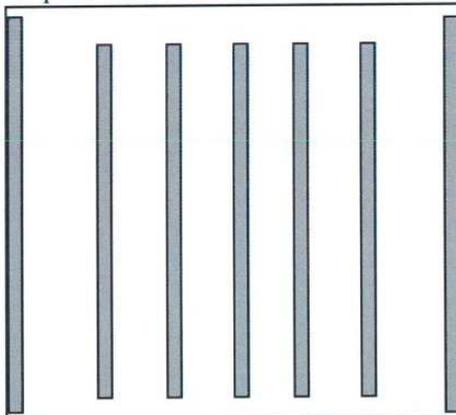


Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2018  
**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 1 – Sicurezza e Protezione Civile**

In un locale adibito ad archivio, attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi, è prevista, in ottemperanza alla progettazione antincendio, l'installazione di un sistema di rivelazione incendi realizzato mediante sensori ottici a simmetria radiale. La copertura del sistema è operata in considerazione della concentrazione di carico d'incendio in corrispondenza delle scaffalature (cfr. figura).

I sensori costituenti il sistema sono stati installati in occasione di due ristrutturazioni successive e sono riconducibili a forniture differenti (**a** e **b**) di caratteristiche note: probabilità di guasto dichiarate (fornitura **a**:  $p_a = 3.0 \cdot 10^{-3}$ ; fornitura **b**:  $p_b = 10^{-4}$ ). La composizione è nota: fornitura **a** = 40%.



**Figura – Distribuzione delle scaffalature**

La probabilità dell'evento iniziatore (incendio) per l'anno 2018 è stimata a partire dall'andamento dei tassi di incendio disponibili:

anno	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
tasso d'incendio (eventi/anno)	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$1.8 \cdot 10^{-4}$	$2.7 \cdot 10^{-4}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$4.2 \cdot 10^{-3}$	

Il rischio incendio può essere valutato rappresentando attraverso il modello Event Tree (ET) l'evoluzione del flusso del pericolo condizionata dall'affidabilità dei sottosistemi di sicurezza presenti.

L'attivazione del sistema di rivelazione dell'incendio richiede, per ogni posizione del focolaio, l'allarme di **almeno due** rivelatori attivi (ridondanza minima pari a due).

I sottosistemi esaminati per la rappresentazione dell'ET sono di seguito indicati:

- Sistema di rivelazione incendio (**Sottosistema 1**)



- Sistema di spegnimento automatico (**Sottosistema 2**), dipendente dal sistema di rivelazione.

La capacità di fuga degli esposti è condizionata dalla risposta dei sottosistemi 1 e 2 e viene espressa come indicato:

- Autosoccorso dipendente dai sistemi 1 e 2 (di seguito **Sottosistema 3**).

Per l'attribuzione delle probabilità di funzionamento del sistema di spegnimento automatico, si consideri:

- la probabilità di corretto funzionamento del sistema di spegnimento automatico, condizionata all'attivazione manuale dello stesso (in caso di mancato funzionamento del sistema di rivelazione), assegnata:

$$P(E_2 | \bar{E}_1) = 5 \cdot 10^{-1} P(E_2 | E_1)$$

- la probabilità di malfunzionamento del sistema di spegnimento automatico, condizionata dal corretto

funzionamento del sistema di rivelazione dell'incendio, è  $P(\bar{E}_2 | E_1) = 1.25 \cdot 10^{-4}$ .

Ai fini della valutazione dell'efficacia dell'autosoccorso si consideri:

- in caso di corretto funzionamento di entrambi i sottosistemi 1 e 2, la probabilità dell'evento "efficacia

dell'autosoccorso" pari a:  $P(E_3 | E_1 \cap E_2) = 9 \cdot 10^{-1}$

In caso di mancato funzionamento di uno dei due sottosistemi 1 e 2, ai fini della valutazione della probabilità dell'evento "efficacia dell'autosoccorso", l'effetto dell'efficacia del sistema di rivelazione dell'incendio si considera prevalente rispetto all'effetto dell'efficacia del sistema di spegnimento automatico:

$$P(E_3 | E_1 \cap \bar{E}_2) = 3 \cdot P(E_3 | \bar{E}_1 \cap E_2) = 5,5 \cdot 10^{-1}$$

Infine, in caso di risposta inefficace dei sottosistemi 1 e 2, la probabilità dell'evento "efficacia dell'autosoccorso" vale:

$$P(E_3 | \bar{E}_1 \cap \bar{E}_2) = 8 \cdot 10^{-3}$$

La presenza di personale all'interno dell'archivio è organizzata in due turni lavorativi giornalieri:

- **I turno lavorativo: 8.00-14.00** – con  $N = 3$  addetti
- **II turno lavorativo: 14.00-20.00** – con  $N = 2$  addetti

dove  $N$  indica il numero di addetti presente all'interno dell'area di lavoro durante il turno (le giornate lavorative annue sono pari a 250).

- 1) Si calcoli la probabilità di malfunzionamento del sistema di controllo incendio rispetto alle posizioni del focolaio d'incendio in una zona a ridondanza minima (pari a due).
- 2) Si rappresenti l'albero degli eventi, descrittivo delle condizioni di evoluzione del flusso del pericolo, tenuto conto dell'evento iniziatore e dei sottoeventi descritti.
- 3) Si valutino le probabilità di fine ramo che caratterizzano l'evoluzione del flusso del pericolo condizionata alla risposta di tutti i sistemi valutati ai punti precedenti.

Per l'attribuzione del danno associato agli scenari di fine ramo, si consideri che, in caso di inefficacia dell'autosoccorso, l'esito è sempre la morte di tutti gli esposti.

In tutti gli altri casi non si registrano conseguenze per gli esposti.

- 4) Si calcoli il valore atteso della variabile aleatoria danno  $E[D]$
- 5) Si determini la distribuzione retrocumulata  $F(D) = P(D \geq D^*)$  della variabile aleatoria danno.
- 6) Si commentino i risultati fissando un criterio di accettabilità del rischio residuo e proponendo delle misure compensative in caso di necessità.



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 2 – Chimica**

Un serbatoio cilindrico ad asse orizzontale del volume di  $15\text{m}^3$  ( $L/D=4$ ) viene utilizzato per lo stoccaggio di propano in condizioni di saturazione e a temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ).

Si chiede di stimare la portata oraria di vapore prodotto a causa dell'irraggiamento solare, assumendo un valore della intensità della energia incidente nelle condizioni più sfavorevoli di  $700\text{ W/m}^2$ .

Tenendo inoltre presente che, per la condensazione del vapore prodotto, è disponibile esclusivamente acqua di rete a  $23^\circ\text{C}$ , si chiede di effettuare il dimensionamento di massima delle apparecchiature presenti in un impianto nel quale il vapore prodotto viene compresso, in modo da aumentarne la temperatura di condensazione, condensato con il refrigerante disponibile e successivamente reintrodotta nel serbatoio di stoccaggio.



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –  
Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 3 – Aeronautica/Aerospaziale**

**Tema Propulsivo**

Un propulsore aeronautico deve fornire una spinta al decollo di 120kN.

Il candidato, indicando il tipo di propulsore che intende adottare e il tipo di componenti che lo costituiscono, effettui un dimensionamento di massima del propulsore e dei suoi principali componenti e determini in particolare il consumo specifico, la portata d'aria e il rendimento termodinamico.

Il candidato consideri poi, che il propulsore in esame verrà utilizzato in una configurazione bimotore su un aereo di linea (per un totale di 240kN). Si dia quindi una stima di massima del peso globale del velivolo al decollo.



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 4 - Ingegneria Aeronautica - Aerospaziale**  
**Tema Strutturale**

Si consideri una struttura alare a pianta rettangolare, profilo costante, non svergolata, bi-longherone, di allungamento pari a  $\lambda=10$  e corda  $c=3.5\text{m}$ . Sia i due longheroni sia il rivestimento alare sono realizzati in lega di alluminio di tipo aeronautico; lo spessore del rivestimento è  $t=0.3\text{ mm}$ , i longheroni sono posti al 25% ed al 50% della corda rispettivamente, mentre lo spessore massimo del profilo è pari al 12% della corda e posto al 30% della corda. Il velivolo è caratterizzato da un  $\text{MTOW} = 2500\text{Kg}$ .

