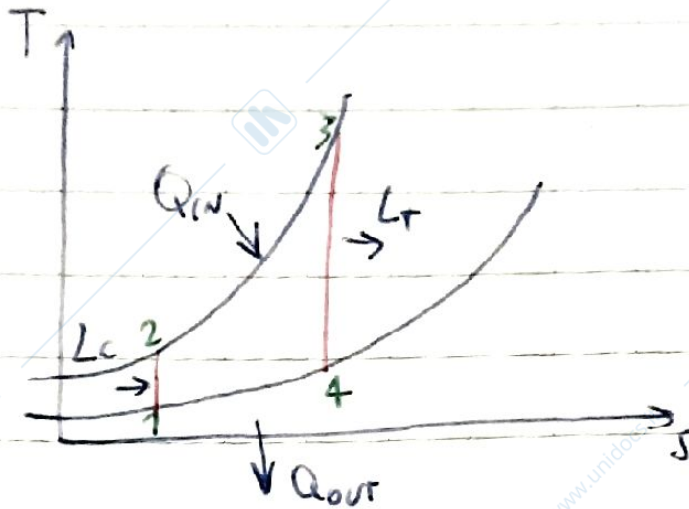
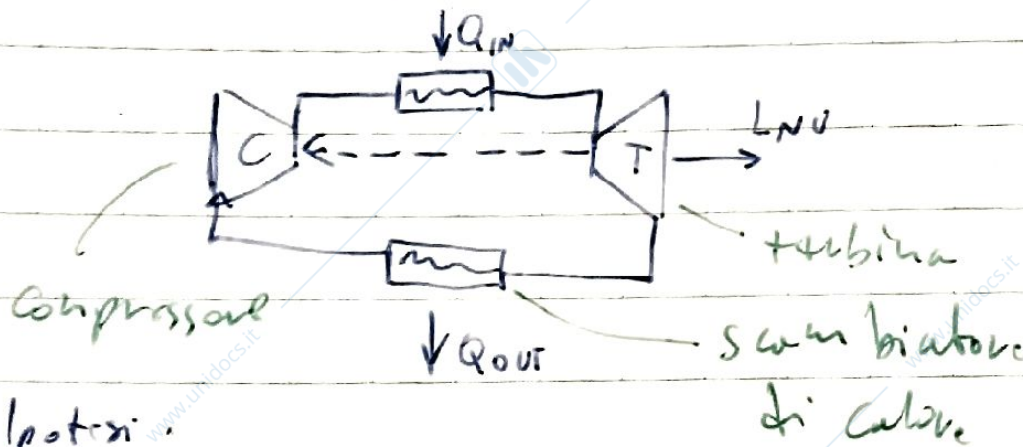


Riprendiamo dal ciclo Joule-Brayton



Scheda componenti



Ipotesi:

- Ciclo chiuso
- Aria (gas) ideale $c_p = \text{cost}$
- $w_i = \text{cost}$

$$\eta_I = \frac{L_T - L_c}{Q_{in}}$$

$$\begin{aligned} Q_{in} + L_{in} &= \Delta H = w_i \Delta h \\ &= \frac{w_i \Delta h_T - w_i \Delta h_c}{w_i \Delta h_{23}} \end{aligned}$$



Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
----	----	----	----	----	----	----

Usando l'ipotesi di gas perfetto

in un ciclo

$$\eta_I = \frac{q_{IT} - q_{IC}}{q_{IT23}}$$

$$\eta_I = \frac{(T_3 - T_4) - (T_2 - T_1)}{T_3 - T_2} = \frac{T_3 \left(1 - \frac{T_4}{T_3}\right) - T_2 \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right)}{T_3 - T_2}$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{p_4}{p_3}\right)^{\frac{R}{C_p}} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{R}{C_p}} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow = \frac{\left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) (T_3 - T_2)}{T_3 - T_2}$$

$$\eta_I = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

ideale

↳ dipende esclusivamente dalle temperature di ingresso e di uscita



3

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
----	---------------	----	----	----	----	----

