



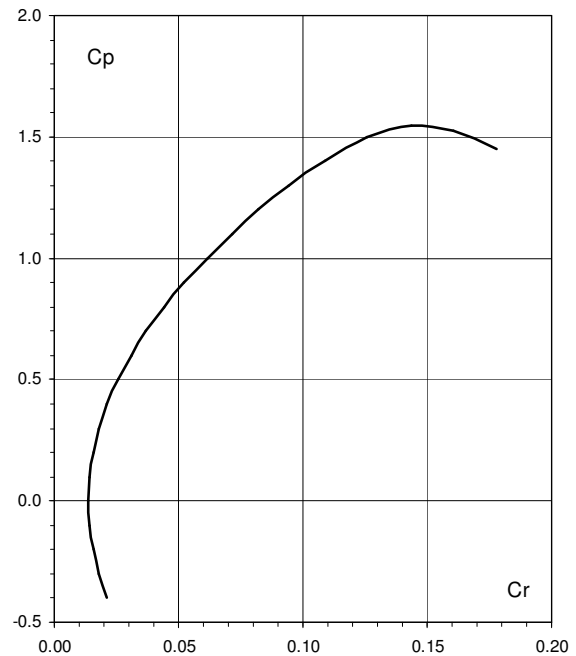
A – Di un velivolo a getto trimotore, di peso $Q = 188000$ N e carico alare $Q/S = 4000$ N/m², si conosce la curva polare riportata in figura e la trazione installata per ciascun turbogetto, pari a $T = (10500 + AA*80)$ N = _____ N.

Virata. Il velivolo effettua una virata corretta, a quota zero, con raggio di virata $r = (1280 + B*200)$ m = _____ m e rateo di virata $\omega = V/r = 1$ giro/2 minuti.

- A1. Calcolare il fattore di carico n .
- A2. Calcolare l'inclinazione θ attorno all'asse di rollio.
- A3. Calcolare la percentuale di manetta del gas impostata dal pilota.

Velocità di manovra. Supponendo che il fattore di carico massimo sopportabile dalla struttura sia pari a $n_{\max} = (2.5 + 0.12*C) =$ _____.

- A4. Calcolare il raggio minimo di virata r_{\min} .
- A5. Calcolare la corrispondente velocità V_m .
- A6. Identificare la condizione su un piano n - V .
- A7. Valutare se la virata di raggio minimo può essere sostenuta a velocità in modulo costante (facoltativo).



B – In figura sono rappresentati schematicamente il cinematiso di comando di un equilibratore e l'andamento del carico aerodinamico lungo la corda dell'equilibratore in una data condizione di volo. Il cinematiso è costituito dalla barra di comando e da un'asta che la collega all'equilibratore.

Equilibrio.

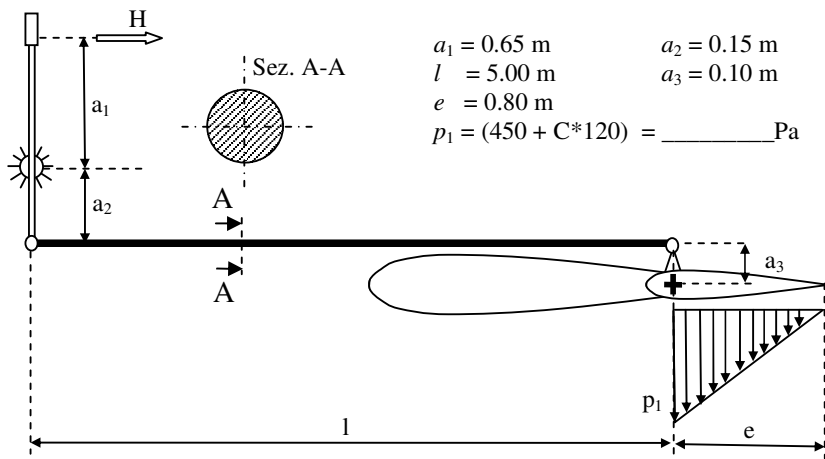
- B1. Calcolare la forza H che deve esercitare il pilota per mantenere l'equilibratore nella condizione data.