Si richiede al candidato un dimensionamento statico della struttura alare in modo da permettere il volo in condizioni di sicurezza strutturale alla velocità di volo equivalente  $V_{eq} = 350\text{kts}$  e fattore di carico  $n=2$ . Introducendo ragionevoli semplificazioni di natura pratica, in modo da poter effettuare dei calcoli semplificati, ma indicativi, ed assumendo la presenza di 6 correntini strutturali uniformemente e simmetricamente disposti nella sezione alare, si determino:

1. L'andamento delle caratteristiche di sollecitazione lungo l'apertura alare (Taglio, Momento Flettente, Momento Torcente) con indicazione delle sezioni alari maggiormente sollecitate;
2. I punti della sezione strutturale in cui sono massimi gli sforzi normali e quelli dove sono massimi gli sforzi tangenziali. Se necessario per motivi di sicurezza strutturale, modificare opportunamente il numero di correntini;
3. Il valore massimo della freccia di inflessione e dell'angolo di torsione;
4. Il peso strutturale dell'ala.



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –  
Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
PROVA PRATICA  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 5 – Astronautica/Spaziale**

**Tema Propulsivo**

Si consideri un endoreattore caratterizzato da un carico utile di 1200 kg e da una massa strutturale di 500 kg.

Il candidato valuti la massa di propellente necessaria ad effettuare una prima manovra orbitale con  $\Delta V = 3000$  m/s, quindi una successiva con  $\Delta V = 350$  m/s e quindi una terza con  $\Delta V = 50$  m/s. Il candidato scelga opportunamente la temperatura in camera di combustione e il rapporto d'area dell'ugello.



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –  
Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
PROVA PRATICA  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 6 – Ingegneria Astronautica/Spaziale**  
**Tema Strutturale**

Determinare lo stato di sollecitazione e deformazione strutturale a cui è soggetta la struttura di un satellite orbitante intorno la terra la cui forma è assimilabile, in prima approssimazione, ad un guscio toroidale, con raggio del toro pari a 25 [m] e raggio della sezione pari a 2.5 [m]. Il satellite, realizzato in lega leggera di spessore costante pari a 5 [mm], potrebbe ospitare personale tecnico-scientifico. Valutare, inoltre, la distribuzione dei momenti flettenti e del taglio agente in direzione ortogonale alla superficie del guscio in corrispondenza di una paratia di chiusura. A tale scopo assimilare localmente la struttura ad un guscio cilindrico sottoposta ad una carico esterno assial-simmetrico. Discure, infine, l'effetto della differenza tra il campo di temperatura esterno/interno sulla resistenza strutturale.



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2018

Sezione A  
PROVA PRATICA  
14 Settembre 2018

Tema n° 7 – Energetica

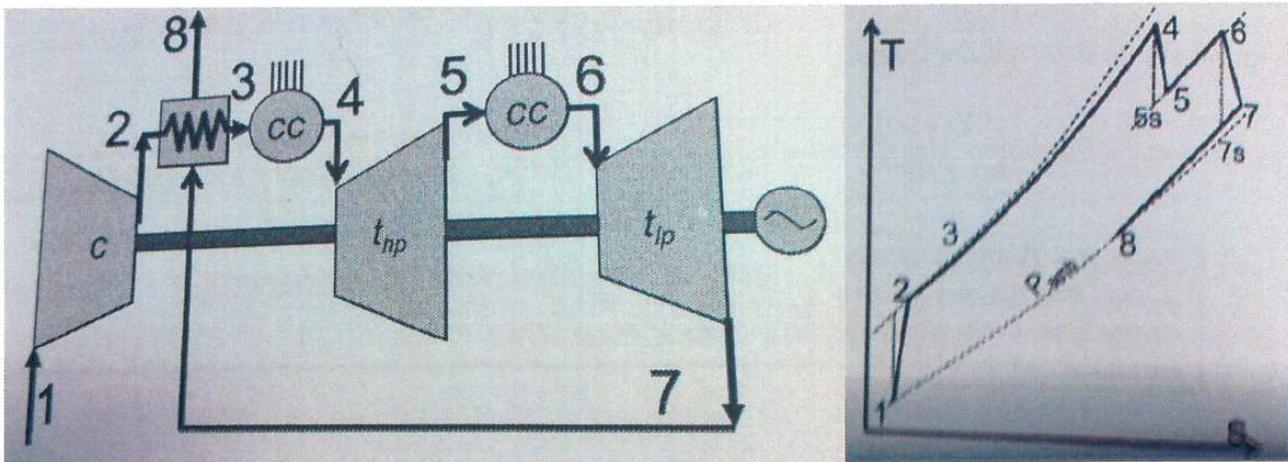
Si consideri un impianto turbogas monoalbero che presenta un surriscaldamento nella fase di espansione e la rigenerazione del calore dei gas esausti, tramite preriscaldamento dell'aria in ingresso al compressore. L'impianto lavora a ciclo aperto, aspirando aria dall'ambiente alle condizioni ISO con calore specifico  $c_{p,a}=1004$  J/(kgK) e costante dei gas  $R_a=287$  J/(kgK). Il compressore è caratterizzato da un rendimento isentropico  $\eta_{c,is}=0.90$  e da un rapporto di compressione  $\beta_c=14$ .

Nelle due camere di combustione viene impiegato gas naturale con potere calorifico inferiore di 47450 kJ/kg che consente di raggiungere la temperatura  $T_{max}=1450$  K (uguale in entrambe le camere), i gas subiscono una perdita di carico  $\Delta P_{cc}$  del 5%, si può assumere un rendimento di combustione  $\eta_{cc}=0.995$ .

I fumi in uscita, caratterizzati da un calore specifico  $c_{p,g}=1200$  J/(kgK) e costante dei gas  $R_a=291$  J/(kgK), espandono in due turbine con rendimento isentropico pari a  $\eta_{t,is,hp}=0.87$  e  $\eta_{t,is,lp}=0.89$ . La prima turbina presenta rapporto di espansione pari a 1.9.

Lo scambiatore di calore a superficie per la rigenerazione presenta una differenza di temperatura di pinch point pari al 50% e le perdite di carico sono pari al 4% lato aria e 5% lato gas combusti.

Si ricavino i valori di temperatura e pressione in tutti i punti del ciclo termodinamico, le portate di aria e combustibile e il rendimento dell'impianto, sapendo che la sua potenza complessiva è pari a 150 MW.



Il candidato proceda infine al dimensionamento di massima di una delle apparecchiature presenti nell'impianto proposto.



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 8 – Energetica Nucleare**

Per un malfunzionamento in un impianto nucleare da 2500 MW<sub>th</sub> è necessario scaricare con urgenza tutto il combustibile in piscina. Si ipotizzi che l'operazione inizi dopo un'ora dallo scram e termini dopo 24 h.

La piscina è equipaggiata da un sistema di refrigerazione e purificazione costituito da scambiatori di calore, filtri, letti di resine, pompe, valvole e tubazioni.

Sapendo che:

- la piscina ha una base interna 30 m x 8 m, è situata a 16 m di altezza dal terreno e il livello d'acqua (mantenuta ad una temperatura massima di 40°C) al suo interno è 10 m;
- Il salto termico attraverso gli scambiatori deve essere 15 °C;
- la velocità massima nelle tubazioni principali è pari a 4 m/s e nei tubi degli scambiatori è pari a 1.5 m/s;
- i tubi degli scambiatori sono da 1" con una lunghezza di 8 m;
- il locale delle apparecchiature (scambiatori, pompa, resine, etc.) è posto a quota del terreno (quota 0) ed è distante 35 m verso EST e 40 m in direzione NORD rispetto alla piscina; al suo interno il blocco di tutte le apparecchiature occupa una lunghezza di 25 m;
- nel circuito sono presenti due valvole di intercettazione a saracinesca;
- si assumano le perdite di carico per resine e filtri complessivamente pari a quelle degli scambiatori.

