290$ K , BIATOMICO

$$\Rightarrow V_A = \frac{nRT_A}{p_A} = 36 \cdot 10^{-3} \ m^3$$

ESPANSIONE LIBERA ADIABATICA AB $V_B = 0,144 \ m^3$

COMPRESSIONE ADIABATICA BC $W_{BC} = -3,7 \cdot 10^4$ J

ISOBARA AC CON SORGENTE T_A

ESPANSIONE LIBERA $\Rightarrow$ ADIABATICA ED ISOTERMA

$\Rightarrow \Delta U = 0$, $Q = 0$, $W = 0$

$\Rightarrow T_B = T_A$

$$\Rightarrow p_B = \frac{nRT_B}{V_B} = 50230,4 \ Pa$$

POI SO $W_{BC} = -nc_v(T_c - T_B)$

$$\Rightarrow T_c = -\frac{W_{BC}}{nc_v} + T_B = 883,23 \ K$$

con $p_c = p_A$ $\Rightarrow V_c = \dfrac{nRT_c}{p_c} = \boxed{0,11 \ m^3}$

AVENDO TUTTE LE COORDINATE TD CALCOLO

$$\Delta S = m c_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + m R \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\Delta S_{AMB} = \Delta S_{SORG} = -\frac{Q_{CA}}{T_A} = -\frac{m c_p (T_A - T_C)}{T_A}$$

$\Delta S_{AB} = 34,6 \ J/K$

$\Delta S_{BC} = 62,74 \ J/K$

$\Delta S_{CA} = -97,3 \ J/K$

$\Rightarrow \Delta S_{CICLO} = 8,9 \cdot 10^{-3} \ J/K \sim 0 \ J/K$

$\Rightarrow \boxed{\Delta S_U \sim \Delta S_{AMB} = 178,58 \ J/K}$

TUTORAGGIO XI (2021-2022)

11.3 m_p, v_p , m_{ICE} , $T_0 = 0°C$

URTO COMPLETAMENTE ANELASTICO

CONSERVO LA Q.TÀ DI MOTO

$$m_p v_p = (m_p + m_{ICE})\tilde{v} \Rightarrow \tilde{v} = \frac{m_p}{m_p + m_{ICE}} v_p = 5{,}77 \ m/s$$

NELL'URTO SI DISSIPA

$$\Delta E = \frac{(m_p + m_{ICE})}{2}\tilde{v}^2 - \frac{m_p}{2}v_p^2 = -2163{,}44 \ J$$

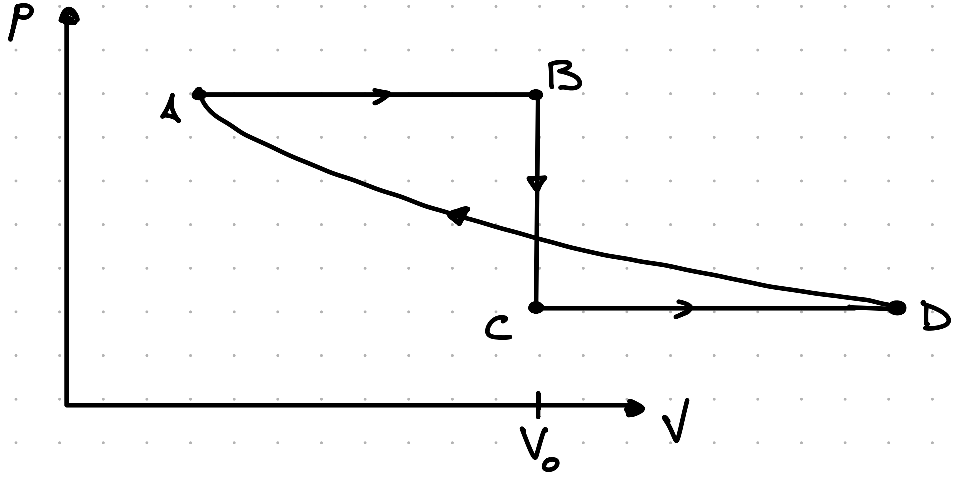
$$\Rightarrow |\Delta E| = \lambda m_{F,1} \Rightarrow m_{F,1} = \frac{|\Delta E|}{\lambda} = 6{,}48 \ g$$

ORA METTO UN CERTO $\mu \neq 0$, APPLICO IL TEOREMA DELLE FORZE VIVE

$$W_{DISS} = \Delta K = -\frac{(m + m_{ICE})}{2}\tilde{v}^2 = -86{,}56 \ J$$

$$m_{F,2} = \frac{|W_{DISS}|}{\lambda} = 0{,}26 \ g$$

11 4



$V_A = 1\ \ell$

$V_D = 5\ \ell$

V_0 tc $W_{TOT} = 0$

IN AB HO $Q_{AB} = nC_p(T_B - T_A)$ $W_{AB} = p_A(V_B - V_A) \overset{!}{=} p_A(V_0 - V_A) = nR(T_B - T_A)$