Dimensionamento dell'asta. Per un primo dimensionamento a trazione, si consideri che essa abbia sezione piena circolare. Si abbiano a disposizione i seguenti materiali:

- Lega di alluminio LA: $E = 72000$ MPa, sforzo di snervamento $\sigma_s = 410$ MPa, densità $\rho = 2700$ Kg/m³
- Acciaio AC: $E = 200000$ MPa, sforzo di snervamento $\sigma_s = 1250$ MPa, densità $\rho = 8000$ Kg/m³

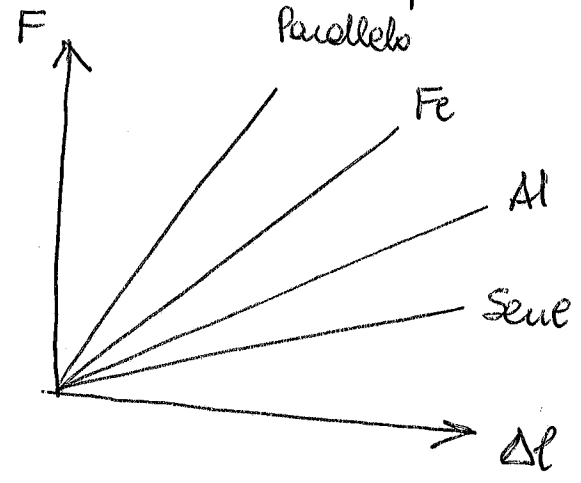
- B2. Calcolare il diametro d della sezione e scegliere il materiale affinché, con l'azione assiale F di questa condizione, siano soddisfatti i seguenti requisiti:

- a. L'allungamento dell'asta risulti minore di $\Delta l = (1 + 0.2*B)$ mm = _____ mm.
- b. Lo sforzo nell'asta sia inferiore alla metà dello sforzo di snervamento σ_s del materiale.
- c. L'asta sia la più leggera possibile.



Le strutture si comportano come molle!

Parallelo



Continua ...

Imponendo invece imporre una forza $F = 9810 \text{ N}$

$$\Delta l = \frac{F}{k_{eq}} = 0,1107 \text{ mm}$$

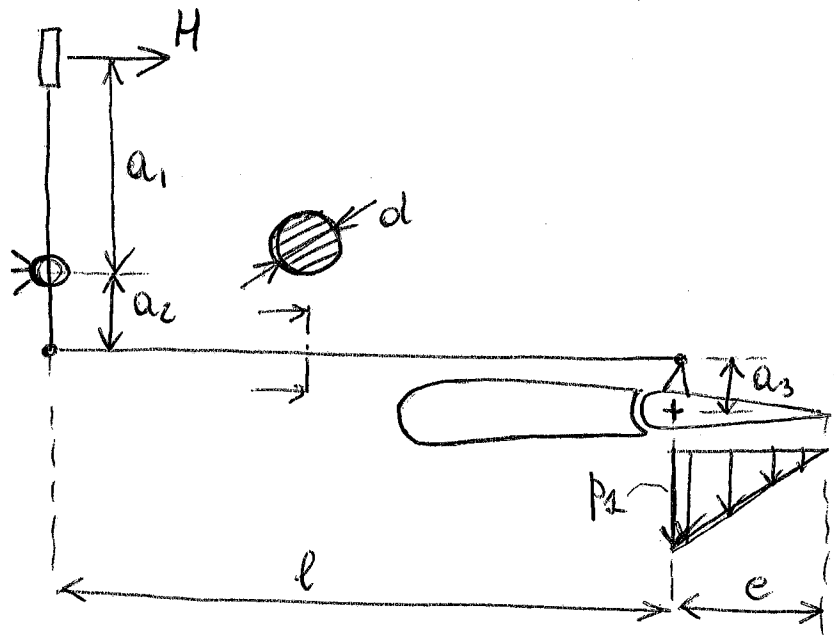
La forza nelle due barre sarà:

$$F_{Al} = k_{Al} \cdot \Delta l = 4305 \text{ N}$$

$$F_{Fe} = k_{Fe} \cdot \Delta l = 2504 \text{ N}$$

IAT 0027

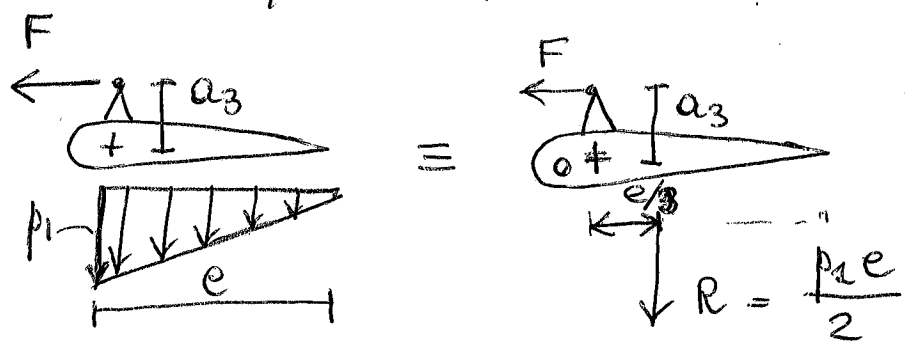
B)