*Si suggerisce di ipotizzare un lay-out del circuito per poter stimare la lunghezza delle tubazioni e il numero di curve presenti. Scegliere le dimensioni della tubazione principale del circuito (diametro e schedula) e selezionare i tubi dello scambiatore (spessore: BWG o SWG), in base alle disponibilità commerciali (vedi tabelle in allegato), stimando la pressione di progetto.*

- Stimare in quanto tempo, dall'inizio delle operazioni di ricollocazione in piscina, la temperatura della piscina si porterebbe a 100 °C nell'ipotesi di assenza della portata di refrigerazione.
- Stimare la potenza minima del motore della pompa di circolazione in regime stazionario, sapendo che il rendimento complessivo (idraulico ed elettrico) è pari a 0.8.
- Calcolare in quanto tempo la portata di refrigerazione si ridurrebbe al 10% della portata nominale in caso di mancanza dell'alimentazione elettrica alla pompa, ipotizzando che l'inerzia di quest'ultima sia trascurabile.

Dati utili:

acqua

$$\rho (T=40\text{ }^{\circ}\text{C}) = 992\text{ kg/m}^3;$$

$$\rho (T=25\text{ }^{\circ}\text{C}) = 997\text{ kg/m}^3;$$

$$c_p = 4186\text{ kJ/kg};$$

$$\mu (T=25\text{ }^{\circ}\text{C}) = 9.0 \cdot 10^{-4}\text{ Pa s};$$

$$\mu (T=40\text{ }^{\circ}\text{C}) = 6.5 \cdot 10^{-4}\text{ Pa s};$$

Tubazioni:

$$\sigma_{\max} = 160\text{ N/mm}^2;$$

Tubi scambiatore:

$$\sigma_{\max} = 120\text{ N/mm}^2;$$

$$f_M = 0.316\text{ Re}^{-0.25}$$

Potenza decadimento:

$$P(t) = 0.07P_0 t^{-0.2};$$

Tubazioni per il circuito (Pipes)

Nom Bore inch	OD mm	O.D. inch	5s	10s	10	20	30	STD 40s	40	60	XS 80s	80	100	120	140	160	XXS	
1/8"	10.29	0.405		1.25 0.040 0.28				1.73 0.068 0.37			2.41 0.095 0.47							
1/4"	13.72	0.540		1.65 0.065 0.43				2.24 0.088 0.64			3.02 0.119 0.82							
3/8"	17.15	0.675		1.65 0.065 0.64				2.31 0.091 0.87			3.20 0.128 1.12							
1/2"	21.34	0.840	1.65 0.065 0.81	2.11 0.083 1.02	2.11 0.083 1.02			2.77 1.090 1.29			3.73 0.147 1.64					4.75 0.187 1.97	7.47 0.294 2.59	
3/4"	26.67	1.050	1.65 0.065 1.03	2.11 0.083 1.30	2.11 0.083 1.30			2.87 0.113 1.71			3.91 0.154 2.23					5.54 0.218 2.93	7.82 0.308 3.69	
1"	33.40	1.315	1.65 0.065 1.31	2.77 0.109 2.13	2.77 0.109 2.13			3.38 0.133 2.64			4.55 0.179 3.29					6.35 0.250 4.30	9.09 0.358 6.53	
1-1/4"	42.16	1.660	1.65 0.065 1.67	2.77 0.109 2.73	2.77 0.109 2.73			3.66 0.140 3.44			4.85 0.191 4.53					6.35 0.250 5.69	9.70 0.382 7.88	
1-1/2"	48.26	1.900	1.65 0.065 1.93	2.77 0.109 3.16	2.77 0.109 3.16			3.68 0.146 4.11			5.08 0.200 6.49					7.14 0.281 7.35	10.15 0.400 9.69	
2"	60.33	2.375	1.65 0.065 2.42	2.77 0.109 3.99	2.77 0.109 3.99			3.91 0.154 5.52			6.54 0.248 7.60					8.71 0.343 11.26	11.07 0.438 13.65	
2-1/2"	73.03	2.875	2.11 0.083 3.75	3.05 0.120 5.34	3.05 0.120 5.34			5.16 0.203 8.77			7.01 0.276 11.89					9.53 0.375 15.15	14.02 0.552 20.72	
3"	88.90	3.500	2.11 0.083 4.59	3.05 0.120 6.56	3.05 0.120 6.56			5.49 0.216 11.47			7.62 0.300 15.91					11.13 0.438 21.67	15.21 0.600 28.71	
3-1/2"	101.60	4.000	2.11 0.083 5.25	3.05 0.120 7.53	3.05 0.120 7.53			5.74 0.226 13.79			8.08 0.318 18.92						16.15 0.636 34.56	
4"	114.30	4.500	2.11 0.083 5.93	3.05 0.120 8.50	3.05 0.120 8.50			6.02 0.237 16.32			8.56 0.337 22.66			11.43 0.438 28.75		12.49 0.531 34.05	17.12 0.674 41.68	
5"	141.30	5.563	2.77 0.109 9.61	3.40 0.134 11.74	3.40 0.134 11.74			8.55 0.298 22.10			9.53 0.375 31.44			12.70 0.500 10.90		15.88 0.625 49.87	19.05 0.750 58.31	
6"	168.28	6.625	2.77 0.109 11.47	3.40 0.134 14.04	3.40 0.134 14.04			7.11 0.290 28.69			10.97 0.432 43.27			14.27 0.562 55.03		18.24 0.718 68.53	21.95 0.864 80.43	
8"	219.08	8.625	2.77 0.109 15.00	3.78 0.148 20.27	3.78 0.148 20.27	6.35 0.250 33.62	7.04 0.277 37.38	8.18 0.322 43.20			10.81 0.408 53.90		15.06 0.568 76.93	18.24 0.718 91.73	20.62 0.812 102.47	23.01 0.906 112.97	22.23 0.875 109.57	
10"	273.05	10.75	3.40 0.134 22.95	4.19 0.165 28.20	4.19 0.165 28.20	6.35 0.250 42.41	7.80 0.307 51.81	9.27 0.365 61.22			12.70 0.500 82.80	12.70 0.500 82.80	15.06 0.593 97.27	18.24 0.712 116.38	21.41 0.843 134.90	25.40 1.000 157.91	28.68 1.125 174.96	26.40 1.000 157.91
12"	323.85	12.75	3.96 0.156 31.72	4.57 0.180 36.54	4.57 0.180 36.54	6.35 0.250 50.49	8.38 0.330 66.20	9.53 0.375 75.01	10.31 0.400 90.94	14.27 0.562 110.62	12.70 0.500 98.95	17.45 0.687 133.69	21.41 0.848 162.14	25.40 1.000 199.82	28.58 1.125 241.31	33.32 1.312 242.40	25.40 1.000 189.82	
14"	355.60	14.00	3.96 0.156 34.86	4.78 0.188 41.99	4.78 0.188 41.99	6.35 0.250 68.95	7.92 0.312 82.58	9.53 0.375 82.58	11.12 0.438 96.00	15.06 0.593 128.42	12.70 0.500 109.40	19.05 0.750 160.54	23.80 0.937 197.74	27.76 1.093 227.88	31.75 1.250 257.47	35.71 1.408 286.04		
16"	406.40	16.00	4.19 0.166 42.20	4.78 0.188 48.07	4.78 0.188 48.07	6.35 0.250 62.61	7.92 0.312 79.03	9.53 0.375 94.70	12.70 0.500 125.20	16.66 0.656 162.59	12.70 0.500 125.20	21.41 0.843 206.40	26.19 1.031 249.34	30.94 1.218 290.88	36.53 1.438 338.32	40.46 1.593 370.77		
18"	457.20	18.00	4.19 0.166 47.46	4.78 0.188 54.75	4.78 0.188 54.75	6.35 0.250 71.69	7.92 0.312 89.10	9.53 0.375 106.83	11.12 0.438 129.32	15.06 0.562 158.27	12.70 0.500 209.00	19.05 0.750 241.35	23.80 1.031 288.29	29.36 1.158 344.84	34.93 1.375 369.34	39.67 1.562 444.75	45.24 1.761 466.67	
20"	508.00	20.00	4.78 0.188 60.23	5.54 0.218 68.20	5.54 0.218 68.20	6.35 0.250 79.76	8.53 0.375 118.99	9.53 0.375 157.51	12.70 0.500 185.89	15.06 0.593 251.65	12.70 0.500 157.51	26.19 1.031 315.97	32.54 1.281 387.41	38.40 1.500 448.30	44.45 1.750 515.94	49.99 1.908 573.31		
22"	558.80	22.00	4.78 0.188 68.95	5.54 0.218 76.75	5.54 0.218 76.75	6.35 0.250 87.84	8.53 0.375 131.07	9.53 0.375 173.66	12.70 0.500 216.04	15.06 0.593 258.55	12.70 0.500 173.66	28.57 1.125 379.70	34.92 1.375 457.83	41.27 1.625 526.17	47.62 1.875 609.30	53.97 2.125 682.57		
24"	609.60	24.00	5.54 0.218 83.60	6.35 0.250 95.92	6.35 0.250 95.92	6.35 0.250 143.20	8.53 0.375 212.72	9.53 0.375 243.20	12.70 0.500 258.74	15.06 0.593 360.21	12.70 0.500 189.82	30.94 1.218 448.30	38.69 1.531 555.76	46.02 1.812 649.47	52.37 2.052 730.72	59.51 2.343 719.70		