No. FISICA TECNICADate 10.12.17

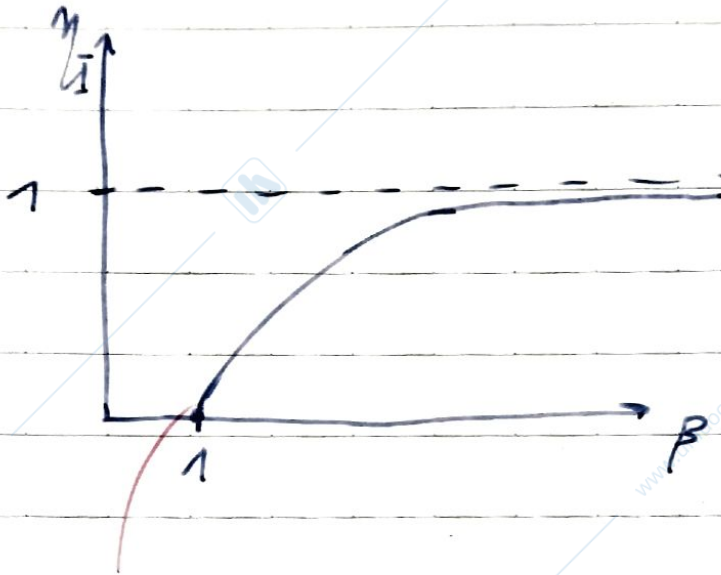
$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{R}{C_p}} \quad \beta = \frac{P_2}{P_1} \quad \frac{R}{C_p} = 0$$

$$\downarrow$$

$$1 - \beta^0$$



graficamente:



curva inclinata per chi

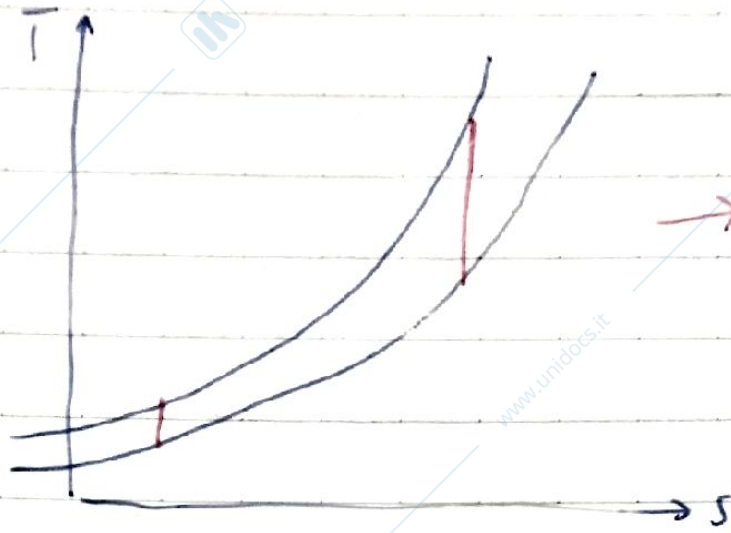
matematicamente continua anche

prima di 1 (η negativo), ma

fisicamente si ferma ad 1 ($\eta = 0$)

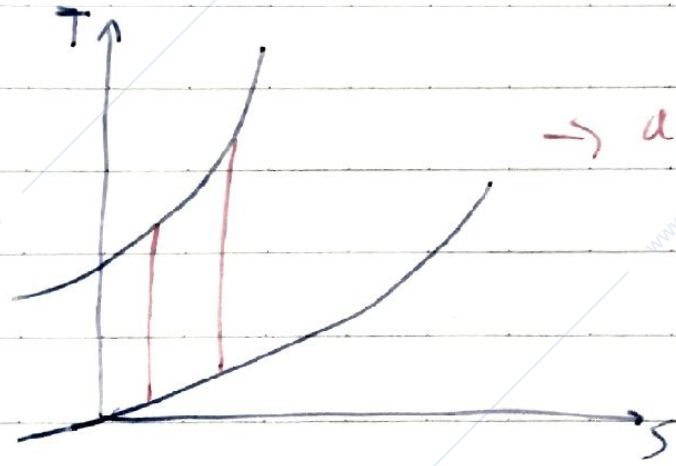
Analizziamo il variare di β come varia praticamente il ciclo