- $a_1 = 0,65 \text{ m}$
- $l = 5 \text{ m}$
- $e = 0,8 \text{ m}$
- $a_2 = 0,15 \text{ mm}$
- $a_3 = 0,10 \text{ m}$
- $p_1 = 450 \text{ Pa} \cdot \text{m}$

B1 - H per mantenere equilibrio

considero l'equilibrio sull'abbotte

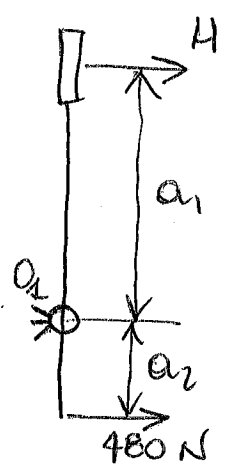


Equilibrio alla rotazione attorno ad O

$$\begin{aligned} \sum \overset{+}{\curvearrowright} & F a_3 - R \frac{1}{3} e = 0 & F &= \frac{1}{3} R \frac{e}{a_3} = \frac{1}{3} \frac{p_1 e}{2} \frac{e}{a_3} \\ & & &= 480 \text{ N} \end{aligned}$$

Equilibrio nell' asta 480 N 480 N

Equilibrio nella leva di comando



Equilibrio alla rotazione attorno a O_1

$$O_1 \curvearrowright 480\text{ N} \cdot a_2 - H a_1 = 0$$

$$H = 480\text{ N} \frac{a_2}{a_1} = \underline{110,77\text{ N}}$$

B2 - Dimensionamento a trazione

(AL)	$E = 72000\text{ MPa}$	$\sigma_s = 410\text{ MPa}$	$\rho = 2700\text{ kg/m}^3$
(AC)	$E = 200000\text{ MPa}$	$\sigma_s = 1250\text{ MPa}$	$\rho = 8000\text{ kg/m}^3$

Determinare d soddisfacendo i vincoli

- $\Delta l \leq 1\text{ mm}$
- $\sigma < \frac{1}{2} \sigma_s$
- Quota il più basso possibile

$$F = k \Delta l \quad k = \frac{EA}{l} = \frac{E}{l} \frac{\pi}{4} d^2$$

Unico a considerare il primo criterio: $\Delta l = 1\text{ mm}$

$$F = \frac{\pi E}{4l} d^2 \Delta l \rightarrow d = \sqrt{\frac{4Fl}{\pi E \Delta l}}$$

$$d_{AL} = \sqrt{\frac{4 \times 480\text{ N} \times 5000\text{ mm}}{\pi \times 72000\text{ N/mm}^2 \times 1\text{ mm}}} = 6,51\text{ mm} \quad A_{AL} = 33,28\text{ mm}^2$$

$$d_{AC} = \sqrt{\frac{4 \times 480\text{ N} \times 5000\text{ mm}}{\pi \times 200000\text{ N/mm}^2 \times 1\text{ mm}}} = 3,91\text{ mm} \quad A_{AC} = 12,01\text{ mm}^2$$

Dato che ho considerato il legame sforzo-deformazione lineare $\sigma = E \epsilon$, devo verificare che lo sforzo sia inferiore al valore di snervamento:

$$\sigma_{AL} = \frac{F}{A_{AL}} = \frac{480 \text{ N}}{33,28 \text{ mm}^2} = 14,42 \text{ MPa} \ll \sigma_s = 410 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{AC} = \frac{F}{A_{AC}} = 39,97 \text{ MPa} \ll \sigma_s = 1250 \text{ MPa}$$

} ipotesi verificata

Progetto ora l'asta con il criterio $\sigma = \frac{\sigma_s}{2}$ e scelgo il criterio più conservativo:

$$\sigma_{AL} = \frac{F}{A_{AL}} = \frac{F}{\frac{\pi d_{AL}^2}{4}} = \frac{4F}{\pi d_{AL}^2} \rightarrow d_{AL} = \sqrt{\frac{4F}{\pi \frac{\sigma_{s_{AL}}}{2}}}$$

$$d_{AL} = 1,73 \text{ mm} \rightarrow A_{AL} = 2,35 \text{ mm}^2$$

$$d_{AC} = 0,99 \text{ mm} \rightarrow A_{AC} = 0,77 \text{ mm}^2$$

Con questo criterio:

$$\Delta l = \frac{F}{k} = \frac{F}{\frac{EA}{l}} = \frac{Fl}{EA} \left\{ \begin{array}{l} \Delta l_{AL} = 14,18 \text{ mm} \\ \Delta l_{AC} = 15,58 \text{ mm} \end{array} \right\} \gg 1 \text{ mm}$$

Il primo criterio non viene soddisfatto. Di conseguenza scelgo:

$$+ d_{AL} = 6,51 \text{ mm}, A_{AL} = 33,28 \text{ mm}^2$$

$$+ d_{AC} = 3,91 \text{ mm}, A_{AC} = 12,01 \text{ mm}^2$$

È valuto quale sarà l'asta con il minore peso:

$$M_{AL} = A_{AL} \times l \times \rho_{AL} = 33,28 \text{ mm}^2 \times 5000 \text{ mm} \times \frac{2700 \text{ kg}}{10^9 \text{ mm}^3} = 0,45 \text{ kg}$$

$$M_{AC} = A_{AC} \times l \times \rho_{AC} = 0,48 \text{ kg}$$

$M_{AL} < M_{AC}$: Scelgo l'asta in Alluminio



Cognome _____

Nome _____

--	--	--	--	--	--	--	--

Matricola: - - A A B C

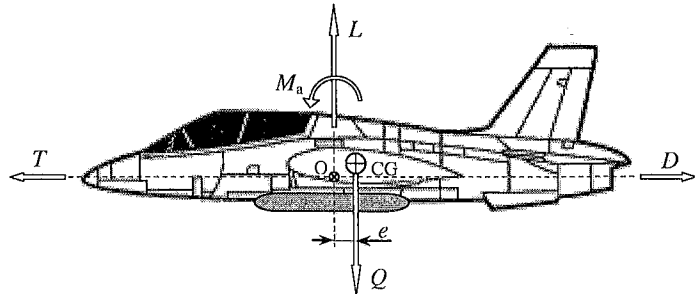
A – In figura sono rappresentate le forze agenti su un velivolo da addestramento di peso

$$Q = (53000 + AA \cdot 100) \text{ N} = \text{_____} \text{ N}$$

in volo orizzontale rettilineo uniforme alla velocità

$$V = (180 + B \cdot 18) \text{ kts} = \text{_____} \text{ kts}$$

e ad efficienza $E = 10$. Le componenti L e D della forza aerodinamica totale sono riportate applicate al punto O davanti al baricentro, e M_a è il momento di trasporto delle azioni aerodinamiche in O .

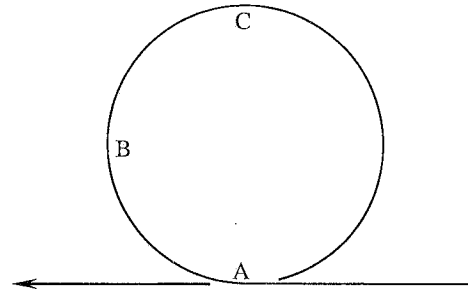


A1. In questa condizione di volo, determinare il valore di M_a .

B – Il velivolo esegue quindi un looping circolare alla stessa velocità, costante in modulo. In entrata (posizione A), il fattore di carico è il valore massimo di progetto, $n_A = 7$.

Determinare:

- B1.** il nuovo valore di M_a nella posizione A,
- B2.** il raggio della traiettoria,
- B3.** il fattore di carico nelle posizioni B e C.