**Bold = mm.**      Standard = inch      *Italics = kg/m.*

## Tubi per scambiatori di calore

Outside Diameter		Standard Wire Gauge (SWG)								
		22 (0.711mm)	20 (0.914mm)	18 (1.218mm)	16 (1.625mm)	14 (2.032mm)	12 (2.641mm)	11 (2.946mm)	10 (3.251mm)	
in	mm	Weight, kg/m (average wall <sup>1)</sup> )								
1/4	0.250	6.350	-	0.124	0.157	0.192	-	-	-	-
3/16	0.313	7.950	-	0.161	0.205	0.257	-	-	-	-
3/8	0.375	9.525	-	0.197	0.253	0.321	0.381	-	-	-
1/2	0.500	12.700	0.213	0.270	0.350	0.451	0.543	0.665	0.720	-
5/8	0.625	15.875	0.270	0.342	0.447	0.580	0.704	0.875	0.954	-
3/4	0.750	19.050	-	0.415	0.544	0.709	0.866	1.09	1.19	1.29
7/8	0.875	22.225	0.383	0.488	0.641	0.838	1.03	1.30	1.42	1.55
1	1.000	25.400	0.440	0.560	0.736	0.967	1.19	1.51	1.66	1.80
1 1/4	1.250	31.750	0.553	0.706	0.931	1.23	1.51	1.93	2.13	2.32
1 1/2	1.500	38.100	0.666	0.851	1.13	1.48	1.84	2.35	2.59	2.84
1 3/4	1.750	44.450	0.779	0.996	1.32	1.74	2.16	2.77	3.06	3.35
2	2.000	50.800	0.892	1.14	1.51	2.00	2.48	3.19	3.53	3.87
2 1/2	2.500	63.500	-	-	1.90	2.52	3.13	4.03	4.47	4.91
3	3.000	76.200	-	-	2.29	3.03	3.77	4.87	5.40	5.94
3 1/2	3.500	88.900	-	-	2.67	3.55	4.42	5.70	6.34	6.97
4	4.000	101.60	-	-	3.06	4.07	5.07	6.54	7.26	8.01

### Notes

- Conventional weights are quoted, assuming the tube is specified as average wall.  
Add 10% to the weight for minimum wall tube.  
Multiply quoted weights by 1.014 for austenitic and duplex steels, by 0.985 for ferritic and martensitic steels.  
Refer to page 8-5 for a full list of SWG numbers and equivalent wall thicknesses.

## Per i coefficienti di perdita di carico delle curve e delle valvole:

<i>Tipo</i>	<i>K</i>	<i>Tipo</i>	<i>K</i>
Curva a 45° standard	0.35	Valvola a sfera, apertura 100%	6
Curva a 45° a raggio ampio	0.2	apertura 50%	9.5
Curva a 90° standard	0.75	Valvola a disco, apertura 100%	9
Curva a 90° a raggio ampio	0.45	apertura 75%	13
Curva a 90°		apertura 50%	36
brusca variazione di direzione	1.3	apertura 25%	112
Curva a 180°	1.3	Valvola ad angolo, aperta	2
Raccordo a T		Valvola a farfalla	0.24
senza variazione di direzione	0.4	chiusura 5°	
con variazione di direzione	1	chiusura 10°	0.52
Manicotto	0.04	chiusura 20°	1.54
Valvola a saracinesca		chiusura 40°	10.8
apertura 100%	0.17	chiusura 60°	118
apertura 75%	0.9	Valvola di non ritorno, a molla	2
apertura 50%	4.5	a piattello	10
apertura 25%	24	a sfera	70
Valvola a diaframma		Misuratori di portata	
apertura 100%	2.3	Turbina	6
apertura 75%	2.6	Galleggiante	15
apertura 50%	4.3	Disco rotante	10
apertura 25%	21	Orifizio tarato	7



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –  
Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 9 – Ingegneria Elettrotecnica**

**Macchine Elettriche**

La cabina di trasformazione di una stazione di pompaggio necessita di un trasformatore trifase con tensione nominale 20-0.4 kV. Dal quadro generale di bassa tensione vengono alimentati i seguenti utilizzatori:

- 10 motori asincroni trifase, ciascuno di potenza nominale 3.5 kW, rendimento  $\eta=0,75$ ,  $\cos\varphi=0,7$ , coefficiente di utilizzazione 0.5 e contemporaneità 0.6;
- 5 motori asincroni trifase, ciascuno di potenza nominale 12 kW, rendimento  $\eta=0,8$ ,  $\cos\varphi=0,65$ , coefficiente di utilizzazione 1 e contemporaneità 1;
- quadro elettrico dei servizi ausiliari di impianto, con potenza impegnata di 18 kW,  $\cos\varphi=0,9$ , coefficiente di utilizzazione 1 e contemporaneità 1;
- quadro elettrico per l'illuminazione e i servizi generali con potenza impegnata di 7 kW,  $\cos\varphi=0,95$ , coefficiente di utilizzazione 0.5 e contemporaneità 0.5.

Il candidato, decise le variabili non espressamente dichiarate su ipotesi opportunamente giustificate, calcoli quanto segue:

- dimensionamento del trasformatore e scelta della taglia commerciale più adeguata considerando, ovviamente, gli spunti di avviamento dei motori;
- dimensionamento delle protezioni del trasformatore al fine di evitare sovraccarichi e guasti;
- dimensionamento del sistema di rifasamento e scelta della potenza massima rifasante per l'acquisto di un gruppo di rifasamento automatico; questo considerando l'attuale obbligo di rifasare a  $\cos\varphi=0,95$ .



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –  
Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**

PROVA PRATICA

**14 Settembre 2018**

**Tema n° 10 – Nanotecnologie**

Il Candidato progetti un sensore innovativo che utilizzi le Nanotecnologie. Individuato un campo di applicazione industriale del dispositivo si descriva l'architettura del dispositivo e i materiali che lo compongono.

Introducendo le opportune condizioni operative, si dimensiona il dispositivo appena descritto e si ipotizza un'adeguata catena di misura.

Infine si mettano in luce i miglioramenti rispetto ad un omologo sensore convenzionale.



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di  
Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
PROVA PRATICA  
14 Settembre 2018

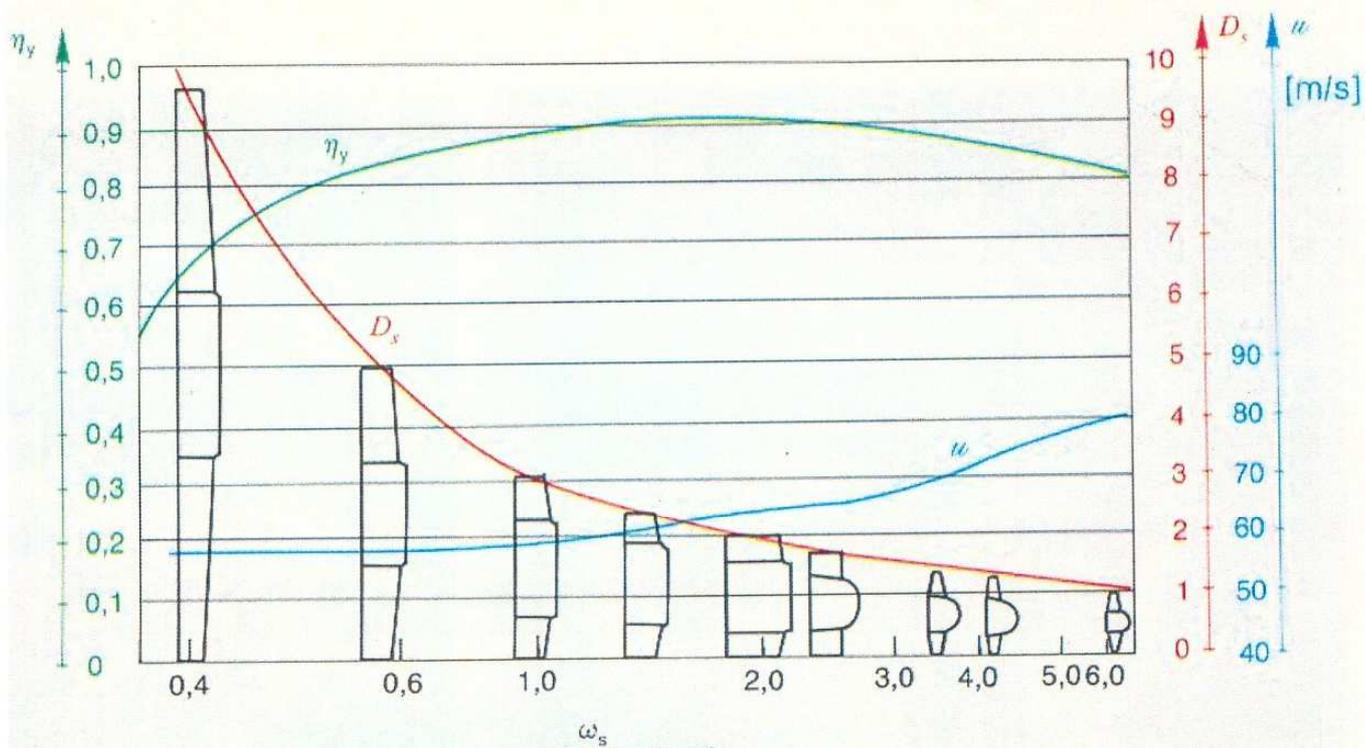
**Tema n° 11 – Meccanica (Calda)**

Si richiede di dimensionare una soffiante per un generatore di vapore da 55 MW, operante con i  
seguenti dati:  $Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$$T_{in} = 288 \text{ K}$$

$$p_{in} = 1 \text{ bar}$$

eseguire il dimensionamento preliminare sia della soffiante radiale che di quella assiale.





SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 12 – Biomedica (Impianti Ospedalieri)**

La/il candidata/o dimensiona le batterie di scambio termico e l'umidificatore dell'Unità di Trattamento dell'Aria di un impianto di climatizzazione a portata costante a sola aria esterna a servizio di una sala operatoria di dimensioni interne pari a  $7.5 \text{ m} \times 7.5 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$ .

Si assuma che la sala operatoria non confini con l'esterno e che gli ambienti confinanti siano posti in inverno a  $20^\circ\text{C}$  e in estate a  $26^\circ\text{C}$ ; la superficie complessiva di scambio termico con tali ambienti sia quella perimetrale complessiva della sala operatoria e la trasmittanza media delle pareti sia pari a  $1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . I carichi termici interni dovuti alle apparecchiature vadano da un minimo di  $1000 \text{ W}$  a un massimo di  $2500 \text{ W}$  a seconda del tipo di intervento e analogamente il numero di persone presenti vari da un minimo di 3 a un massimo di 6; si assuma ai fini del calcolo un carico sensibile per persona pari a  $100 \text{ W/persona}$  e un carico latente pari a  $50 \text{ W/persona}$ . Si ricordi che il minimo numero di ricambi di aria esterna richiesto dalla legge è pari a  $15 \text{ vol/h}$  e che nel caso di cardiocirurgia, ortopedia o neurochirurgia molte leggi regionali richiedono  $20 \text{ vol/h}$ .

Le condizioni climatiche esterne di progetto siano:

$t = 0^\circ\text{C}$  e  $UR = 50\%$ , in inverno;

$t = 35^\circ\text{C}$  e  $UR = 50\%$ , in estate.

Le condizioni termo-igrometriche che devono essere garantite all'interno della sala operatoria siano:

$t = 20^\circ\text{C}$  e  $UR = 40\% - 60\%$  in inverno;

$t = 24^\circ\text{C}$  e  $UR = 40\% - 60\%$  in estate.

Ai fini del calcolo, si ipotizzi che al termine dei pre-trattamenti l'aria umida si trovi in condizioni di saturazione e che il criterio di regolazione previsto per i pre-trattamenti dell'aria sia del tipo "a punto fisso". Il volume specifico dell'aria umida può essere assunto pari a  $0.8 \text{ m}^3/\text{kg}_a$ .

La/il candidata/o illustri, inoltre, i principi di regolazione dell'impianto in oggetto.

Si allega il diagramma psicrometrico.