- β basso



→ freno forte
poco lavoro

- β molto elevato



→ anche qti
buon freno
molto lavoro

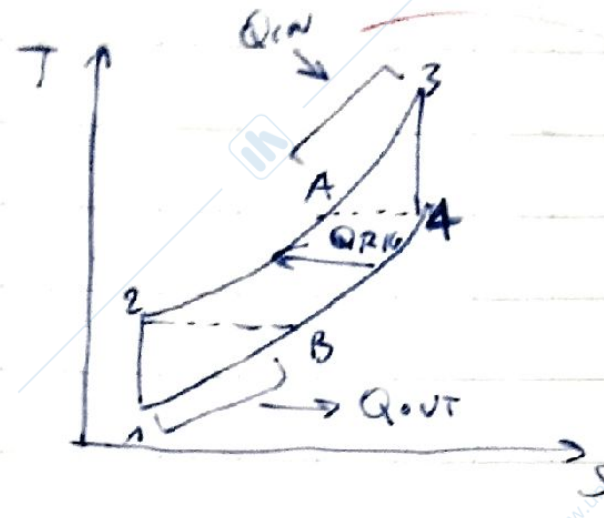
→ In generale si deve trovare a parità di peso un β che permetta di ottenere l'usura massima

↳ + lavoro un po' meno buono il rendimento

5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Immaginiamo di avere:

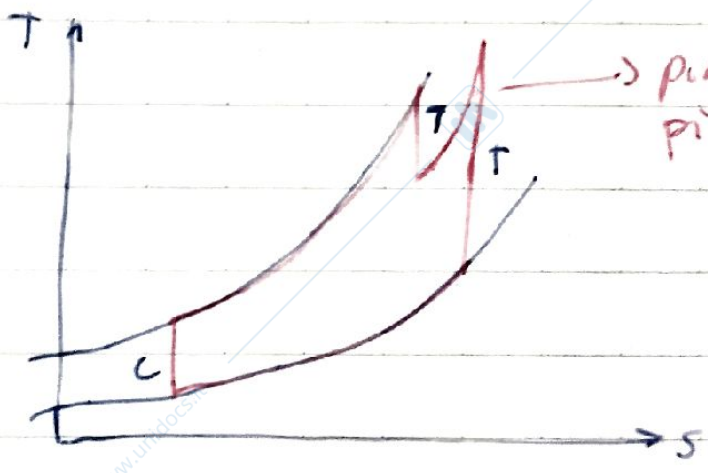


Il Q_{in} sta solo tra A e B
 tra 2 e 4
 c'è un calore di rigenerazione Q_{rig}

Con una certa rigenerazione si può migliorare il rendimento

che dipende da Q_{out}

Volendo anche nel ciclo Brayton possiamo riscaldare una seconda volta

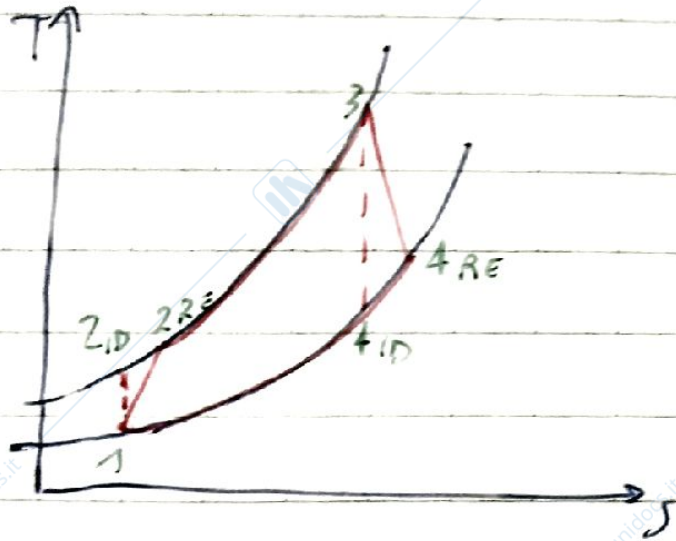


per ottenere più energia

tipicamente si usa al decollo degli aerei, per avere + spinta

Mo	X	We	Th	Fr	Sa	Su
----	---	----	----	----	----	----

Cicli reali



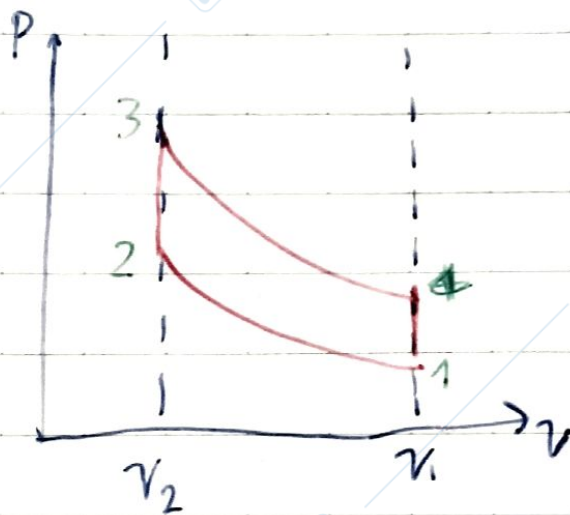
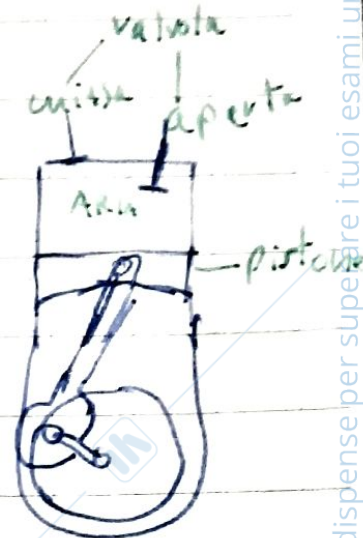
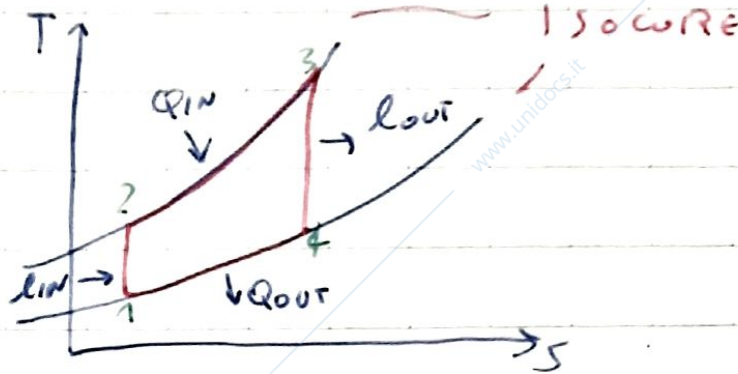
Daunque

$$\eta_I = \frac{l_T - l_C}{\dot{q}_{in}} = \frac{-|\Delta T_{1-2_{RE}}| + |\Delta T_{3-4_{RE}}|}{|\Delta T_{2_{RE}-3}|}$$

$$= \frac{l_{T-ID} \cdot \eta_T - l_{C-ID} / \eta_C}{\dot{q}_{in-RE}}$$

Motore a ciclo Otto

Molto simile al ciclo Brayton solo che avviene a volume chiuso



Principio
che
gira
e muove
il pistone

In base ai "tempi" del motore differenti modalità costruttive

les. 2 tempi
4 tempi

part. online

Ipotesi

- chiuso
- gas perfetto
- cp cost
- ideale
- in cost.