IN BC HO $Q_{BC} = nc_V(T_C - T_B)$ $W_{BC} = 0$

IN CD HO $Q_{CD} = nC_p(T_D - T_C)$ $W_{CD} = p_C(V_D - V_C) \overset{!}{=} p_C(V_D - V_0) = nR(T_D - T_C)$

IN DA HO $Q_{DA} = W_{DA} = nRT_A \ln\left(\frac{V_A}{V_D}\right)$, $T_A = T_D$

DUNQUE HO

$$W_{TOT} = p_A(V_0 - V_A) + p_C(V_D - V_0) + nRT_A \ln\left(\frac{V_A}{V_D}\right)$$

$$= nR(T_B - T_A) + nR(T_D - T_C) + nRT_A \ln\left(\frac{V_A}{V_D}\right)$$

$$= nR\left\{ T_B - T_C + T_A \ln\left(\frac{V_A}{V_D}\right)\right\}$$

$T_A = T_D$

ISO BARA HO $\frac{V}{T} = \text{COST}$

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \Rightarrow T_B = \frac{V_0}{V_A} T_A$$

$$\frac{V_C}{T_C} = \frac{V_D}{T_D} \Rightarrow T_C = \frac{V_0}{V_D} T_A$$

$$\Rightarrow W_{TOT} = nR\left\{ \frac{V_0}{V_A} T_A - \frac{V_0}{V_D} T_A + T_A \ln\left(\frac{V_A}{V_D}\right)\right\}$$

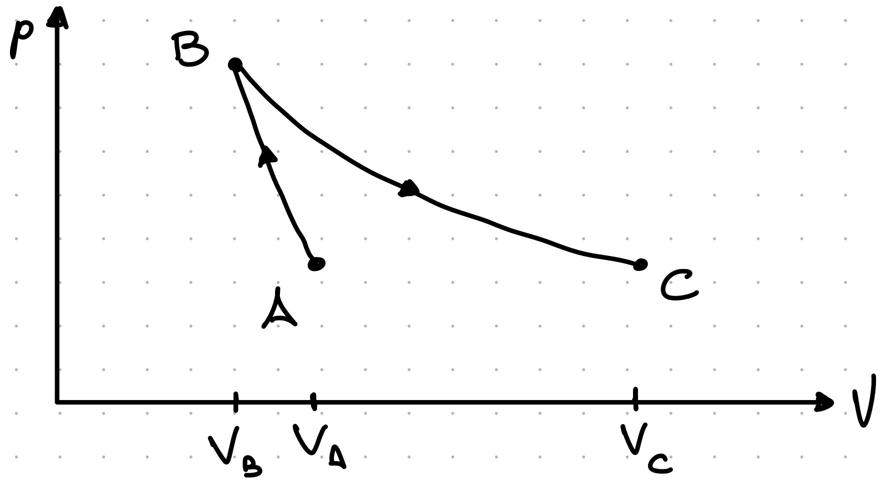
IMPONGO

$$W_{TOT} = 0 \Rightarrow V_0\left(\frac{1}{V_A} - \frac{1}{V_D}\right) + \ln\left(\frac{V_A}{V_D}\right) = 0$$

$$\Rightarrow V_0 \frac{V_D - V_A}{V_A V_D} = \ln\left(\frac{V_D}{V_A}\right)$$

$$\Rightarrow V_0 = \frac{V_A V_D}{V_D - V_A} \ln\left(\frac{V_D}{V_A}\right) = 2{,}012\ \ell$$

11.5 V_A, T_A, p_A, V_B, V_C GAS BIATOMICO



TROVA T_C, W

ISOTERMA HO $Q_{AB} = W_{AB} = nRT_A \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$

HO $T_A = T_B$ E RICAVO $n = \frac{p_A V_A}{R T_A} = 0,43 \text{ mol}$

$\Rightarrow Q_{AB} = W_{AB} = -1628,32 \text{ J}$

DETERMINO

$p_B = \frac{nRT_B}{V_B} = 505865,33 \text{ Pa} = 4,99 \text{ atm}$

BC ADIABATICA HO $Q_{BC} = 0$

$$W_{BC} = -nc_v(T_C - T_B)$$

$$T_B V_B^{\gamma-1} = T_C V_C^{\gamma-1} \Rightarrow T_C = \left(\frac{V_B}{V_C}\right)^{\gamma-1} T_B = 112{,}66 \text{ K}$$

$$\Rightarrow W_{BC} = 1522{,}78 \text{ J}$$

DUNQUE

$$W_{TOT} = -105{,}53 \text{ J}$$