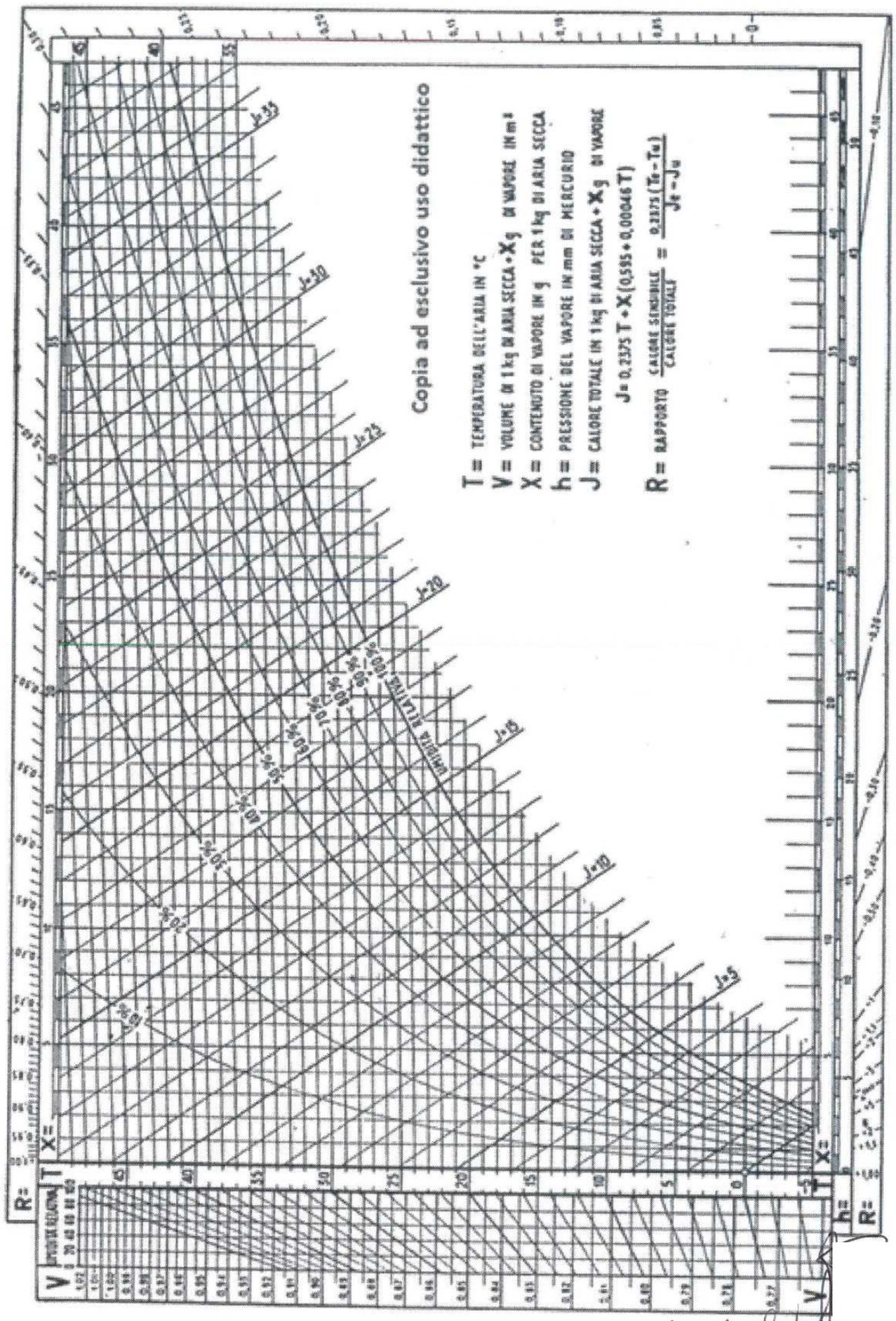


Diagramma J/x o di Mollier per aria umida a 760 mm di mercurio

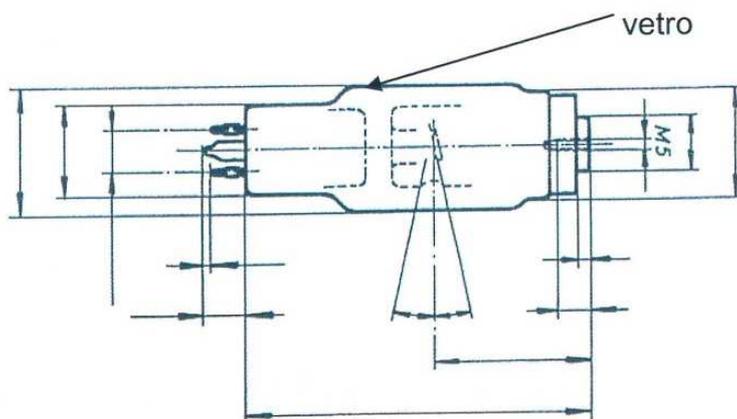
Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere  
Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 13 - Biomedica (Strumentazione Biomedica)**

Con riferimento alle caratteristiche geometriche (v. Fig. 1) e di carico termico (v. Fig. 2) di un tubo radiogeno ad anodo fisso:

- 1) si dimensiona l'anodo tenuto conto che il componente in rame funziona a regime termico continuativo compatibile con le caratteristiche di carico mostrate nel diagramma;
- 2) si valuta l'entità del contributo allo smaltimento di calore dovuto alla potenza irradiata considerando la temperatura media dell'anodo.



*Fig.1 – Tubo radiogeno ad anodo fisso (anodo + catodo + vetro).*

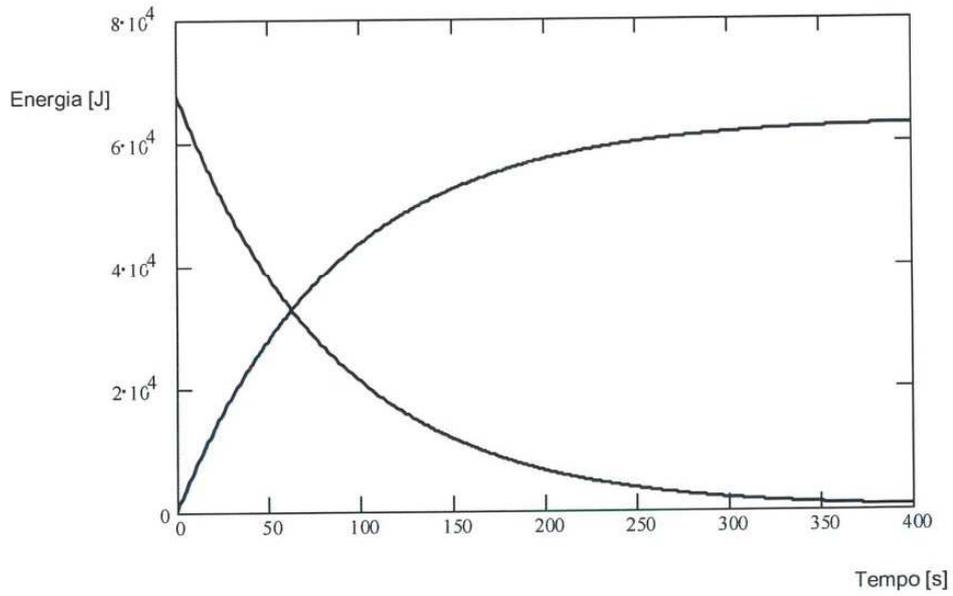


Fig.2 - Curva caratteristica del carico termico di un tubo radiogeno ad anodo fisso.



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –  
Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 14 – Ingegneria Elettrotecnica**

***Impianti Elettrici***

Si debba alimentare un complesso residenziale con consegna in media tensione. Tale complesso si intende composto da N. 28 villette da 100 m<sup>2</sup> ciascuna e con un utilizzo medio supposto di 3 persone.

Si richiede al Candidato di elaborare le seguenti parti di progetto:

- scenario possibile di utilizzazione e contemporaneità degli apparati elettrici valutando a preventivo i valori di potenza di progetto;
- schema elettrico unifilare dal punto di consegna in media tensione ai singoli contatori delle unità immobiliari;
- dimensionamento di massima di macchine, protezioni e condutture.

Il Candidato assuma a sua scelta le tipologie di utilizzatori ed i dati tecnici, operando e giustificando ipotesi ingegneristiche effettuate.

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 15 – Meccanica (Fredda)**

Lo studio deve essere svolto nell'ambito della teoria linearizzata considerando piccole oscillazioni.

**A)**

Il sistema raffigurato in figura rappresenta la schematizzazione di una motocicletta di massa  $m$  e momento di inerzia baricentrico  $I_G$ . Il corpo centrale deve considerarsi rigido. Nei punti A e B sono collegate al corpo due molle  $k_1$  e  $k_2$  che rappresentano la parte elastica degli ammortizzatori.

1. Si scrivano le equazioni di equilibrio delle forze e dei momenti rispetto al baricentro G in funzione delle due coordinate  $x$  e  $\theta$  indicate in figura
2. Si calcolino le frequenze naturali di vibrazioni del sistema a partire dalle equazioni di equilibrio prima determinate
3. Si calcolino gli autovettori normalizzati a massa modale unitaria

DATI:

$k_1=10000$  N/m,  $k_2=20000$  N/m,  $m=100$  kg,  $BG=1$  m,  $AG=0.5$  m,  $I_G=12.5$  kg m<sup>2</sup>.

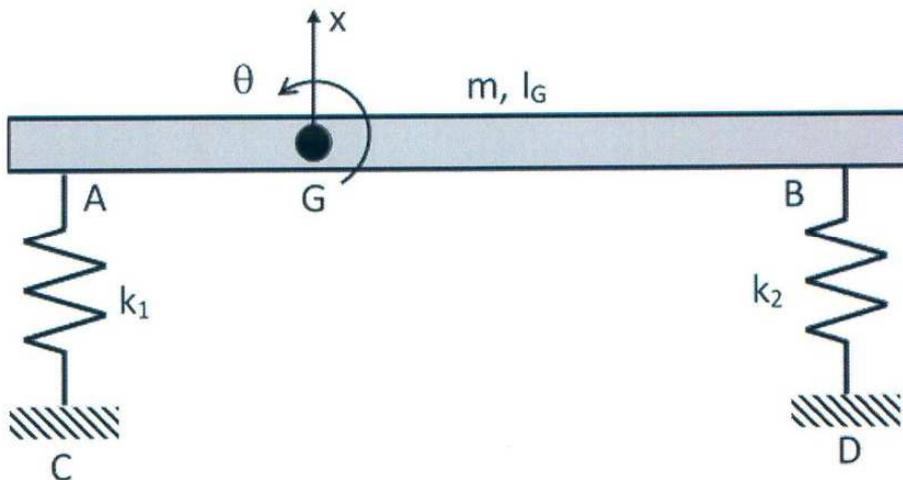


Figura 1

**B)**

A partire dall'istante  $t=0$  al punto C è imposto uno spostamento  $u_c = u_0 \sin(2\pi f^* t)$ , con  $f^*$  frequenza fissata (figura 2). Sia  $u_0 = 0.001$  m.

1. Si scrivano le equazioni di equilibrio delle forze e dei momenti rispetto al baricentro G sempre in funzione delle coordinate  $x$  e  $\theta$  indicate in figura 2 nelle nuove condizioni
2. Si disaccoppino le equazioni di equilibrio riscrivendo il sistema in coordinate modali
3. Si calcolino, partendo dal problema disaccoppiato, i valori di spostamento verticale del baricentro,  $x$ , e di rotazione intorno al baricentro,  $\theta$ , che sono le soluzioni del problema forzato nei seguenti due casi:  $f^* = 2$  Hz ed  $f^* = 4$  Hz.

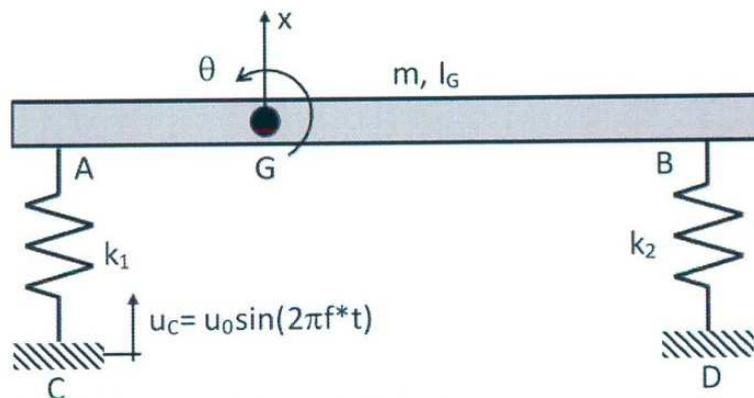


Figura 2

**C)**

Allo scopo di ridurre l'ampiezza dello spostamento verticale del baricentro in corrispondenza di G si pone un sistema massa molla, rispettivamente  $m_1$  e  $k_3$ , come in figura 3.

1. Si dimostri che una tale scelta è effettivamente efficace e per quale scelta dei valori di  $m_1$  e  $k_3$  il sistema aggiunto offre il massimo del beneficio.

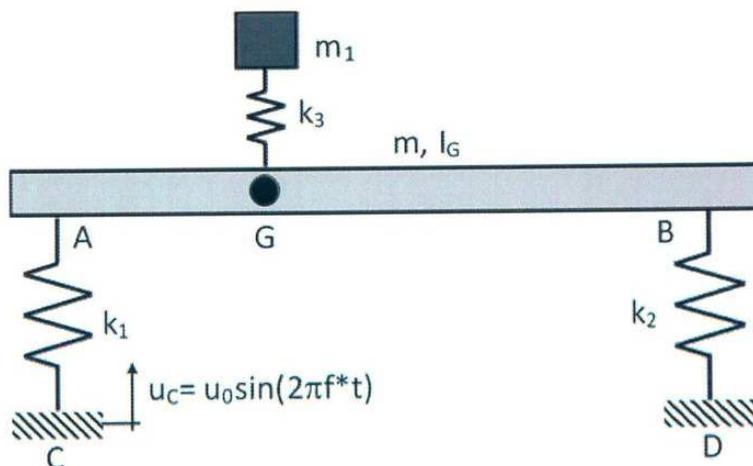


Figura 3



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –  
Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 16 – Aeronautica/Aerospaziale**

**Tema di Impianti Aeronautici**

Si progetti un sistema di allerta per i piloti in caso di prossimità di altri velivoli e rischio di impatto con questi ultimi. Il candidato dopo aver indicato i principali requisiti del sistema proposto produca:

- Un diagramma a blocchi funzionali per descrivere i principali componenti del sistema progettato e le loro interconnessioni
- Un diagramma di Markov dell'impianto progettato
- Un diagramma ad albero per la valutazione dei rischi. Si consideri che la probabilità di una rottura con perdita definitiva dell'impianto dovrà essere inferiore a  $10^{-5}$  per ora di volo. Il candidato assegni le probabilità di rottura dei singoli componenti secondo propri criteri.



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –  
Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 17 – Astronautica/Spaziale**

**Tema di meccanica del volo spaziale e sistemi spaziali**

Un satellite orbita a 800 km di quota in orbita eliosincrona mezzogiorno-mezzanotte. La stazione di Terra per la trasmissione dei dati e la ricezione dei comandi è posta al polo nord a latitudine teorica di  $90^\circ$  e viene utilizzata con angolo di maschera pari a  $5^\circ$ . Supponendo di avere dei pannelli solari con celle a tripla giunzione e con area complessiva di 2 mq, rivolti costantemente verso il Sole nelle fasi illuminate, il candidato determini la potenza disponibile al bus per le operazioni di mantenimento in condizioni operative del satellite. Si consideri che la potenza in trasmissione (esclusivamente utilizzata nei periodi di visibilità della stazione) è pari ad  $1/4$  della potenza disponibile al bus e che la potenza consumata dal satellite è uguale nelle fasi in eclissi ed illuminata. Si dimensionino anche il pacco batterie necessario per sostenere il satellite nella fase in eclissi. Si indichino valori tipici di efficienza per le celle solari, per i sistemi di distribuzione della potenza e per le batterie in carica e scarica.

Supponendo poi che il satellite, per necessità di missione, debba spostarsi su un'orbita eccentrica tale da avere il perigeo all'interno dell'atmosfera (250 km) e mantenendo l'apogeo a quota 800 km, mantenendo il piano orbitale costante, si indichi la sequenza di manovre impulsive necessarie e calcolare il  $\Delta V$  richiesto.

Il candidato assuma i dati mancanti indicando i motivi delle scelte e non si limiti a indicare i risultati ma descriva il procedimento.



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2018

Sezione A  
PROVA PRATICA  
14 Settembre 2018

Tema n° 18 – Ingegneria Industriale

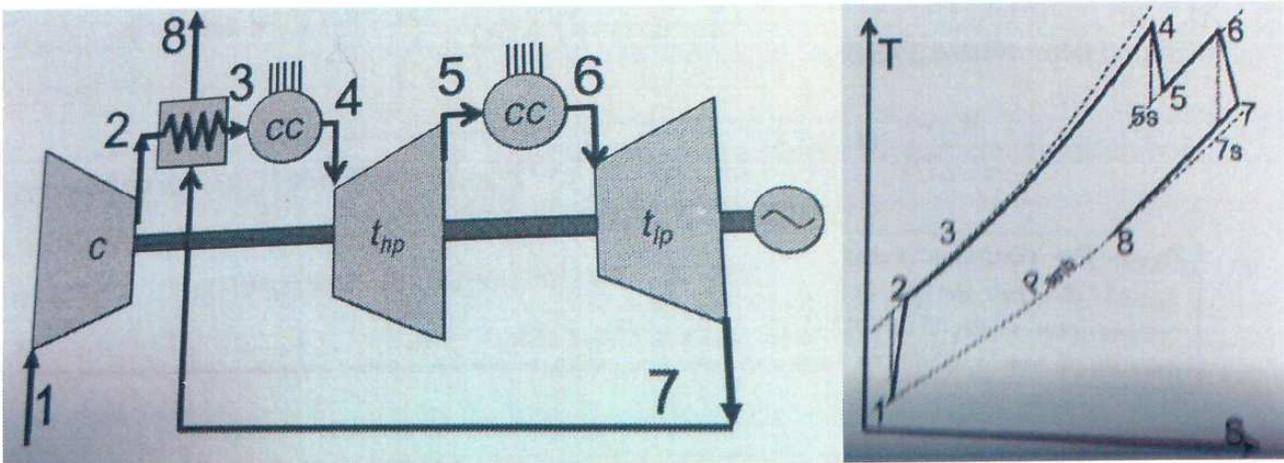
Si consideri un impianto turbogas monoalbero che presenta un surriscaldamento nella fase di espansione e la rigenerazione del calore dei gas esausti, tramite preriscaldamento dell'aria in ingresso al compressore. L'impianto lavora a ciclo aperto, aspirando aria dall'ambiente alle condizioni ISO con calore specifico  $c_{p,a}=1004$  J/(kgK) e costante dei gas  $R_a=287$  J/(kgK). Il compressore è caratterizzato da un rendimento isentropico  $\eta_{c,is}=0.90$  e da un rapporto di compressione  $\beta_c=14$ .

Nelle due camere di combustione viene impiegato gas naturale con potere calorifico inferiore di 47450 kJ/kg che consente di raggiungere la temperatura  $T_{max}=1450$  K (uguale in entrambe le camere), i gas subiscono una perdita di carico  $\Delta P_{cc}$  del 5%, si può assumere un rendimento di combustione  $\eta_{cc}=0.995$ .

I fumi in uscita, caratterizzati da un calore specifico  $c_{p,g}=1200$  J/(kgK) e costante dei gas  $R_a=291$  J/(kgK), espandono in due turbine con rendimento isentropico pari a  $\eta_{t,is,hp}=0.87$  e  $\eta_{t,is,lp}=0.89$ . La prima turbina presenta rapporto di espansione pari a 1.9.

Lo scambiatore di calore a superficie per la rigenerazione presenta una differenza di temperatura di pinch point pari al 50% e le perdite di carico sono pari al 4% lato aria e 5% lato gas combustibili.

Si ricavino i valori di temperatura e pressione in tutti i punti del ciclo termodinamico, le portate di aria e combustibile e il rendimento dell'impianto, sapendo che la sua potenza complessiva è pari a 150 MW.



Il candidato proceda infine al dimensionamento di massima di una delle apparecchiature presenti nell'impianto proposto.



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di  
Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
PROVA PRATICA  
14 Settembre 2018

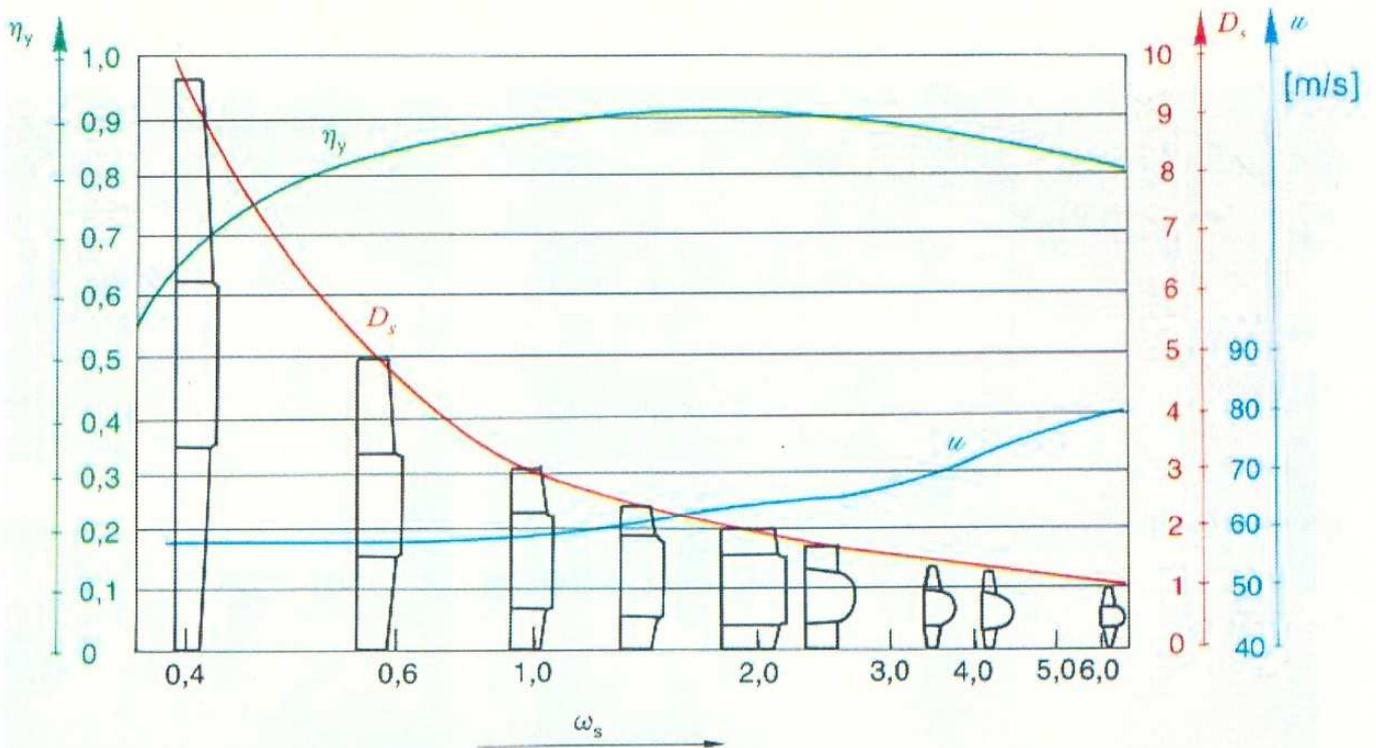
**Tema n° 19 – Ingegneria Industriale**

Si richiede di dimensionare una soffiante per un generatore di vapore da 55 MW, operante con i  
seguenti dati:  $Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$$T_{in} = 288 \text{ K}$$

$$p_{in} = 1 \text{ bar}$$

eseguire il dimensionamento preliminare sia della soffiante radiale che di quella assiale.





**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –  
Sezione Industriale - I Sessione 2018

**Sezione A**  
**PROVA PRATICA**  
**14 Settembre 2018**

**Tema n° 20 – Ingegneria Industriale**

Si debba alimentare un complesso residenziale con consegna in media tensione. Tale complesso si intende composto da N. 28 villette da 100 m<sup>2</sup> ciascuna e con un utilizzo medio supposto di 3 persone.

Si richiede al Candidato di elaborare le seguenti parti di progetto:

- scenario possibile di utilizzazione e contemporaneità degli apparati elettrici valutando a preventivo i valori di potenza di progetto;
- schema elettrico unifilare dal punto di consegna in media tensione ai singoli contatori delle unità immobiliari;
- dimensionamento di massima di macchine, protezioni e condutture.

Il Candidato assuma a sua scelta le tipologie di utilizzatori ed i dati tecnici, operando e giustificando ipotesi ingegneristiche effettuate.