NB. (Brayton → sistemi aperti)

I PDT per sistemi chiusi
($q_{in} + l_{in} = \Delta U$)

$$\eta_I = \frac{l_{out}}{q_{in}} = \frac{l_{out} - l_{in}}{q_{in}} = \frac{|\Delta U_{34}| - |\Delta U_{12}|}{|\Delta U_{23}|}$$

gas perf.

$$\downarrow = \frac{c_p \Delta T_{34} - c_p \Delta T_{12}}{c_p \Delta T_{23}} =$$

$$= \frac{(T_3 - T_4) - (T_2 - T_1)}{T_3 - T_2} =$$

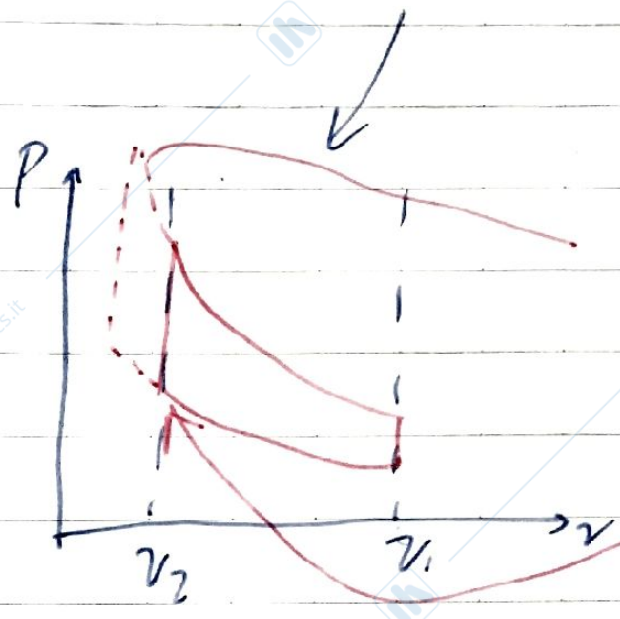
$$= \frac{T_3 \left(1 - \frac{T_4}{T_3}\right) - T_2 \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right)}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{\frac{R}{c_v}} = \left(\frac{v_3}{v_4}\right)^{\frac{R}{c_v}} = \frac{T_3}{T_4}$$

praticamente 1



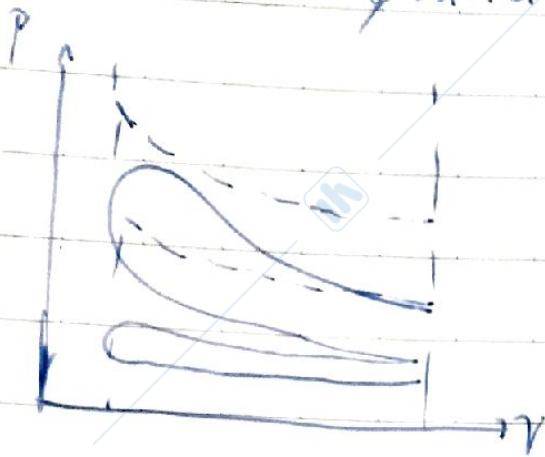
Naturalmente ci sono i limiti tecnologici



Se esagero
 troppo a
 un certo
 punto la
 miscela con
 la compressione
 perde troc
 da sola perché
 continuo a comprime
 re e a staziona
 i componenti

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
----	----	----	----	----	----	----

Consideriamo: $\gamma = 1,4$



Ciclo
Reale Otto

PME

Indice di pressione
sul pistone

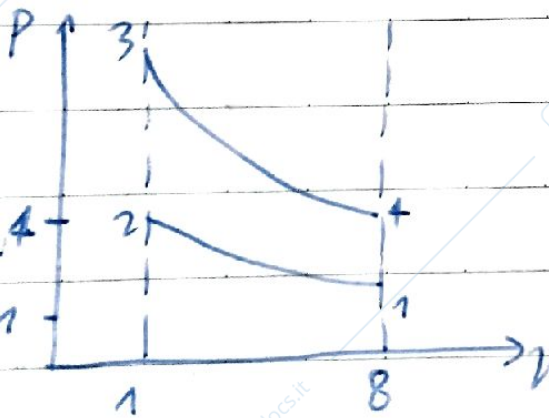
Multipl. per $\sigma_p = \text{Portata}$

per "1 litro"

↓
Lavoro (cilindrico)

Esercizi

1 (es. 6 Sezione Dispensa)



$P_1 = 1 \text{ Atm}$

$T_1 = 300 \text{ K}$

$Q_{\text{comb}} = 2000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,4 \rightarrow \text{biatomic}$



