

Sia dato un velivolo bimotore, propulso a elica, in volo alla quota del mare, caratterizzato dai dati riportati nelle tabelle seguenti.

**Tabella 1** Dati globali del velivolo.

Massa totale, $m = W/g$	2200 kg
Coefficiente di resistenza a portanza nulla, $C_{D_0}$	0,030
Fattore di Oswald della polare, $e_{tot}$	0,80
Posizione adimensionale del baricentro rispetto al bordo d'attacco della corda media aerodinamica, $X_{cg}/\bar{c}$	0,30

**Tabella 3** Dati caratteristici dell'ala. (Continua)

Apertura, $b$	13,00 m
Corda di radice, $c_r$	1,60 m
Rapporto di rastremazione, $\lambda = c_t/c_r$	0,50
Gradiente del coefficiente di portanza del profilo alare, $C_{l_{\alpha,w}}$ (dato 2D)	$0,105 \text{ deg}^{-1}$
Svergolamento geometrico d'estremità, $\varepsilon_t$	$-2,00 \text{ deg}$
Angolo di portanza nulla dell'ala, $\alpha_{0L,w}$ (dato 3D)	$-0,56 \text{ deg}$
Calettamento della corda di radice rispetto alla retta di riferimento della fusoliera, $i_w$	$2,0 \text{ deg}$
Posizione adimensionale del centro aerodinamico dell'ala rispetto al bordo d'attacco della corda media aerodinamica, $X_{ac,w}/\bar{c}$ (dato 3D)	0,28

**Tabella 4** Dati caratteristici dell'impennaggio orizzontale.  
Forma in pianta rettangolare, profilo simmetrico.

Superficie di riferimento, $S_H$	$2,88 \text{ m}^2$
Apertura, $b_H$	3,60 m
Distanza del centro aerodinamico dell'impennaggio dal centro aerodinamico dell'ala, $X_{ac,H} - X_{ac,w}$	5,00 m
Corda di radice, $c_{r,H}$	0,80 m
Gradiente del coefficiente di portanza del profilo alare, $C_{l_{\alpha,H}}$ (dato 2D)	$0,11 \text{ deg}^{-1}$
Fattore di Oswald, $e_H$ (di resistenza indotta)	0,90
Rapporto delle pressioni dinamiche, $\eta_H = \bar{q}_H/\bar{q}_\infty$	0,95
Calettamento dell'impennaggio orizzontale, $i_H$	$-3,0 \text{ deg}$
Fattore di efficacia dell'elevatore, $\tau_e$	0,43
Gradiente del coefficiente di momento di cerniera, $C_{\mathcal{H}_{\alpha,e}}$	$-0,0070 \text{ deg}^{-1}$
Gradiente del coefficiente di momento di cerniera, $C_{\mathcal{H}_{\delta_e,e}}$	$-0,0130 \text{ deg}^{-1}$
Corda di riferimento dell'equilibratore, $\bar{c}_e$	0,24 m

**Tabella 2** Dati della fusoliera.

Coefficiente di momento di beccheggio a portanza nulla, $C_{\mathcal{M}_{0,f}}$	$-0,060$
Gradiente del coefficiente di momento di beccheggio, $C_{\mathcal{M}_{\alpha,f}}$	$0,0045 \text{ deg}^{-1}$
Gradiente del coefficiente di momento di imbardata, $C_{\mathcal{N}_{\beta,f}}$	$-0,00480 \text{ deg}^{-1}$

**Tabella 3** (Continua dalla precedente)  
Dati caratteristici dell'ala.

Coefficiente di momento di beccheggio intorno al centro aerodinamico alare, $C_{\mathcal{M}_{ac,w}}$ (dato 3D)	$-0,073$
Fattore di Oswald, $e_w$ (di resistenza indotta)	0,90
Posizioni adimensionali in apertura delle sezioni estreme degli alettoni, ( $\eta_{inner}$ ; $\eta_{outer}$ )	0,70; 1,00
Fattore di efficacia dell'alettone, $\tau_a$	0,38
Angolo di freccia del bordo d'attacco, $\Lambda_{le}$	$10,0 \text{ deg}$
Angolo di diedro, $\Gamma$	$5,0 \text{ deg}$

**Tabella 5** Dati caratteristici dell'impennaggio verticale.

Superficie di riferimento, $S_V$	$3,00 \text{ m}^2$
Distanza del centro aerodinamico dell'impennaggio dal baricentro del velivolo, $l_V$	5,00 m
Distanza verticale media tra il centro aerodinamico dell'impennaggio verticale e la direzione della velocità, $h_V$	1,50 m
Gradiente del coefficiente di portanza dell'impennaggio, $C_{L_{\alpha,v}}$ (dato 3D)	$3,32 \text{ rad}^{-1}$
Rapporto delle pressioni dinamiche, $\eta_V = \bar{q}_V/\bar{q}_\infty$	1,00
Fattore di efficacia del timone, $\tau_r$	0,50
Gradiente dell'angolo di <i>sidewash</i> , $d\sigma/d\beta$	0,13

**Tabella 6** Dati del sistema propulsivo. Si veda la figura 1.  
(velivolo *bimotore* a elica, propulsori alari).

Diametro dell'elica, $D_p$	2,0 m
Gradiente dell'angolo di <i>upwash</i> in corrispondenza delle eliche, $d\varepsilon_u/d\alpha_B$	0,420
Gradiente del coefficiente di forza normale dell'elica, $dC_{N_p}/d\alpha_p$	$0,0032 \text{ deg}^{-1}$
Distanza longitudinale del punto di applicazione della spinta dal baricentro, $X_T$	1,30 m
Distanza laterale del motore destro, $Y_T$	3,00 m
Distanza verticale del punto di applicazione della spinta dal baricentro, $Z_T$	0,030 m

## QUESITI

(1) Ricavare e discutere la formula di calcolo di  $C_{\mathcal{M}_{ac,w}}$ , coefficiente di momento di beccheggio dell'ala intorno al proprio centro aerodinamico. Spiegare perché questo coefficiente andrebbe a modificarsi per effetto della deflessione dei flap.

## QUESITI

**B**

**7 pt**

(2) Velivolo in condizione di volo orizzontale, equilibrato, ad ali livellate, ad una velocità  $V = 200 \text{ km/h}$ . Ciascuna elica produce, oltre ad un'aliquota di spinta, anche una forza  $N_p$  appartenente al piano del disco e diretta verso l'alto (figura 1). Tale forza si esprime adimensionalmente come  $C_{N_p} = N_p / (q_\infty S_p)$ , con  $S_p$  l'area del disco dell'elica. Nella tabella 6 è dato il gradiente  $dC_{N_p} / d\alpha_p$ , dove  $\alpha_p$  è l'angolo d'attacco della corrente in corrispondenza del disco dell'elica.

Si risponda ai seguenti punti: **(a)** per l'assegnato calettamento del piano orizzontale  $i_H$ , calcolare l'angolo d'attacco di volo (rispetto alla retta di riferimento della fusoliera) e la corrispondente deflessione dell'equilibratore a comandi bloccati; **(b)** determinare il carico di equilibrio  $L_H$ , in modulo e segno, agente sul piano orizzontale di coda a comandi bloccati, valutandone l'entità in percentuale rispetto alla portanza totale;

**7 pt**

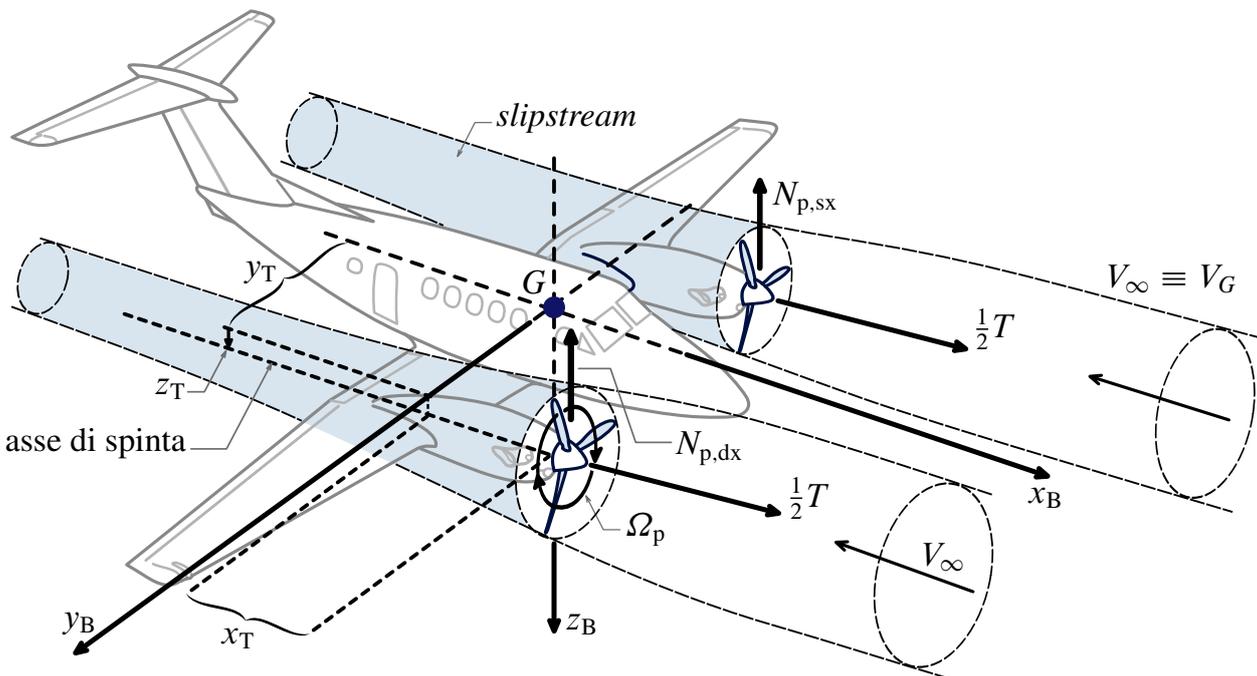
(3) Determinare la posizione dei punti neutri a comandi bloccati e liberi del velivolo assegnato. Tener conto dell'effetto della forza normale  $N_p$  esercitata dalle eliche. Calcolare inoltre l'angolo d'attacco, la velocità, e la potenza necessaria all'equilibrio a comandi liberi.

**7 pt**

(4) In condizioni di decollo — considerare un incremento di  $C_{D_0}$  di 0,015 — il velivolo procede alla velocità di volo  $V^* = 150 \text{ km/h}$ . Si consideri una raffica proveniente dalla destra del pilota con velocità  $V_{\text{gust}} = 20 \text{ km/h}$  e la piantata del motore sinistro. Calcolare la deflessione del timone e degli alettoni per volare con le ali livellate.

### NOTE

- ▷ Laddove è richiesto applicare l'equazione di equilibrio alla traslazione lungo la normale alla traiettoria, si approssimi per semplicità la portanza totale con quella generata dalla sola ala.
- ▷ Una deflessione positiva degli alettoni si ha quando l'alettone destro si abbassa.



**Figura 1** Velivolo bimotore. Nomenclatura delle grandezze che caratterizzano i due moto-propulsori.