



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di
Ingegneria

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SECONDA SESSIONE 2017
PRIMA PROVA SCRITTA – Sezione B
23 NOVEMBRE 2017**

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA**

Le metodologie e gli strumenti per la misura dei parametri elettrici caratterizzanti gli impianti industriali.

La capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ENERGETICA**

Nel contesto di un suo impiego in impianti di potenza alimentati da fonti energetiche rinnovabili (solare, geotermico, biomassa) il candidato illustri i principi di funzionamento e l'impatto ambientale di un motore primo a sua scelta (turbina a gas, turbina a vapore o motore a combustione interna).

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA**

I vincoli dell'attività progettuale: la Specifica Tecnica.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di
Ingegneria

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SECONDA SESSIONE 2017
SECONDA PROVA SCRITTA – Sezione B
29 NOVEMBRE 2017**

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA**

La progettazione di un sistema di pianificazione e controllo della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

La capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ENERGETICA**

Il candidato discuta i parametri termodinamici caratteristici per la stima delle prestazioni e il dimensionamento preliminare della turbina a vapore per l'utilizzo in impianti combinati.

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA**

Il candidato illustri i criteri di progettazione e la procedura di verifica per l'impiego di collegamenti filettati, corredando la trattazione con un'esemplificazione a piacere.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di
Ingegneria

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SECONDA SESSIONE 2017
PROVA PRATICA – Sezione B
15 FEBBRAIO 2018**

B

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA**

Un'attività commerciale adibita a centro di estetica, deve effettuare la ristrutturazione dei suoi locali sia dal punto di vista strutturale/architettonico che impiantistico.

Si consideri la potenza elettrica delle macchine più significative installate nell'attività.

Descrizione	Potenza Attiva	Tensione di Alimentazione, f.d.p. e coefficiente di utilizzo	N° di conduttori	Note
Solarium Doccia	11 kW	400V - 0,9 $K_u=1$	3F+N+T	Alimentazione tramite presa interbloccata CEE17
Solarium Viso	5,5 kW	400V - 0,9 $K_u=1$	3F+N+T	Alimentazione tramite presa interbloccata CEE17
Poltrona Pedicure	2 kW	230V - 0,9 $K_u=1$	F+N+T	Alimentazione tramite presa interbloccata CEE17

Inoltre, l'impianto di trattamento aria e di climatizzazione è alimentato da un proprio quadro elettrico di protezione e controllo con alimentazione diretta dal quadro elettrico generale e potenza attiva impegnata pari a 17 kW, tensione nominale 400V e f.d.p.=0,9 posizionato nella resede.

Considerando la planimetria del centro allegata con la disposizione delle macchine e la classificazione degli ambienti, viene chiesto di progettare l'impianto elettrico a servizio dell'attività fornendo i seguenti elaborati grafici:

1. Schema a blocchi della distribuzione;
2. Schema elettrico unifilare del quadro elettrico generale.

Inoltre, al Candidato è chiesto:

3. il dimensionamento di massima dell'impianto di illuminazione ordinaria e di sicurezza rispettando l'illuminamento medio richiesto in conformità alla norma UNI EN 12464 per l'illuminazione ordinaria e UNI EN 1838 e/o CEI 64-8 per l'illuminazione di sicurezza e scegliendo le lampade ritenute più opportune per quanto riguarda l'illuminazione ordinaria e lampade fluorescenti compatte autoalimentate per l'illuminazione di sicurezza.
4. il dimensionamento e lo schema elettrico dell'impianto di messa a terra ed equipotenziale secondo le indicazioni prescritte dalla normativa e legislazione vigente in materia.

Infine, considerando i carichi installati, fornire:

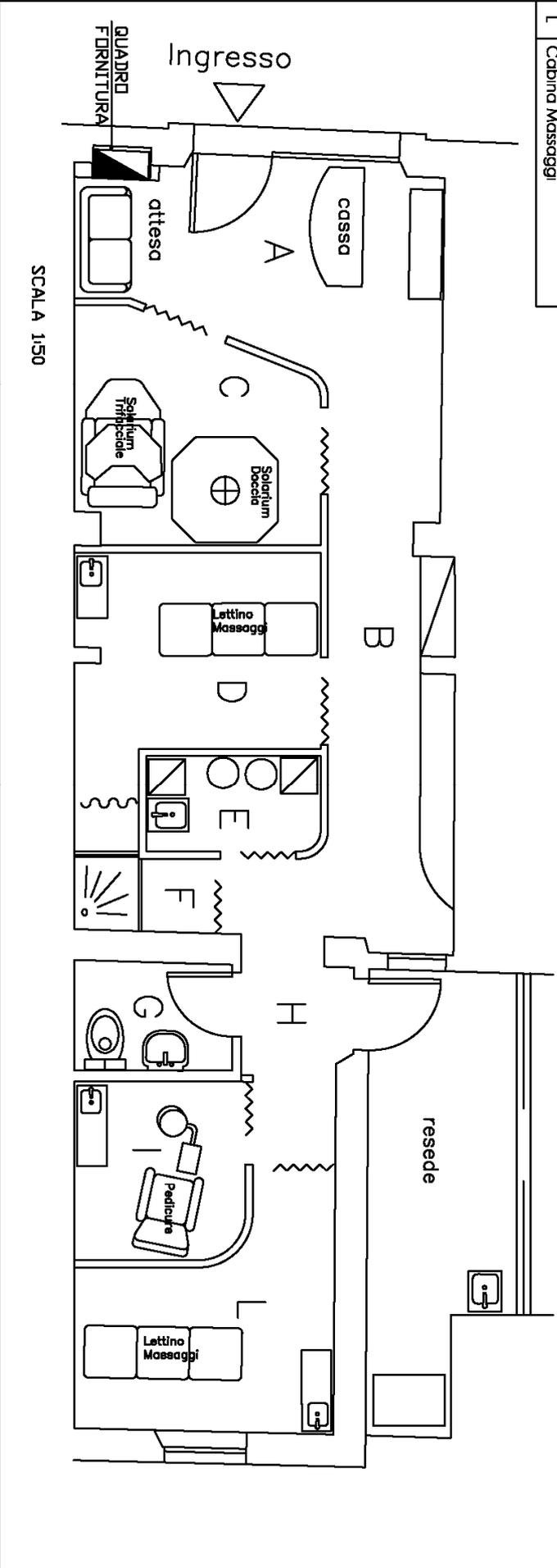
5. la potenza elettrica contrattuale da richiedere all'ente distributore di energia elettrica.

Per lo svolgimento della prova, il Candidato è libero di effettuare tutte le ipotesi che riterrà necessarie e di operare le scelte che riterrà più opportune.

Il Candidato dovrà presentare una relazione dettagliata e ordinata e dovrà esporre con chiarezza le motivazioni delle scelte operate.

La capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

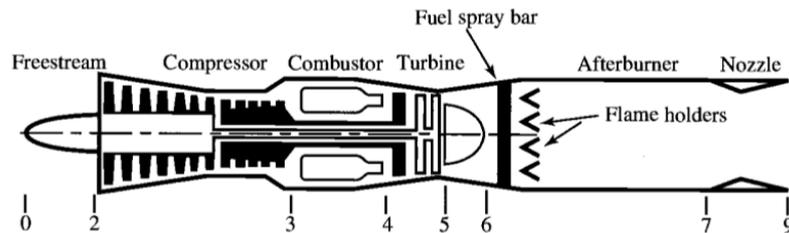
AMBIENTI	
A	Locale d'ingresso - attesa
B	Corridoio
C	Cabina solarium doccia e viso
D	Cabina Massaggi
E	Ripostiglio
F	Locale Doccia
G	Bagno WC
H	Disimpegn
I	Cabina Pedicure
L	Cabina Massaggi



SETTORE INDUSTRIALE

Sotto-settore ENERGETICA

Si consideri un motore turbojet con post-combustore (Fig. 1) che vola ad una quota $h=9000$ m a Mach $M_0=v_0/a_0=0.8$.



$\pi_r = p_{t0}/p_0$	$\tau_r = T_{t0}/T_0$	$\pi_t = p_{t5}/p_{t4}$	$\tau_t = T_{t5}/T_{t4}$
$\pi_d = p_{t2}/p_{t0}$	$\tau_d = T_{t2}/T_{t0}$	$\pi_{AB} = p_{t7}/p_{t6}$	$\tau_{AB} = T_{t7}/T_{t6}$
$\pi_c = p_{t3}/p_{t2}$	$\tau_c = T_{t3}/T_{t2}$	$\pi_n = p_{t9}/p_{t7}$	$\tau_n = T_{t9}/T_{t7}$
$\pi_b = p_{t4}/p_{t3}$	$\tau_b = T_{t4}/T_{t3}$		

Fig. 1: Sezioni di riferimento per un motore turbojet con post-combustore e nomenclatura adottata.