$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 1 \cdot 8^{1,4} = 18,4 \text{ atm}^*$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \rightarrow T_2 = 300 \cdot 8^{0,4} = 689 \text{ K}$$

P	T (K)	
1	300	1
18,4	689	
~90	3479	
~5	1514	

Pressi ad "occhi" partendo dall'isoterma
temperature

$$2 \rightarrow 3: Q_{IN} + W_{IN} = \Delta U = m c_v \Delta T$$

↓
Q_{comb}

$$2000 = \Delta T \frac{5}{2} \frac{8314}{29}$$

[J/kg] [kJ/kg·K]

$$\Delta T_{23} = \frac{2000}{0,717} = 2790 \text{ K}$$

3 → 4:

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{P_4}{P_1}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{T_4}{T_1}$$

$$\rightarrow T_4 = 1514$$

$$\eta_I = \eta_C(T_1, T_2) = 1 - \frac{T_{INF}}{T_{SUP}} = 1 - \frac{300}{689} = 56\%$$

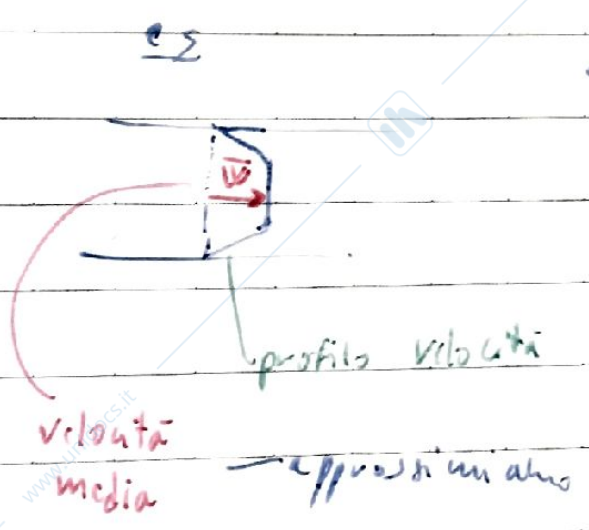
Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
		X				

$$\eta_c(T_1, T_2) = 1 - \frac{700}{3473} = 91\%$$

$$\eta_B = \frac{56}{91} \approx 50\%$$

IDRAULICA (quand. dispersa)

Prendere mo come ipotesi: - FLUIDO INCOMPRESSIBILE



- ← - moto unidimensionale
- condizioni stazionarie
- $m = \text{cost} \Rightarrow v = \text{cost}$
- $\rho = \text{cost}$
- ↓
- $\rho v A = \text{cost}$

Consideriamo

$$1 \quad 2$$

$$\text{Abbiamo: } \rho_1 v_1 + \frac{\rho_1 v_1^2}{2} + \rho_1 z_1 + \rho_1 \int p_1 \, dV = \rho_2 v_2 + \frac{\rho_2 v_2^2}{2} + \rho_2 z_2 + \rho_2 \int p_2 \, dV$$

termini di energia
cinetica

Mo	Tu	W	Th	Fr	Sa	Su
----	----	---	----	----	----	----

Date 11.12.19

In una situazione ideale si può stabilire l'equazione in termini di energia meccanica e energia termica.

e. Mecc: $p_1 v + \frac{w_1^2}{2} + p z_1 + \rho w = p_2 v_2 + \frac{w_2^2}{2} + p z_2$

$\hookrightarrow p_1 + \rho \frac{w_1^2}{2} + \rho p z_1 + \rho l_{in} = p_2 + \rho \frac{w_2^2}{2} + \rho p z_2$
 cost.