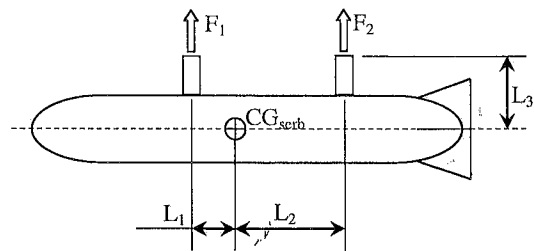


C – Il velivolo è equipaggiato con serbatoi sub-aliari sganciabili, ciascuno di peso

$$Q_{\text{serb}} = (3000 + C \cdot 50) \text{ N} = \text{_____} \text{ N.}$$

Con riferimento allo schema riportato a lato,

C1. calcolare le componenti F_1 e F_2 delle reazioni di vincolo tra attacchi serbatoio ed ala, nelle posizioni A, B e C sulla traiettoria (si trascuri la presenza della resistenza aerodinamica).



D Per un primo dimensionamento degli attacchi, si prendano in considerazione due materiali: Lega di Alluminio 7075-T6 e Lega di Titanio alfa-beta Ti-6Al-4V.

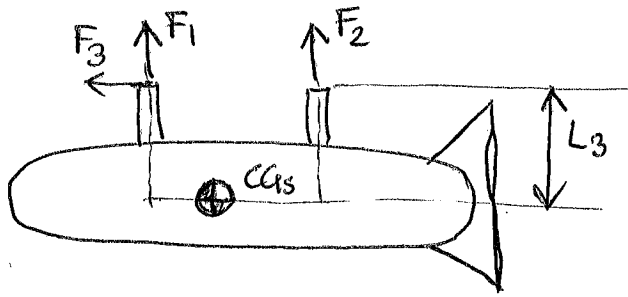
D1. Dimensionare ad azione assiale l'attacco anteriore nella condizione più gravosa tra quelle del problema C.

Dati: $e = 450 \text{ mm}$
 $L_1 = 100 \text{ mm}$
 $L_2 = 350 \text{ mm}$
 $L_3 = 150 \text{ mm}$

	7075-T6	Ti-6Al-4V	
Modulo elastico	71700	114000	MPa
Sforzo di snervamento	503	828	MPa
Sforzo di rottura	572	897	MPa
Densità	2.81	4.42	kg/dm ³

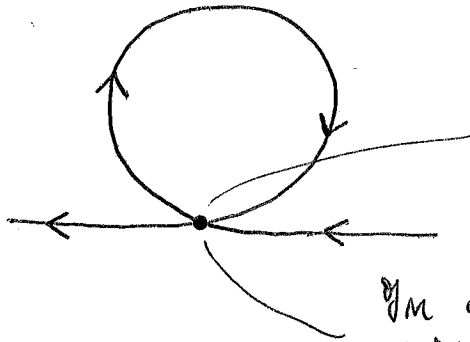
Nei dati, AA, B e C sono rispettivamente le cifre [3,4], [5] e [6] del numero di matricola. – Conversione velocità: 1 kts = 0.514 m/s.

D)



+ Dimensionare ad me assiale
l'attacco anteriore nella condizione
di richiamata più gravosa

$$L_3 = 150 \text{ mm}$$



Punto con massimo
fattore di carico

In questo punto, dalla
scorsa esercitazione:

$$F_1 = 16333,33 \text{ N}$$

$$F_2 = 4666,67 \text{ N}$$

$$F_3 = 0 \text{ N}$$

Si hanno a disposizione due materiali
(Caratteristiche meccaniche nel tema d'esame)

AL - lega di alluminio

TI - lega di titanio

Scelgo il criterio di progetto (ARBITRARIO) $\sigma = \frac{\sigma_s}{k}$

$$\sigma_{AL} = 335,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{TI} = 552 \text{ MPa}$$

Fattore di
sicurezza

$$k = 1,5$$

$$\sigma = \frac{F_1}{A} \rightarrow A = \frac{F_1}{\sigma} \left\{ \begin{array}{l} A_{AL} = \frac{16333,33 \text{ N}}{335,33 \text{ N/mm}^2} = 48,71 \text{ mm}^2 \\ A_{TI} = 29,59 \text{ mm}^2 \end{array} \right.$$

Calcolo la massa degli attacchi con i calcolati:

$$M_{AL} = \rho_{AL} \times A_{AL} \times L_3 = \frac{2,81 \text{ kg}}{10^6 \text{ mm}^3} \times 48,71 \text{ mm}^2 \times 150 \text{ mm} = 0,02 \text{ kg}$$

$$M_{TI} = \rho_{TI} \times A_{TI} \times L_3 = 0,0196 \text{ kg}$$

$M_{TI} < M_{AL} \rightarrow$ Scelgo la barra in lega di titanio