Il motore aspira una portata d'aria pari a \dot{m}_0 . Il compressore opera con un rapporto di compressione pari a $\pi_c=10$. Il combustibile ha un potere calorifico inferiore pari a $LHV=45$ MJ/kg (lo stesso combustibile viene impiegato per il combustore principale e per il post-combustore) e la temperatura di ingresso turbina è fissata a $T_{t4}=1200$ K. Le perdite di pressione totale nella presa d'aria sono pari a $\pi_{dmax}=0.97$, $\pi_d=\pi_{dmax} \eta_r$, dove l'efficienza della compressione dinamica è data da (MIL-E-5008B):

$$\eta_r = \begin{cases} 1, & M_0 \leq 1 \\ 1 - 0.075(M_0 - 1)^{1.35}, & M_0 > 1 \end{cases} \quad (1)$$

La temperatura di post-combustione è fissata a $T_{t7}=1800$ K.

L'ugello di scarico stabilisce un rapporto tra pressione ambiente e pressione nella sezione di uscita pari a $p_0/p_9=1$ (ugello in condizioni adattate).

Per l'analisi di ciclo si considerino le seguenti ipotesi:

- Ipotesi di gas perfetto: $R = c_p - c_v$; $\gamma = c_p/c_v$; $p = \rho RT$
 - a monte del combustore con proprietà costanti pari a $\gamma_c=1.4$ e $c_{pc}=1004.5$ J/kgK
 - a valle del combustore con proprietà costanti pari a $\gamma_t=1.34$ e $c_{pt}=1130.2$ J/kgK
 - si assuma un flusso isentropico ed adiabatico tra la stazione 5 e la stazione 6: $p_{t5}=p_{t6}$ e $T_{t5}=T_{t6}$.
 - ipotesi di gas perfetto a valle del post-combustore con proprietà costanti pari a $\gamma_{AB}=1.34$ e $c_{pAB}=1130.2$ J/kgK
- Tutti i componenti vengono considerati adiabatici (turbina non raffreddata)
- Le prestazioni dei componenti sono descritte tramite valori costanti di efficienza (η), efficienza politropica (η_p) e perdite di pressione totale (π):

compressore (c)	$\eta_{pc}=0.88$	ugello (n)	$\pi_n=0.96$
combustore (b)	$\pi_b=0.94$, $\eta_b=0.98$	efficienza meccanica	$\eta_m=0.99$
turbina (t)	$\eta_{pt}=0.90$	post-combustore	$\pi_{AB}=0.96$, $\eta_{AB}=0.98$

- Si rappresenti su un piano termodinamico T-s il diagramma del ciclo rispettando i valori di pressione

e temperatura;

➤ Calcolare (riepilogando i risultati nelle tabelle allegate):

- Le condizioni termodinamiche (pressione e temperatura totale) in tutti i punti indicati nella tabella e, dove richiesto, si calcoli pressione, temperatura, densità, velocità e numero di Mach.
- Il rapporto tra portata di combustibile e portata in ingresso $f = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_0}$
- Il rapporto tra portata di combustibile nel post-combustore e portata in ingresso $f_{AB} = \frac{\dot{m}_{fAB}}{\dot{m}_0}$
- L'efficienza isentropica del compressore η_c e della turbina η_t ;
- La spinta specifica $F_s = \frac{F}{\dot{m}_0}$ (si consideri la spinta non installata); per il calcolo della spinta si dimostri che vale la seguente relazione:

$$F = (\dot{m}_9 v_9 - \dot{m}_0 v_0) + A_9(p_9 - p_0) =$$

$$= \dot{m}_0 \left[(1 + f + f_{AB})v_9 - v_0 + (1 + f + f_{AB}) \frac{R_{AB}}{R_c} \frac{T_9/T_0}{v_9/a_0^2 \gamma_c} \left(1 - \frac{p_0}{p_9} \right) \right] \quad (2)$$

- Il rapporto tra la portata di combustibile e la spinta (**TSFC=uninstalled thrust specific fuel consumption**) $TSFC = \frac{f+f_{AB}}{F/\dot{m}_0}$
- I valori dell'efficienza di propulsione η_p , dell'efficienza termica η_{th} e dell'efficienza complessiva $\eta_o = \eta_p \eta_{th}$;

$$\eta_p = \frac{\text{potenza propulsiva}}{\text{potenza prodotta}} = \frac{W_{prop}}{W_{out}} \quad (3)$$

$$\eta_{th} = \frac{\text{potenza prodotta}}{\text{potenza disponibile}} = \frac{W_{out}}{\dot{Q}_{in}} \quad (4)$$

- Sapendo che la portata complessiva aspirata dal motore è pari a $\dot{m}_0=60$ kg/s, si valuti la superficie di uscita dell'ugello A_n ;

Punto	T_t [K]	p_t [Pa]	T [K]	p [Pa]	ρ [kg/m ³]	v [m/s]	Mach [-]
0							
2							
3							
4							
5							
9							

\dot{m}_f		[kg/s]
f		[-]
F_s		[N/(kg/s)]
TSFC		[(kg/h)/N]
A_n		[m ²]

η_c		[-]
η_t		[-]
η_p		[-]
η_{th}		[-]
η_o		[-]

\dot{m}_{fAB}		kg/s
f_{AB}		[-]

Si consideri l'aria ambiente secondo le condizioni dell'atmosfera standard internazionale (ISA).

Temperatura e pressione (condizioni statiche) in funzione della quota geopotenziale z sono espresse da:

$$T(z) = T_i + L_i(z - z_i) \quad (5)$$

$$p(z) = p_i \left(\frac{T_i}{T(z)} \right)^{\frac{gW}{R^*L_i}} \quad , L_i \neq 0 \quad (6a)$$

$$p(z) = p_i \exp \left[-\frac{gW(z-z_i)}{R^*T_i} \right] \quad , L_i = 0 \quad (6b)$$

dove la quota geopotenziale è data da (h è la quota geometrica):

$$z = \frac{r_0 h}{r_0 + h} \quad (7)$$

peso molecolare dell'aria	W	28.9644	[kg/kmol]
accelerazione di gravità	g	9.80665	[m/s ²]
costante universale dei gas	R^*	8.31432	[J/mol K]
raggio medio terrestre	r_0	6356.577	[km]

ed i valori di T_i , L_i , z_i , e p_i si ottengono dalla seguente tabella:

strato	nome	quota inferiore z_i [km]	quota superiore [km]	gradiente termico L_i [K/m]	p_i pressione standard [Pa]	T_i temperatura standard [K]
1	troposfera	0	11	-6.5×10^{-3}	101325	288.15
2	stratosfera	11	20	0	22632	216.65
3	-	20	32	1×10^{-3}	5474.9	216.65

Si ricordano le relazioni tra grandezze totali e grandezze statiche in termini di numero di Mach:

$$\frac{T_t}{T} = 1 + \frac{v^2}{2c_p T} = 1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2 \quad ; \quad \frac{p_t}{p} = \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2 \right)^{\gamma/(\gamma-1)} \quad (8)$$

Per il calcolo delle efficienze Eq. (3)-(4) si ricorda:

$$W_{prop} = F v_0 \quad (9)$$

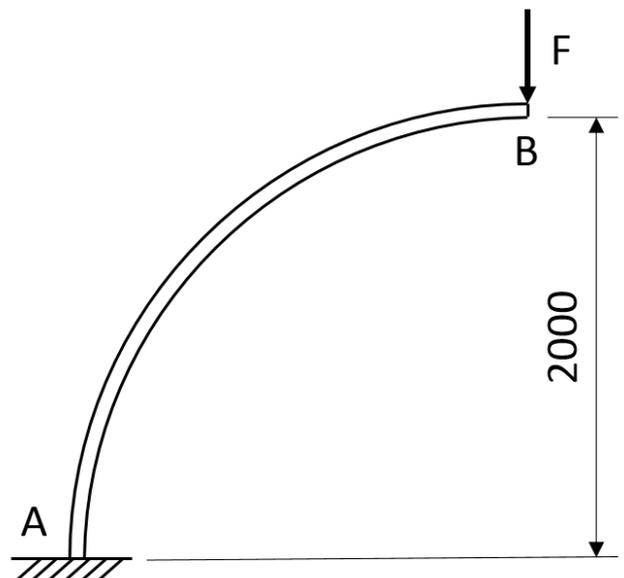
$$W_{out} = W_{prop} + W_d \quad (10)$$

essendo W_d l'energia cinetica non utilizzata del getto.

Si confrontino le prestazioni ottenute con post-combustore acceso e spento, considerando in entrambe i casi la stessa pressione nella sezione di uscita ugello e la stessa portata d'aria nel gruppo turbogas.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA

In figura è mostrato un supporto schematizzabile con un arco di circonferenza come in figura, con angolo al centro di 90 gradi. Il supporto è costituito da un profilato (AB) avente un anello per il fissaggio di carichi nell'estremo B. Il sistema è collegato al terreno (A) tramite una flangia



saldata. Il carico massimo F corrisponde al peso di un oggetto di massa pari a 60 kg.

Si chiede di:

- tracciare i diagrammi del momento flettente, dello sforzo normale e dello sforzo di taglio;
- disegnare una soluzione costruttiva del supporto in questione;
- verificare la soluzione proposta per il collegamento nel punto A.