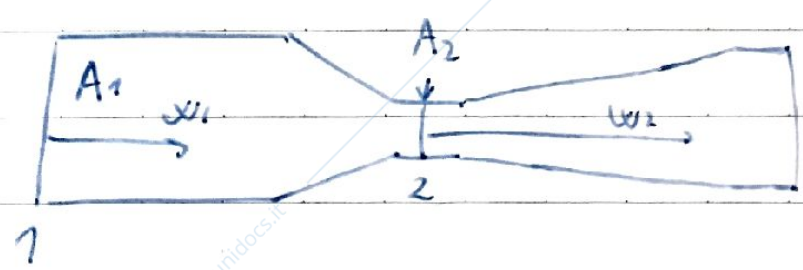
Principio delle semplificazioni:

↓
no lavoro

⇒ ottengo eq. Bernoulli

$$p v + \frac{w^2}{2} + p z = \text{cost}$$

Tubo di Venturi



$$p_1 + \rho \frac{w_1^2}{2} = p_2 + \rho \frac{w_2^2}{2} \quad p_1 - p_2 = \rho \frac{w_2^2 - w_1^2}{2}$$

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
----	----	----	----	----	----	----

$$= \rho \frac{1}{2} (v_2^2 - v_1^2) = \rho \frac{v_1^2}{2} \left(\frac{v_2^2}{v_1^2} - 1 \right)$$

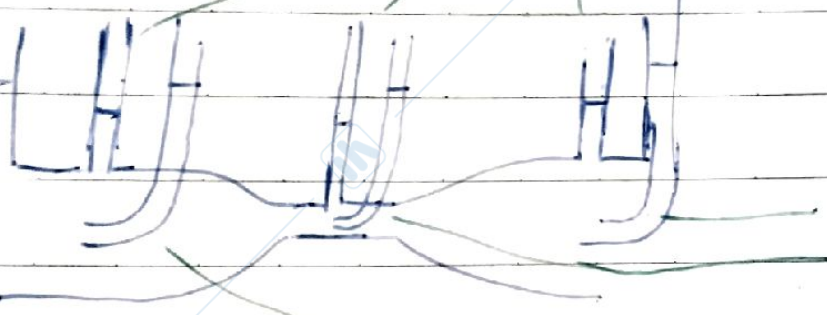
dove $v_1 A_1 = v_2 A_2$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$\Delta p = \rho \frac{v_1^2}{2} \left(\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1 \right)$$

Press. di pressione:
misura velocità
cinetica

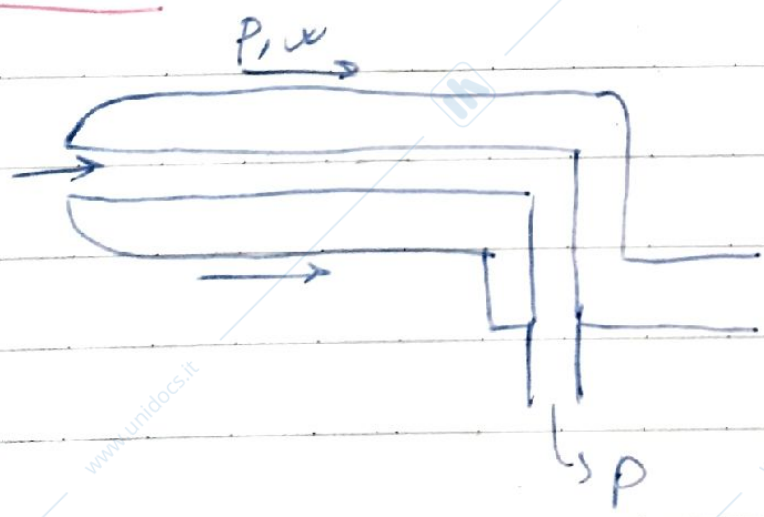
Cons. di massa:



+ en. cinetica

Scabatoio

Tubo di Pitot



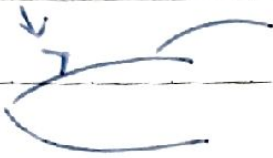
$$P_{TOT} = p + \rho \frac{v^2}{2}$$

$$\Delta p = \rho \frac{w^2}{2}$$

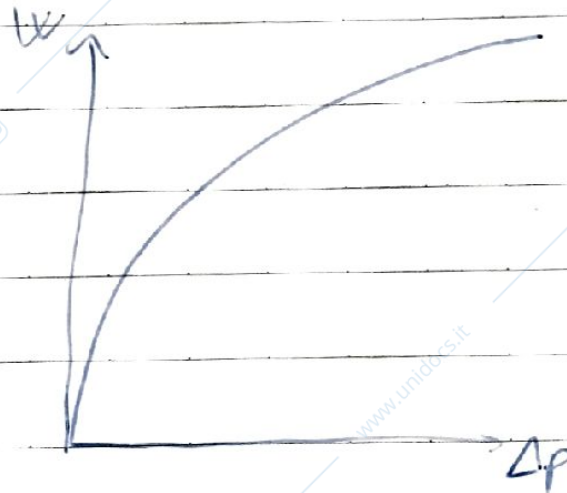
I tubi di Pitot si possono trovare di fronte al naso dell'aereo

