

## MECCANICA DEL VOLO - MODULO PRESTAZIONI

### Esame scritto – Tempo a disposizione 2 ore e 45 minuti

#### PARTE 1 (tempo indicativo 60 minuti) **10 PUNTI**

- 1-1** Un velivolo ad elica da 4000 Kg vola a 4000 m di quota nel punto E (di minima resistenza) ad una velocità  $V_E = 235$  Km/h ed è caratterizzato da una resistenza pari a 278,5 Kg e da una potenza necessaria pari a 239,5 Hp. Valutare l'efficienza massima. Se il velivolo aumenta il suo carico ed il peso diventa 5000 Kg, come si modificano la resistenza e la potenza nello stesso punto ed alla stessa quota?
- 1-2** Dimostrare le espressioni del CL, del CD e dell'efficienza aerodinamica E nel punto P (darne una definizione) della polare parabolica.
- 1-3** Ricavare l'espressione del raggio di virata e della velocità angolare di virata mostrando graficamente le forze agenti sul velivolo in virata.
- 1-4** Illustrare il problema dell'autonomia di distanza di un velivolo a getto. Ricavare l'espressione (formula di Breguet) facendo le opportune ipotesi. L'autonomia dipende dalla quota di volo?

#### PARTE 2 (tempo orientativo 1:45 - 2 ore)

##### 2A) ELICA (12 PUNTI, 3 punti ad esercizio)

Dato un velivolo bimotore ad elica (P68) caratterizzato dai seguenti dati :

$W_{TO}$  (Peso massimo al decollo)=2000 Kg     $S=19$  m<sup>2</sup>     $b=12.5$  m     $CD_0=0.028$      $e=0.80$      $CL_{MAX}$  (pulito) = 1.50

$W_f$  (peso del solo combustibile consumabile) = 400 Kg

$\Pi_{ao} = 2$  motori da 200 hp ( $\Pi_{ao\ TOT} = 400$  hp)     $\eta_P =$  (rendimento elica) = 0.80     $SFC = 0.55$  lb/(hp h)

**(Motore alternativo, senza fattore Kv).**

Per alcuni calcoli bisogna considerare un particolare punto caratteristico della polare.

- Valutare i punti caratteristici DELLA POLARE (CL, CD, E) e velocità, spinta e potenza necessarie in tali punti a livello del mare (S/L) ed alla quota di crociera di 3000 m (Fare una tabellina riepilogativa). Riportare velocità in Km/h, spinte in Kgf e potenze in [hp].
- Valutare la velocità massima (massimo grado ammissione) in [Km/h] in volo livellato col metodo iterativo (NON E' NECESSARIO INSERIRE il Kv dovuto all'effetto RAM perché il motore non è TURBOELICA) alla quota di 3000 m.
- Valutare il massimo rateo di salita ed il corrispondente angolo di salita del velivolo a livello del mare, sia con tutti i motori operativi che con 1 solo motore operativo.
- Ricavare l'espressione dell'autonomia di distanza del velivolo ad elica (Breguet) partendo dalla definizione di consumo specifico e valutare la massima autonomia di distanza del velivolo e la velocità corrispondente (TAS ed EAS) a 3000 m di quota.

##### 2B) JET ; 8 PUNTI, 3.5 per (e) e 4.5 per (f)

Dato un velivolo a getto BIMOTORE da 100 posti (Fokker 100) caratterizzato dai seguenti dati

$W=43000$  Kg     $S=93$  m<sup>2</sup>     $b=28$  m

$CD_0=0.020$      $e=0.80$      $CL_{MAX}$  (pulito) = 1.40     $CL_{MAX\_TO}=2.1$

$T_o =$  (spinta massima al decollo di ogni motore turbofan) 6400 Kgf

(assumere quindi  $T_{o\_TOT} = 12800$  kgf) (cioè circa 13 tonnellate, quindi circa 1/3 del peso max al decollo)

$SFCJ=0.5$  lb/(lb h)

- Valutare il massimo rateo di salita ed il corrispondente angolo di salita a livello del mare (S/L) **in condizioni di un motore inoperativo**. Effettuare i calcoli in corrispondenza del punto caratteristico in cui il getto dovrebbe presentare il massimo rateo. Ai fini della stima del valore della spinta del motore turbofan alle velocità caratteristiche usare il grafico dato (SPINTA TURBOFAN IN DECOLLO) con il fattore correttivo di 0.90 (settaggio di spinta massima continuativa).
- Calcolare la corsa di decollo (corsa al suolo + involo) del velivolo considerando la spinta in corrispondenza di  $0.7 V_{LO}$  (con  $V_{LO}=1.1 V_{S\_TO}$ ) dal grafico e considerando tutte le forze agenti mediamente costanti e pari al loro valore in corrispondenza di  $V = 0.70 \cdot V_{LO}$ . Si assumano i seguenti dati :

$\Delta CDO$  (carrelli + flap) = 0.018     $K_{ES}$  (riduzione resistenza indotta per effetto suolo) = 0.80

$\mu =$  coeff attrito volvente = 0.030     $CL_G$  (CL di rullaggio) = 0.70

Assumere, per la corsa di involo, una velocità media pari a  $1.15 V_{S\_TO}$  e un fattore di carico pari a 1.19.

Per la corsa al suolo partire dalla relazione :

$$S_G = \int_0^{V_{LO}} dS = \int_0^{V_{LO}} \frac{V dV}{a} \quad \text{e legare l'accelerazione a tutte le forze agenti}$$

Assumere l'integrando (accelerazione) costante (metodo 2 degli appunti) e pari al valore in corrispondenza di  $V=0.70 V_{LO}$ . Ai fini della stima del valore della spinta dei motori turbo fan alla velocità di riferimento ( $V=0.70 V_{LO}$ ) usare il grafico dato (SPINTA TURBOFAN IN DECOLLO).

## FORMULE E GRAFICI DA CONSULTARE

Tabella Aria tipo

Alt.	Temp.	Temp. Ratio	Press.	Press. Ratio	Density	Density Ratio	Coeff. of Viscosity	Speed of Sound
h (m)	T (°K)	$\theta$	p (N/m <sup>2</sup> )	$\delta$	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\sigma$	$\mu$ (N - sec/m <sup>2</sup> ) (x10 <sup>-5</sup> )	V <sub>a</sub> (m/sec)
Geopotential								
0	288.2	1.0000	101,325	1.0000	1.2250	1.0000	1.789	340.3
500	284.9	0.9888	95,460	0.9421	1.1673	0.9529	1.774	338.4
1,000	281.7	0.9775	89,874	0.8870	1.1116	0.9075	1.758	336.4
1,500	278.4	0.9662	84,555	0.8345	1.0581	0.8637	1.742	334.5
2,000	275.2	0.9549	79,495	0.7846	1.0065	0.8216	1.726	332.5
2,500	271.9	0.9436	74,682	0.7371	0.95686	0.7811	1.710	330.6
3,000	268.7	0.9324	70,108	0.6919	0.90912	0.7421	1.694	328.6
3,500	265.4	0.9211	65,764	0.6490	0.86323	0.7047	1.678	326.6
4,000	262.2	0.9098	61,640	0.6083	0.81913	0.6687	1.661	324.6
4,500	258.9	0.8985	57,728	0.5697	0.77677	0.6341	1.645	322.6
5,000	255.7	0.8872	54,019	0.5331	0.73612	0.6009	1.628	320.5
5,500	252.4	0.8760	50,506	0.4985	0.69711	0.5691	1.612	318.5
6,000	249.2	0.8647	47,181	0.4656	0.65970	0.5385	1.595	316.4
6,500	245.9	0.8534	44,034	0.4346	0.62384	0.5093	1.578	314.4
7,000	242.7	0.8421	41,060	0.4052	0.58950	0.4812	1.561	312.4
7,500	239.4	0.8309	38,251	0.3775	0.55662	0.4544	1.544	310.2
8,000	236.2	0.8196	35,599	0.3513	0.52517	0.4287	1.527	308.1
8,500	232.9	0.8083	33,099	0.3267	0.49509	0.4042	1.510	305.9
9,000	229.7	0.7970	30,742	0.3034	0.46635	0.3807	1.492	303.8
9,500	226.4	0.7857	28,523	0.2815	0.43890	0.3583	1.475	301.6
10,000	223.2	0.7745	26,436	0.2609	0.41271	0.3369	1.457	299.5
10,500	219.9	0.7632	24,474	0.2415	0.38773	0.3165	1.439	297.3
11,000	216.7	0.7519	22,632	0.2234	0.36392	0.2971	1.422	295.1
11,500	216.7	0.7519	20,916	0.2064	0.33633	0.2746	1.422	295.1
12,000	216.7	0.7519	19,330	0.1908	0.31083	0.2537	1.422	295.1

## CONVERSIONE

### Lunghezze

1 nm = 1852 m = 1.852 Km

1 Km = 0.540 nm

1 inch = 2.54 cm

1 ft = 0.3048 m

1 m = 3.2808 ft

### Velocita'

1 kts = (nm/hr) = 1.852 Km/hr

1 ft/sec = 1.09728 Km/hr

1 ft/sec = 0.5925 Kts

1 Kts = 1.688 ft/sec

1 ft/min = 0.009875 Kts

### Pesi o forze

1 Kp = 9.81 N

1 lb = 0.45359 Kp

1 Kp = 2.2046 lbs

### Pressione

1 psf = (lbs/ft<sup>2</sup>) = 4.8824 kp/m<sup>2</sup>

1 kg/m<sup>2</sup> = 0.20482 psf

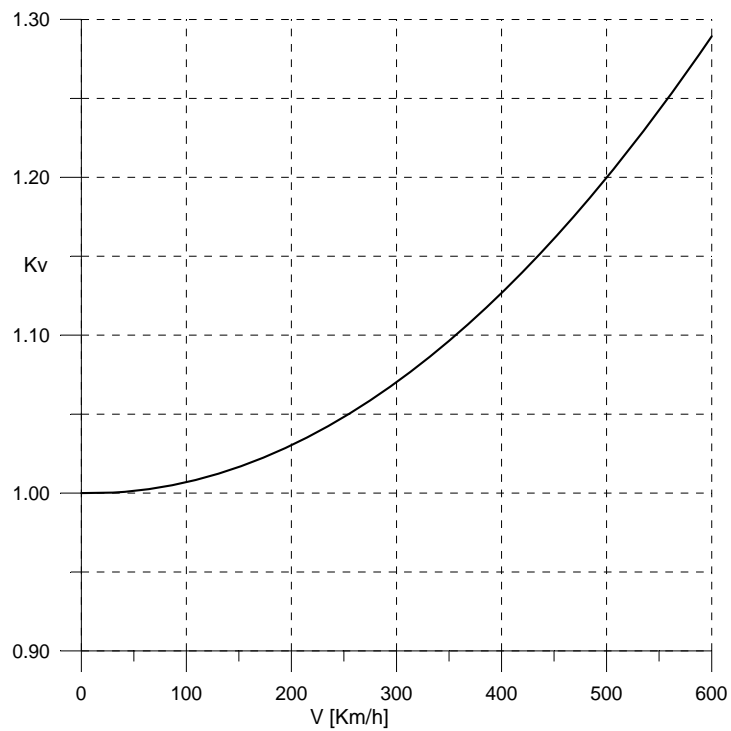
1 psf = 47.88 N/m<sup>2</sup>

1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup> = 0.02088 psf

### Potenze

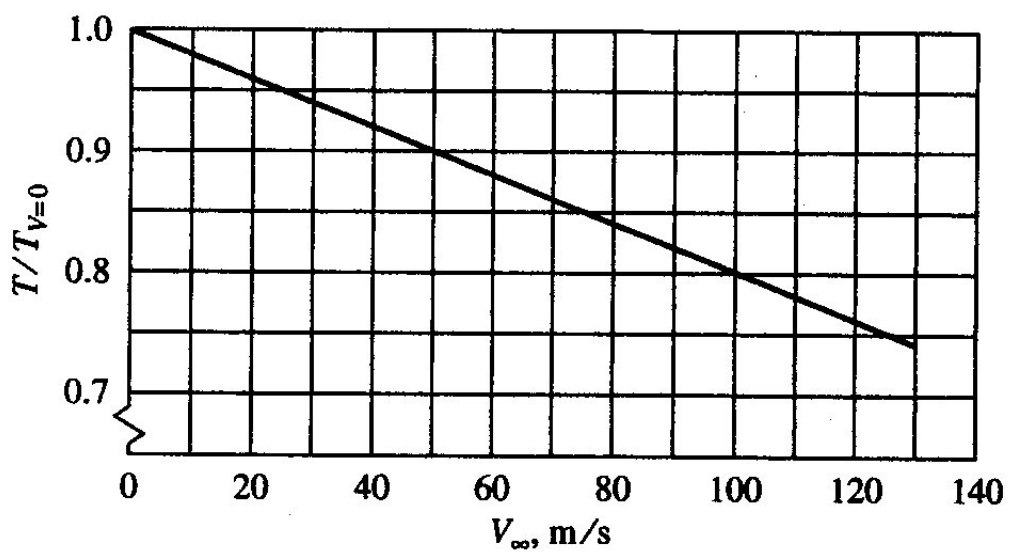
1 Hp = 746 W = 0.746 KW

1 KW = 1.34 Hp



### EFFETTO RAM MOTORE TURBOELICA

Leggere Valore Kv dal grafico



Fattore riduzione spinta TURBOFAN IN DECOLLO e SALITA (basse quote)  
*(per la salita moltiplicare per un ulteriore fattore riduttivo pari a 0.90)*