per misurare la velocità

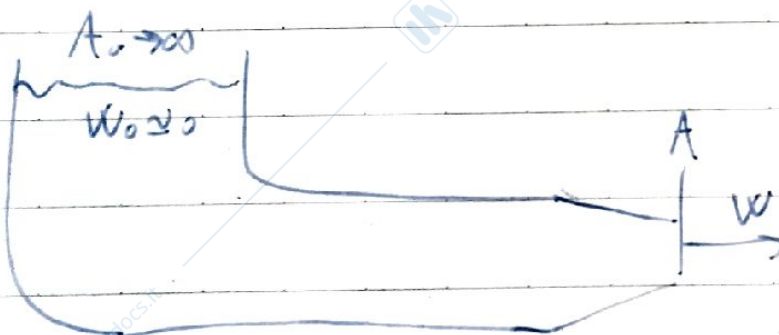
del veicolo rispetto all'aria



$$w = \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}}$$



Vgelli



in condiz. ideali

$$\Delta p = \rho \frac{w^2}{2}$$

$$w = \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}}$$

$$\dot{m} = \rho w A = \sqrt{2 \Delta p \rho} \cdot A$$



7

No. FISICA TECNICA

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
----	----	----	----	----	----	----

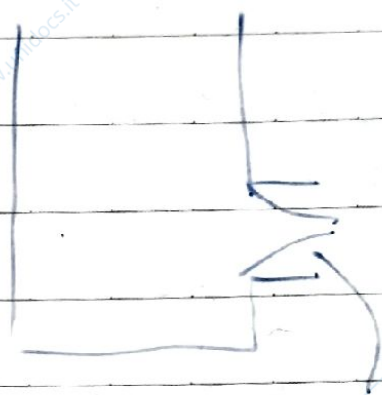
Date 11.12.19

$$u_i = C_{eff} \sqrt{2\rho \Delta p A}$$

C_{eff}
 ↓
 di efflusso

↓
 dipende dalla
 geometria

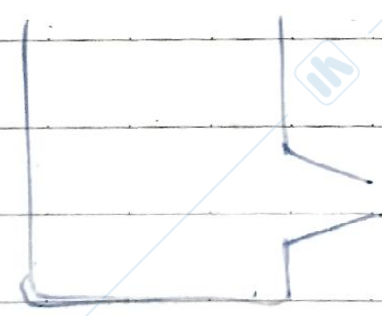
cs



non
 serve
 la geometria

C_{eff}
 peggiore

Se lo faccio così



→ C_{eff}
 migliore

perdite di carico



ΔP_{pc}

il tubo è ripieno con un fluido

rispetto al lavoro ideale

abbiamo tre componenti

di lavoro convettivo e

una parte di lavoro dovuto

alle perdite di carico che

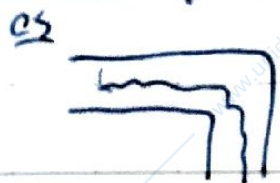
scaldano il fluido

Le perdite possono essere
 / Distribuite
 \ Concentrate

$$\Delta P_{DISTR.} = \frac{\lambda L}{D} \rho \frac{v^2}{2}$$

Coeff. di attrito (tabaco di Moody)

$$\Delta P_{CONCENTR.} = \sum K_i \cdot \rho \frac{v^2}{2}$$



coeff. — da Tab.
 dipende dalla geometria della curva

☀ ☁ ☂ 9

Mo Tu Wed Th Fr Sa Su

No. FISICA TECNICA

Date 11.12.19

grafici caratteristici:

