

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 1 – Sicurezza e Protezione Civile

In un capannone adibito a Centro Elaborazione Dati (CED) è prevista l'installazione di un sistema di controllo incendi (rivelazione) realizzato mediante sensori ottici puntuali. L'area complessiva del locale è pari a 800 m² e il raggio di copertura di ogni singolo sensore è pari a 8 m.

I sensori che realizzano il sistema di rivelazione provengono da differenti forniture (**I**, **II** e **III**) con probabilità di guasto dichiarate dal fornitore (fornitura **I**: $p_I = 4.0 \cdot 10^{-3}$; fornitura **II**: $p_{II} = 2.8 \cdot 10^{-3}$; fornitura **III**: $p_{III} = 9.0 \cdot 10^{-3}$). La composizione è nota: fornitura **I** = 28%, fornitura **III** = 35%.

Il tempo di ritorno dell'evento iniziatore (incendio) è pari a: $TR(EI) = 10^4$ [anno]

Rispetto all'attivazione efficace del sistema di controllo dell'incendio è richiesto, per ogni posizione del focolaio interna alle aree d'influenza dei singoli sensori e sul contorno delle aree stesse, il funzionamento di **almeno due** dei rivelatori attivi. Ciò implica che lo schema realizzativo del sistema preveda una ridondanza dei dispositivi di rivelazione (sensori) di ordine 2.

Il rischio incendio può essere analizzato rappresentando l'evoluzione del flusso del pericolo (Event Tree Analysis-ETA) sulla base delle indicazioni di seguito riportate.

Per la probabilità dell'evento iniziatore si assuma la condizione di equiprobabilità rispetto alla posizione del focolaio di incendio nell'area in esame.

Gli eventi esaminati per la rappresentazione dell'ETA sono di seguito indicati in successione logico-temporale:

- Sistema di rivelazione ed allarme incendio (di seguito **Sottosistema 1**);
- Sistema di spegnimento automatico (di seguito **Sottosistema 2**), dipendente dal sistema di rivelazione;
- Autosoccorso (fuga degli addetti) 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 dall'attivazione manuale dello stesso - in caso di mancato funzionamento del sistema di rivelazione -, assegnata: $P(E_2 | \bar{E}_1) = 10^{-2} \cdot P(E_2 | E_1)$
- la probabilità di malfunzionamento del sistema di spegnimento automatico, condizionata dal corretto funzionamento del sistema di rivelazione dell'incendio, è $P(\bar{E}_2 | E_1) = 1.5 \cdot 10^{-3}$;

Ai fini della valutazione dell'efficacia dell'autosoccorso (capacità degli addetti di raggiungere un "luogo sicuro" rispetto alla pianificazione dell'emergenza predisposta nel centro di elaborazione dati) si consideri che l'evento è condizionato dalla risposta dei sottosistemi preposti alla rivelazione e allo spegnimento (1 e 2).

In caso di corretto funzionamento di entrambi i sottosistemi 1 e 2, la probabilità dell'evento "efficacia dell'autosoccorso" vale: $P(E_3 | E_1 \cap E_2) = 7,8 \cdot 10^{-1}$.



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

$$P(E_3 | E_1 \cap \bar{E}_2) = P(E_3 | \bar{E}_1 \cap E_2) = 4.5 \cdot 10^{-1}.$$

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

$$P(E_3 | \bar{E}_1 \cap \bar{E}_2) = 5.0 \cdot 10^{-3}.$$

Assumendo che:

La presenza di addetti (**Evento 4**) all'interno dell'area di lavoro è determinata dallo svolgimento di due turni lavorativi giornalieri:

- turno lavorativo: 6.00-14.00 – con $N = 6$ addetti;
- turno lavorativo: 12.00-20.00 – con $N = 4$ addetti;

dove, N indica il numero di addetti presente all'interno dell'area di lavoro durante il turno.

La probabilità dell'evento \bar{E}_4 (presenza di addetti nel capannone) sia coerentemente attribuita in funzione della durata dei turni (si assumano le giornate lavorative annue pari a 250).

- 1) **Si calcoli la probabilità di malfunzionamento del sistema di controllo incendio rispetto alla posizione del focolaio considerata nell'analisi del problema.**
- 2) **Si fornisca una rappresentazione grafica dell'albero degli eventi, tenuto conto dell'Evento Iniziatore e dei Sottosistemi attivabili nella gestione del rischio.**
- 3) **Si valutino le probabilità di fine ramo che caratterizzano l'evoluzione del flusso del pericolo.**

Per l'attribuzione del danno associato agli scenari di fine ramo, si consideri che, in caso di **inefficacia dell'autosoccorso** comunque condizionato, l'esito è sempre la morte di tutti i lavoratori presenti. 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.**



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 2 – Chimica

Una corrente di portata 100 kmol/h, costituita da 40 % mol benzene e 60 % mol toluene, che entra come liquido saturo in una colonna di distillazione deve essere separata in modo da ottenere un distillato costituito da una frazione molare di benzene pari a 0.992 e un residuo costituito da toluene con frazione molare 0.986. Il riflusso entra in colonna come liquido saturo, la colonna ha un ribollitore parziale e un condensatore totale. Si assuma valida l'ipotesi di portate costanti in colonna.

Determinare:

- Numero di stadi minimo.
- Rapporto di riflusso minimo.
- Per $E=1.1$ E_{min} , il numero di stadi totali e la posizione dell'alimentazione.
- Calcolo carichi termici condensatore/ribollitore.
- Disegnare il diagramma strumentato della colonna.



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019
Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 3 – Aeronautica/Aerospaziale

Tema Propulsivo

Un propulsore aeronautico deve fornire una spinta al decollo di 100kN.

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 200kN). Si dia quindi una stima di massima del peso globale del velivolo al decollo.

Utilizzando tale dato, il candidato valuti inoltre, la possibile velocità e quota di servizio, dia una stima della superficie, dell'apertura alare e del rapporto di rastremazione. Valuti quindi la spinta necessaria in tali condizioni.

Il candidato individui infine tra gli aeromobili a lui noti, i possibili concorrenti.



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 4 – Aeronautica/Aerospaziale

Tema di Impianti Aeronautici

Si descriva l'impianto pneumatico tipico di un aereo civile wide-body, Il candidato dopo aver individuato i principali requisiti del sistema proposto produca:

- Un diagramma a blocchi funzionali per descrivere i principali componenti del sistema e le loro interconnessioni
- Un diagramma di Markov dell'impianto

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^{-9} per ora di volo. Il candidato assegni le probabilità di rottura ai singoli componenti secondo propri criteri.



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 5 - Ingegneria Aeronautica - Aerospaziale
Tema Strutturale

Un velivolo da trasporto civile ha un'ala monolongherone di forma in pianta rettangolare e una corda di 4m. Il bordo d'attacco dell'ala si trova ad una distanza dal muso del velivolo, origine del riferimento, di 10.5m. Il piano di coda orizzontale, monolongherone e di forma in pianta rettangolare, ha il bordo d'attacco distante 25,2m (rispetto al muso del velivolo) ed una corda di 1.2m. Il centro aerodinamico si trova ad un quarto della corda, il profilo aerodinamico è caratterizzato da una retta di portanza con pendenza $Cl_{\alpha} = 3.22 \text{ rad}^{-1}$ e massimo spessore percentuale pari al 12%. Ad 1/3 dell'apertura alare (a partire dalla fusoliera), è installato un motore del peso di 900Kg il cui baricentro è a 1/3 della corda, a partire dal bordo d'attacco.

Il candidato assuma una distribuzione in apertura alare della portanza opportuna e trascuri l'interferenza aerodinamica tra le due superfici portanti. Si consideri la condizioni di volo rettilineo uniforme ad una quota di 30000ft, angolo d'incidenza dell'intero velivolo di 5° , una velocità di volo indicata (IAS) di 350 KTS , peso totale di 50t e distanza del baricentro dal muso di 8.5m.

Determinare per entrambe le strutture alari:

1. Effettuare le verifiche di carico ultimo, utilizzando il coefficiente definito dalla Normativa Internazionale e descrivere graficamente la distribuzione delle forze aerodinamiche lungo l'apertura alare;
2. Graficare l'andamento delle caratteristiche di sollecitazione lungo l'apertura alare (Taglio, Momento flettente, Momento Torcente);
3. I valori massimi delle precedenti caratteristiche della sollecitazione ed i corrispondenti valori di sforzo normali e tangenziali;
4. I materiali da utilizzare nella realizzazione, indicando le caratteristiche elastiche (moduli) e quelli di resistenza a rottura, sia a sforzo normale che a sforzo tangenziale;
5. Il massimo valore della freccia e dell'angolo di torsione;
6. Il passo delle centine.

A tale scopo, assumere i cassoni resistenti centrati in corda con un'estensione pari al 50% della corda stessa, dotati di 3 correntini uniformemente distribuiti sul dorso e 2 sul ventre, mentre il piano di coda orizzontale presenta solo 4 correntini posizionati in corrispondenza dei vertici del cassone. E' lasciato al candidato la scelta del valore delle aree resistenti a trazione/compressione dei correntini nonché un'opportuna scelta dello spessore del rivestimento. Assumere, infine, valido, il modello di trave di "Eulero-Bernoulli" per la determinazione del comportamento flessionale delle due semiali.



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 6 – Astronautica/Spaziale

Tema Propulsivo

Si consideri un endoreattore a propellente liquido caratterizzato da un carico utile di 1400 kg e da una massa strutturale, escluso il propellente, di 800 kg.

Il candidato progetti una missione che lo porti ad effettuare una prima manovra orbitale con $\Delta V = 3500$ m/s, quindi una successiva con $\Delta V = 250$ m/s e quindi una terza con $\Delta V = 100$ m/s.

Il candidato scelga la combinazione combustibile-ossidante da utilizzare, giustificandone la scelta in relazione ad altre possibili. Calcoli le quantità di combustibile e ossidante necessarie per ciascuna manovra.

Il candidato scelga inoltre opportunamente la temperatura in camera di combustione e il rapporto d'area dell'ugello. Valuti infine l'evoluzione della massa totale da inizio a fine missione.



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 7 – Astronautica/Spaziale

Tema di meccanica del volo spaziale e sistemi spaziali

Un satellite in orbita polare e circolare ad 800 km di quota esplose al passaggio all'equatore. Si consideri che ogni frammento dell'esplosione riceve un ΔV di 10 m/s e che le direzioni di tali frammenti sono distribuite uniformemente.

Calcolare dunque:

- il tempo di chiusura dell'ellissoide di frammenti,
- Le dimensioni della pinch-line
- Le dimensioni massime dell'ellissoide fuori del piano orbitale

Descrivere l'effetto sulla distribuzione della nube di frammenti, nel lungo termine, dovuto alle maggiori perturbazioni orbitali. Il candidato assuma i valori che non sono assegnati, secondo propri criteri.



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A

PROVA PRATICA

12 Luglio 2019

Tema n° 8 – Ingegneria Astronautica/Spaziale
Tema Strutturale

Determinare lo stato di sollecitazione e deformazione strutturale cui è soggetta una stazione spaziale orbitante intorno alla terra assimilabile, in prima approssimazione, ad una struttura toroidale con raggio del toro pari a 80 [m] e raggio della sezione pari a 10 [m]. Si ipotizzi di costruire la stazione spaziale con materiale in lega leggera e spessore costante di 5 [mm] e che sia abitata da personale tecnico-scientifico. Discutere, inoltre, lo stato di sollecitazioni e deformazioni conseguenti alla presenza di un rinforzo strutturale agente su di una sezione generica in grado di produrre un carico uniformemente distribuito (nella sezione) pari a 500 [N/m]. Si effettui, infine, la progettazione preliminare di un pannello di chiusura di un portellone della stazione spaziale (di forma rettangolare e dimensioni 1,2m x 2,5m) controllato termicamente, in modo da mantenere la temperatura della faccia interna ad un valore non superiore a 30°C. ipotizzando condizioni al contorno di appoggio sui quattro lati e trascurando gli effetti degli organi di controllo termico sul comportamento strutturale del pannello.

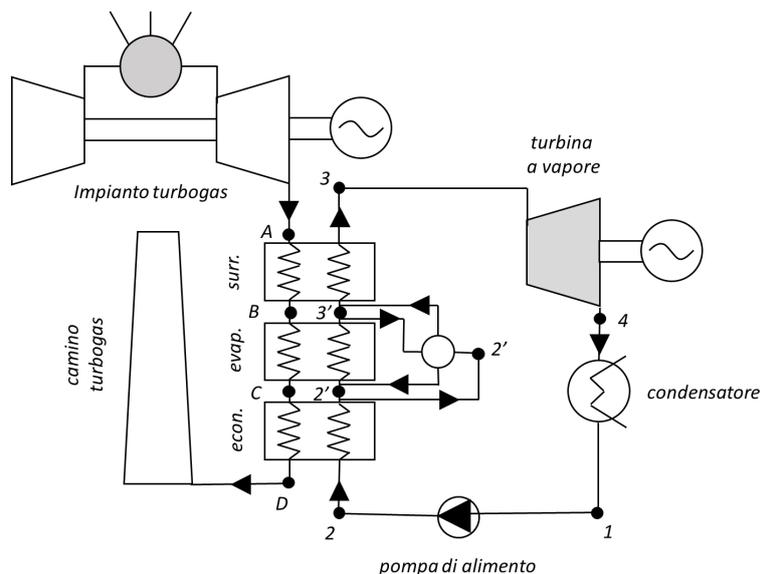


Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 9 – Energetica

Un ciclo a vapore che lavora come sottoposto ad un impianto turbogas è costituito da una caldaia a recupero ad un livello di pressione pari a 8.2 MPa. La portata di vapore surriscaldato espande in una turbina a vapore che ha un rendimento pari a 0.83 fino alla pressione del condensatore ad acqua. Tale condensatore è caratterizzato da una temperatura dell'acqua pari a 12°C, aumento massimo della temperatura pari a 10°C e differenza minima di temperatura (pinch point) fra i fluidi pari a 10°C. La pompa che alimenta l'economizzatore ha un rendimento pari a 0.87. L'economizzatore è caratterizzato da una temperatura di sottoraffreddamento in uscita di 12°C, l'evaporatore da una differenza di temperatura di pinch point di 10°C e il surriscaldatore da un $\Delta T_{\text{approach}} = 40^\circ\text{C}$. L'impianto a vapore è caratterizzato da un rendimento meccanico pari a 0.99 e un rendimento elettrico pari a 0.98. L'impianto turbogas che alimenta il sistema di generazione del vapore è caratterizzato da potenza elettrica: $W_{\text{TG}} = 11.3 \text{ MW}$, rendimento elettrico $\eta_{\text{el}} = 33.2\%$, portata gas di scarico: $m_{\text{GT}} = 48 \text{ kg/s}$, temperatura gas scarico $T_{\text{fumi,GT}} = 490^\circ\text{C}$, calore specifico a pressione costante dei fumi: $C_p = 1.21 \text{ kJ/kgK}$



Disegnare il ciclo sul piano T-s e sul piano h-s e l'andamento delle temperature dei fumi dell'impianto turbogas e del vapore in funzione delle quantità di calore scambiate nei vari corpi del generatore di vapore



Determinare:

- A. *Le condizioni termodinamiche nei seguenti punti del ciclo a vapore:*
 - 1. *Uscita condensatore*
 - 2. *Ingresso economizzatore*
 - 3. *Ingresso evaporatore*
 - 4. *Ingresso surriscaldatore*
 - 5. *Uscita surriscaldatore*
 - 6. *Uscita turbina*
- B. *La portata d'acqua di raffreddamento necessaria al condensatore*
- C. *Il lavoro compiuto dalla pompa di alimento*
- D. *La portata di vapore elaborata dalla turbina*
- E. *La temperatura dei fumi al camino*
- F. *Il titolo di fine espansione*
- G. *La potenza elettrica dell'impianto a vapore*
- H. *Il rendimento del ciclo combinato*
- I. *Le quantità di calore scambiate nell'economizzatore, nell'evaporatore e nel surriscaldatore*



Tabelle vapore saturo

T [°C]	P [bar]	h _{cu} [kJ/kg]	v _{cu} [m ³ /kg]	s _{cu} [kJ/kgK]	h _{cls} [kJ/kg]	v _{cls} [m ³ /kg]	s _{cls} [kJ/kgK]
31	0.04719	133.467	0.001005	0.46219	2558.88	29.7638	8.4144
36	0.06231	154.366	0.001007	0.53015	2567.87	22.9028	8.3156
41	0.08145	175.266	0.001009	0.59702	2576.81	17.7952	8.221
46	0.10546	196.17	0.001011	0.66285	2585.71	13.9545	8.1302
51	0.13531	217.079	0.001013	0.72768	2594.55	11.0388	8.043
56	0.17213	237.997	0.001015	0.79154	2603.34	8.805	7.9592
61	0.21718	258.925	0.001018	0.85447	2612.05	7.0788	7.8787
66	0.27188	279.866	0.001021	0.9165	2620.69	5.7339	7.8013
71	0.33783	300.82	0.001024	0.97766	2629.25	4.6776	7.7267
76	0.41682	321.791	0.001027	1.03799	2637.73	3.8419	7.6549
81	0.5108	342.781	0.00103	1.09751	2646.1	3.1759	7.5857
86	0.62194	363.791	0.001034	1.15625	2654.38	2.6414	7.519
91	0.7526	384.825	0.001037	1.21423	2662.54	2.2098	7.4545
96	0.90535	405.884	0.001041	1.2715	2670.57	1.859	7.3923
101	1.08299	426.972	0.001045	1.32806	2678.48	1.5722	7.3321
106	1.28853	448.092	0.001049	1.38395	2686.25	1.3364	7.2738
111	1.5252	469.247	0.001053	1.43919	2693.86	1.1414	7.2174
116	1.79645	490.439	0.001058	1.49381	2701.32	0.9793	7.1627
121	2.10597	511.673	0.001062	1.54783	2708.6	0.8439	7.1097
126	2.45769	532.953	0.001067	1.60127	2715.7	0.7302	7.0581
131	2.85576	554.281	0.001072	1.65415	2722.62	0.6344	7.0081
136	3.30454	575.662	0.001077	1.7065	2729.32	0.5532	6.9593
141	3.80867	597.101	0.001082	1.75834	2735.82	0.4842	6.9119
146	4.37297	618.601	0.001087	1.80969	2742.09	0.4252	6.8656
151	5.00251	640.167	0.001093	1.86057	2748.13	0.3746	6.8205
156	5.7026	661.804	0.001098	1.91101	2753.92	0.3311	6.7764
161	6.47874	683.516	0.001104	1.96101	2759.46	0.2935	6.7333
166	7.33669	705.31	0.00111	2.01061	2764.73	0.2609	6.6911
171	8.2824	727.19	0.001117	2.05982	2769.71	0.2326	6.6498
176	9.32204	749.162	0.001123	2.10866	2774.41	0.2078	6.6092
181	10.462	771.232	0.00113	2.15715	2778.8	0.1862	6.5694
186	11.70888	793.406	0.001137	2.20531	2782.88	0.1672	6.5303
191	13.06948	815.691	0.001144	2.25316	2786.63	0.1504	6.4917
196	14.55081	838.094	0.001152	2.30071	2790.04	0.1356	6.4538
201	16.16009	860.622	0.001159	2.348	2793.09	0.1226	6.4164
206	17.90472	883.283	0.001167	2.39503	2795.78	0.1109	6.3794
211	19.79231	906.085	0.001176	2.44183	2798.07	0.1006	6.3428
216	21.83068	929.037	0.001185	2.48842	2799.97	0.0914	6.3066
221	24.02783	952.149	0.001194	2.53482	2801.44	0.0831	6.2708
226	26.39196	975.431	0.001203	2.58104	2802.48	0.0758	6.2351
	28.93148	998.892	0.001213	2.62712	2803.06	0.0691	6.1997



236	31.655	1022.546	0.001223	2.67308	2803.15	0.0632	6.1645
241	34.57133	1046.404	0.001233	2.71893	2802.74	0.0578	6.1293
246	37.68951	1070.481	0.001245	2.76471	2801.81	0.0529	6.0942
251	41.01877	1094.79	0.001256	2.81044	2800.31	0.0485	6.0591
256	44.5686	1119.349	0.001268	2.85615	2798.23	0.0445	6.0239
261	48.34872	1144.176	0.001281	2.90187	2795.53	0.0409	5.9885
T [°C]	P [bar]	h_{cu} [kJ/kg]	v_{cu}[m³/kg]	s_{cu}[kJ/kgK]	h_{cus} [kJ/kg]	v_{cus}[m³/kg]	s_{cus}[kJ/kgK]
266	52.36908	1169.291	0.001294	2.94763	2792.17	0.0376	5.953
271	56.63994	1194.714	0.001308	2.99347	2788.11	0.0345	5.9171
276	61.17184	1220.473	0.001323	3.03943	2783.3	0.0318	5.8809
281	65.97562	1246.593	0.001339	3.08555	2777.7	0.0292	5.8443
286	71.0625	1273.108	0.001355	3.13188	2771.24	0.0269	5.8071
291	76.44406	1300.054	0.001373	3.17847	2763.86	0.0248	5.7693
296	82.13234	1327.471	0.001392	3.2254	2755.47	0.0228	5.7307
301	88.13985	1355.409	0.001412	3.27273	2746	0.021	5.6912
306	94.47966	1383.925	0.001433	3.32055	2735.33	0.0193	5.6506
311	101.1655	1413.087	0.001457	3.36895	2723.35	0.0178	5.6087
316	108.21181	1442.976	0.001482	3.41806	2709.9	0.0163	5.5654
321	115.63393	1473.692	0.00151	3.46803	2694.79	0.015	5.5203
326	123.44824	1505.36	0.00154	3.51904	2677.81	0.0137	5.4731
331	131.6724	1538.138	0.001573	3.57131	2658.68	0.0126	5.4234
336	140.32558	1572.238	0.001611	3.62518	2637.01	0.0114	5.3707
341	149.42889	1607.958	0.001654	3.68107	2612.32	0.0104	5.3142
346	159.00579	1645.735	0.001704	3.73964	2583.9	0.0094	5.2528
351	169.08269	1686.27	0.001763	3.80195	2550.72	0.0085	5.1851



Tabelle dell'acqua liquido (grassetto) / vapore

T [°C]	Pressure [bar] = 1			Pressure [bar] = 5			Pressure [bar] = 8.2		
	Tsat [°C]	99.61		Tsat [°C]	151.84		Tsat [°C]	171.43	
	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]
<i>CLI</i>	0.0010	417.5039	1.3028	0.0011	640.0851	1.8604	0.0011	725.3610	2.0557
<i>CLS</i>	1.6939	2674.9477	7.3588	0.3748	2748.1090	6.8207	0.2348	2769.3089	6.6532
10	0.00100	42.11760	0.15108	0.00100	42.50767	0.15104	0.00100	42.81959	0.15101
20	0.00100	84.00605	0.29646	0.00100	84.38241	0.29638	0.00100	84.68340	0.29631
30	0.00100	125.82130	0.43673	0.00100	126.18605	0.43660	0.00100	126.47777	0.43651
40	0.00101	167.61511	0.57237	0.00101	167.96955	0.57221	0.00101	168.25304	0.57209
50	0.00101	209.41735	0.70377	0.00101	209.76228	0.70358	0.00101	210.03818	0.70343
60	0.00102	251.24758	0.83125	0.00102	251.58348	0.83104	0.00102	251.85218	0.83087
70	0.00102	293.12146	0.95509	0.00102	293.44857	0.95485	0.00102	293.71025	0.95466
80	0.00103	335.05421	1.07554	0.00103	335.37259	1.07528	0.00103	335.62731	1.07507
90	0.00104	377.06246	1.19284	0.00104	377.37202	1.19255	0.00104	377.61969	1.19232
100	1.69587	2675.76637	7.36104	0.00104	419.46560	1.30690	0.00104	419.70604	1.30665
110	1.74474	2696.34158	7.41546	0.00105	461.67470	1.41852	0.00105	461.90761	1.41825
120	1.79316	2716.63693	7.46775	0.00106	504.02348	1.52763	0.00106	504.24845	1.52734
130	1.84125	2736.74461	7.51826	0.00107	546.53900	1.63442	0.00107	546.75551	1.63411
140	1.88906	2756.72011	7.56720	0.00108	589.25139	1.73907	0.00108	589.45878	1.73874
150	1.93665	2776.60258	7.61475	0.00109	632.19414	1.84178	0.00109	632.39159	1.84142
160	1.98406	2796.42146	7.66105	0.38366	2767.38089	6.86558	0.00110	675.59108	1.94232
170	2.03132	2816.19953	7.70619	0.39426	2790.18388	6.91763	0.00111	719.09885	2.00162
180	2.07846	2835.95471	7.75027	0.40466	2812.43090	6.96728	0.24078	2791.01065	6.70153
190	2.12549	2855.70127	7.79337	0.41491	2834.28301	7.01497	0.24757	2815.20321	6.75434
200	2.17243	2875.45067	7.83556	0.42503	2855.83699	7.06102	0.25420	2838.62863	6.80439
210	2.21929	2895.21222	7.87689	0.43506	2877.16095	7.10562	0.26070	2861.51126	6.85225
220	2.26609	2914.99353	7.91742	0.44500	2898.30639	7.14894	0.26710	2883.98163	6.89828
230	2.31283	2934.80090	7.95718	0.45487	2919.31356	7.19111	0.27341	2906.12971	6.94274
240	2.35951	2954.63955	7.99622	0.46467	2940.21454	7.23224	0.27965	2928.02286	6.98583
260	2.45276	2994.42759	8.07228	0.48414	2981.79647	7.31174	0.29196	2971.24348	7.06846
270	2.49932	3014.38384	8.10937	0.49380	3002.51577	7.35024	0.29805	2992.64628	7.10823
280	2.54586	3034.38533	8.14586	0.50344	3023.20740	7.38799	0.30410	3013.94938	7.14710
290	2.59236	3054.43442	8.18178	0.51304	3043.88333	7.42503	0.31011	3035.17532	7.18513
300	2.63885	3074.53314	8.21716	0.52261	3064.55364	7.46142	0.31609	3056.34283	7.22239
310	2.68530	3094.68327	8.25201	0.53216	3085.22687	7.49717	0.32205	3077.46757	7.25893
320	2.73174	3114.88639	8.28636	0.54169	3105.91030	7.53234	0.32798	3098.56273	7.29479
330	2.77816	3135.14391	8.32023	0.55119	3126.61020	7.56695	0.33389	3119.63952	7.33003
340	2.82456	3155.45707	8.35363	0.56068	3147.33198	7.60102	0.33978	3140.70750	7.36467
350	2.87095	3175.82702	8.38658	0.57015	3168.08036	7.63459	0.34565	3161.77491	7.39876
360	2.91732	3196.25478	8.41910	0.57961	3188.85945	7.66767	0.35151	3182.84889	7.43231
380	3.01003	3237.28741	8.48291	0.59848	3230.52388	7.73246	0.36319	3225.04059	7.49791
400	3.10269	3278.56162	8.54515	0.61730	3272.34964	7.79553	0.37481	3267.32368	7.56168
410	3.14901	3299.29113	8.57572	0.62670	3293.32925	7.82647	0.38061	3288.50982	7.59292
420	3.19532	3320.08312	8.60593	0.63609	3314.35619	7.85703	0.38640	3309.73030	7.62376
430	3.24162	3340.93820	8.63581	0.64547	3335.43232	7.88721	0.39218	3330.98814	7.65421
440	3.28791	3361.85694	8.66535	0.65484	3356.55935	7.91705	0.39795	3352.28604	7.68428
450	3.33420	3382.83987	8.69457	0.66421	3377.73883	7.94654	0.40371	3373.62647	7.71400
460	3.38047	3403.88751	8.72347	0.67357	3398.97217	7.97570	0.40947	3395.01164	7.74337
470	3.42675	3425.00034	8.75207	0.68292	3420.26068	8.00454	0.41522	3416.44358	7.77240
480	3.47301	3446.17881	8.78038	0.69227	3441.60557	8.03307	0.42097	3437.92414	7.80112
500	3.56553	3488.73441	8.83615	0.71094	3484.46879	8.08924	0.43244	3481.03770	7.85761
510	3.61179	3510.11234	8.86362	0.72028	3505.98908	8.11690	0.43817	3502.67367	7.88542
520	3.65803	3531.55751	8.89083	0.72960	3527.56969	8.14428	0.44390	3524.36421	7.91294
530	3.70428	3553.07027	8.91778	0.73893	3549.21143	8.17139	0.44962	3546.11053	7.94018
540	3.75052	3574.65096	8.94449	0.74824	3570.91503	8.19825	0.45534	3567.91374	7.96716
550	3.79675	3596.29987	8.97095	0.75756	3592.68121	8.22486	0.46105	3589.77486	7.99388
570	3.88921	3639.80352	9.02317	0.77618	3636.40379	8.27734	0.47247	3633.67453	8.04658
590	3.98166	3683.58327	9.07448	0.79479	3680.38378	8.32889	0.48387	3677.81627	8.09832



Tabelle dell'acqua liquido (grassetto) / vapore

T [°C]	Pressure [bar] = 10			Pressure [bar] = 15			Pressure [bar] = 18		
	Tsat [°C]	179.89		Tsat [°C]	198.3		Tsat [°C]	207.11	
	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]
<i>CLI</i>	0.0011	762.5151	2.1381	0.0012	844.5566	2.3143	0.0012	884.4739	2.3975
<i>CLS</i>	0.1944	2777.1086	6.5850	0.1317	2790.9560	6.4430	0.1104	2795.9069	6.3775
10	0.00100	42.99499	0.15100	0.00100	43.48203	0.15095	0.00100	43.77411	0.15092
20	0.00100	84.85266	0.29628	0.00100	85.32270	0.29617	0.00100	85.60461	0.29611
30	0.00100	126.64184	0.43645	0.00100	127.09746	0.43630	0.00100	127.37076	0.43621
40	0.00101	168.41248	0.57202	0.00101	168.85530	0.57182	0.00101	169.12093	0.57171
50	0.00101	210.19336	0.70335	0.00101	210.62437	0.70312	0.00101	210.88293	0.70298
60	0.00102	252.00331	0.83077	0.00102	252.42309	0.83051	0.00102	252.67493	0.83035
70	0.00102	293.85744	0.95455	0.00102	294.26630	0.95426	0.00102	294.51160	0.95408
80	0.00103	335.77059	1.07495	0.00103	336.16859	1.07462	0.00103	336.40740	1.07442
90	0.00104	377.75902	1.19219	0.00104	378.14605	1.19183	0.00104	378.37829	1.19162
100	0.00104	419.84130	1.30651	0.00104	420.21707	1.30612	0.00104	420.44257	1.30588
110	0.00105	462.03864	1.41810	0.00105	462.40269	1.41768	0.00105	462.62118	1.41743
120	0.00106	504.37503	1.52718	0.00106	504.72673	1.52673	0.00106	504.93782	1.52646
130	0.00107	546.87733	1.63393	0.00107	547.21587	1.63345	0.00107	547.41909	1.63316
140	0.00108	589.57548	1.73855	0.00108	589.89982	1.73803	0.00108	590.09456	1.73772
150	0.00109	632.50271	1.84122	0.00109	632.81161	1.84066	0.00109	632.99710	1.84032
160	0.00110	675.69607	1.94210	0.00110	675.98797	1.94151	0.00110	676.16331	1.94115
170	0.00111	719.19702	2.04139	0.00111	719.47006	2.04075	0.00111	719.63412	2.04036
180	0.19444	2777.43918	6.58575	0.00113	763.30428	2.13856	0.00113	763.45570	2.13815
190	0.20034	2803.51863	6.64268	0.00114	807.54360	2.23513	0.00114	807.68070	2.23468
200	0.20602	2828.26448	6.69554	0.13245	2795.98392	6.45363	0.00116	852.36993	2.33014
210	0.21156	2852.18348	6.74557	0.13664	2823.89670	6.51202	0.11145	2804.71784	6.39576
220	0.21698	2875.50901	6.79336	0.14065	2850.19615	6.56590	0.11505	2833.52276	6.45478
230	0.22231	2898.38012	6.83927	0.14453	2875.46319	6.61662	0.11848	2860.60835	6.50916
240	0.22756	2920.89366	6.88358	0.14831	2899.97782	6.66487	0.12180	2886.56713	6.56025
250	0.23275	2943.12242	6.92648	0.15201	2923.91085	6.71106	0.12502	2911.69575	6.60875
260	0.23788	2965.12322	6.96814	0.15565	2947.38211	6.75551	0.12817	2936.17908	6.65511
270	0.24296	2986.94130	7.00869	0.15923	2970.48177	6.79843	0.13126	2960.14797	6.69965
290	0.25301	3030.16870	7.08684	0.16625	3015.83340	6.88043	0.13729	3006.91585	6.78421
300	0.25799	3051.63240	7.12462	0.16971	3038.18661	6.91978	0.14025	3029.85337	6.82459
310	0.26294	3073.02471	7.16163	0.17313	3060.37678	6.95816	0.14317	3052.56336	6.86387
320	0.26786	3094.36272	7.19791	0.17653	3082.43438	6.99567	0.14606	3075.08636	6.90217
330	0.27276	3115.66088	7.23351	0.17990	3104.38476	7.03236	0.14893	3097.45579	6.93957
350	0.28250	3158.18494	7.30287	0.18659	3148.04556	7.10358	0.15460	3141.84087	7.01196
360	0.28735	3179.43038	7.33670	0.18990	3169.78923	7.13820	0.15741	3163.89962	7.04708
370	0.29218	3200.67561	7.36999	0.19320	3191.49329	7.17221	0.16020	3185.89259	7.08154
380	0.29700	3221.92746	7.40278	0.19649	3213.16902	7.20565	0.16297	3207.83419	7.11540
400	0.30661	3264.47425	7.46694	0.20302	3256.47341	7.27096	0.16849	3251.61141	7.18142
410	0.31139	3285.77913	7.49836	0.20627	3278.11812	7.30287	0.17122	3273.46725	7.21365
420	0.31617	3307.11071	7.52936	0.20951	3299.76694	7.33433	0.17395	3295.31266	7.24539
430	0.32094	3328.47269	7.55996	0.21274	3321.42571	7.36536	0.17667	3317.15491	7.27668
440	0.32569	3349.86841	7.59017	0.21597	3343.09963	7.39597	0.17939	3339.00047	7.30753
450	0.33045	3371.30085	7.62001	0.21918	3364.79336	7.42617	0.18209	3360.85507	7.33796
460	0.33519	3392.77272	7.64950	0.22239	3386.51106	7.45600	0.18479	3382.72385	7.36799
470	0.33993	3414.28648	7.67865	0.22559	3408.25648	7.48546	0.18748	3404.61140	7.39765
480	0.34466	3435.84435	7.70746	0.22879	3430.03299	7.51457	0.19016	3426.52187	7.42693
500	0.35411	3479.10041	7.76415	0.23516	3473.69130	7.57178	0.19551	3470.42613	7.48447
510	0.35883	3500.80214	7.79204	0.23834	3495.57841	7.59991	0.19818	3492.42638	7.51274
520	0.36354	3522.55515	7.81964	0.24152	3517.50731	7.62773	0.20084	3514.46252	7.54070
530	0.36825	3544.36086	7.84696	0.24469	3539.48011	7.65526	0.20350	3536.53710	7.56836
550	0.37766	3588.13556	7.90079	0.25102	3583.56502	7.70948	0.20880	3580.81069	7.62281
560	0.38235	3610.10689	7.92732	0.25418	3605.68052	7.73618	0.21145	3603.01380	7.64962
570	0.38705	3632.13561	7.95361	0.25733	3627.84678	7.76263	0.21409	3625.26355	7.67616
590	0.39642	3676.36895	8.00546	0.26363	3672.33693	7.81478	0.21937	3669.90946	7.72850



Tabelle dell'acqua liquido (grassetto) / vapore									
T [°C]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]
<i>CLi</i>	0.0012	908.4981	2.4468	0.0012	961.9067	2.5543	0.0013	1154.6415	2.9210
<i>CLs</i>	0.0996	2798.2926	6.3390	0.0799	2801.9322	6.2558	0.0394	2794.2053	5.9737
10	0.00100	43.96878	0.15091	0.00100	44.45525	0.15086	0.00100	46.88333	0.15062
20	0.00100	85.79252	0.29607	0.00100	86.26212	0.29596	0.00100	88.60694	0.29543
30	0.00100	127.55293	0.43615	0.00100	128.00823	0.43599	0.00100	130.28231	0.43522
40	0.00101	169.29800	0.57163	0.00101	169.74057	0.57143	0.00101	171.95166	0.57046
50	0.00101	211.05528	0.70289	0.00101	211.48612	0.70266	0.00101	213.63903	0.70150
60	0.00102	252.84281	0.83024	0.00102	253.26249	0.82998	0.00101	255.36009	0.82865
70	0.00102	294.67513	0.95396	0.00102	295.08395	0.95366	0.00102	297.12770	0.95218
80	0.00103	336.56660	1.07429	0.00103	336.96463	1.07396	0.00103	338.95488	1.07233
90	0.00104	378.53312	1.19148	0.00103	378.92024	1.19112	0.00103	380.85643	1.18933
100	0.00104	420.59292	1.30573	0.00104	420.96884	1.30534	0.00104	422.84956	1.30340
110	0.00105	462.76686	1.41726	0.00105	463.13113	1.41684	0.00105	464.95416	1.41475
120	0.00106	505.07858	1.52627	0.00106	505.43059	1.52582	0.00106	507.19289	1.52358
130	0.00107	547.55461	1.63296	0.00107	547.89354	1.63248	0.00107	549.59118	1.63007
140	0.00108	590.22443	1.73751	0.00108	590.54929	1.73699	0.00108	592.17734	1.73441
150	0.00109	633.12083	1.84010	0.00109	633.43037	1.83955	0.00109	634.98278	1.83678
160	0.00110	676.28028	1.94091	0.00110	676.57298	1.94031	0.00110	678.04238	1.93736
170	0.00111	719.74359	2.04011	0.00111	720.01761	2.03947	0.00111	721.39501	2.03631
180	0.00113	763.55676	2.13788	0.00113	763.80986	2.13719	0.00112	765.08434	2.13380
190	0.00114	807.77226	2.23439	0.00114	808.00167	2.23365	0.00114	809.15988	2.23000
200	0.00116	852.45060	2.32983	0.00116	852.65293	2.32903	0.00115	853.67844	2.32510
210	0.00117	897.66269	2.42438	0.00117	897.83370	2.42352	0.00117	898.70612	2.41927
220	0.10218	2821.62969	6.38670	0.00119	943.62732	2.51733	0.00119	944.32100	2.51272
230	0.10541	2850.17146	6.44401	0.08170	2821.78657	6.29547	0.00121	990.61696	2.60565
240	0.10850	2877.22689	6.49726	0.08445	2852.27247	6.35548	0.00123	1037.70929	2.69833
250	0.11150	2903.23977	6.54746	0.08705	2880.88864	6.41071	0.00125	1085.74294	2.79103
260	0.11441	2928.46023	6.59522	0.08956	2908.21264	6.46245	0.00128	1134.90548	2.88411
270	0.11726	2953.05552	6.64093	0.09199	2934.56203	6.51142	0.04057	2819.82958	6.02112
280	0.12005	2977.14821	6.68488	0.09436	2960.14521	6.55809	0.04227	2858.08746	6.09092
290	0.12280	3000.83238	6.72732	0.09667	2985.11293	6.60283	0.04386	2893.04191	6.15356
300	0.12551	3024.18218	6.76842	0.09894	3009.57991	6.64590	0.04535	2925.70016	6.21105
320	0.13082	3070.10520	6.84718	0.10336	3057.35269	6.72783	0.04813	2986.22828	6.31488
330	0.13344	3092.76623	6.88506	0.10553	3080.78801	6.76701	0.04945	3014.74539	6.36256
340	0.13603	3115.27290	6.92207	0.10767	3103.98930	6.80517	0.05072	3042.38889	6.40802
350	0.13860	3137.65262	6.95828	0.10979	3126.99568	6.84239	0.05197	3069.31359	6.45157
360	0.14115	3159.92843	6.99374	0.11188	3149.83976	6.87875	0.05319	3095.64116	6.49349
370	0.14369	3182.11990	7.02852	0.11397	3172.54895	6.91434	0.05438	3121.46880	6.53396
380	0.14621	3204.24373	7.06265	0.11603	3195.14646	6.94921	0.05555	3146.87524	6.57316
400	0.15121	3248.34402	7.12916	0.12012	3240.08280	7.01697	0.05784	3196.67155	6.64826
410	0.15370	3270.34372	7.16160	0.12215	3262.45330	7.04996	0.05896	3221.15952	6.68438
420	0.15617	3292.32285	7.19354	0.12416	3284.77634	7.08240	0.06007	3245.42659	6.71964
430	0.15864	3314.28973	7.22501	0.12617	3307.06307	7.11433	0.06116	3269.50474	6.75413
440	0.16109	3336.25171	7.25602	0.12816	3329.32326	7.14576	0.06225	3293.42136	6.78790
450	0.16354	3358.21530	7.28660	0.13015	3351.56556	7.17673	0.06332	3317.20003	6.82102
460	0.16598	3380.18633	7.31678	0.13213	3373.79761	7.20727	0.06439	3340.86117	6.85351
470	0.16842	3402.16998	7.34656	0.13411	3396.02625	7.23738	0.06545	3364.42260	6.88543
480	0.17085	3424.17092	7.37597	0.13607	3418.25754	7.26710	0.06650	3387.89991	6.91681
500	0.17568	3468.24110	7.43372	0.13999	3462.74942	7.32540	0.06858	3434.65554	6.97808
510	0.17809	3490.31758	7.46209	0.14194	3485.01936	7.35402	0.06962	3457.95679	7.00803
520	0.18050	3512.42593	7.49014	0.14389	3507.31078	7.38230	0.07064	3481.22022	7.03755
540	0.18530	3556.74938	7.54533	0.14777	3551.97234	7.43791	0.07268	3527.66715	7.09538
550	0.18770	3578.96947	7.57249	0.14970	3574.34881	7.46526	0.07369	3550.86534	7.12374
570	0.19247	3623.53726	7.62599	0.15356	3619.20698	7.51911	0.07571	3597.24273	7.17940
590	0.19724	3668.28771	7.67844	0.15740	3664.22125	7.57187	0.07771	3643.63018	7.23378



Tabelle dell'acqua liquido (grassetto) / vapore									
T [°C]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]
CLl	0.0014	1317.3110	3.2081	0.0015	1408.0639	3.3606	0.0015	1491.4592	3.4967
CLs	0.0235	2758.6832	5.7450	0.0180	2725.4925	5.6160	0.0143	2685.4463	5.4939
10	0.00100	49.78776	0.15031	0.00100	51.71851	0.15009	0.00099	53.64487	0.14987
20	0.00100	91.41372	0.29478	0.00100	93.28070	0.29435	0.00100	95.14435	0.29390
30	0.00100	133.00590	0.43430	0.00100	134.81843	0.43368	0.00100	136.62843	0.43305
40	0.00100	174.60102	0.56929	0.00100	176.36489	0.56851	0.00100	178.12686	0.56773
50	0.00101	216.21975	0.70012	0.00101	217.93855	0.69920	0.00101	219.65601	0.69828
60	0.00101	257.87550	0.82707	0.00101	259.55138	0.82602	0.00101	261.22641	0.82497
70	0.00102	299.57947	0.95041	0.00102	301.21352	0.94923	0.00102	302.84719	0.94806
80	0.00103	341.34344	1.07037	0.00102	342.93593	1.06908	0.00102	344.52849	1.06779
90	0.00103	383.18111	1.18720	0.00103	384.73162	1.18579	0.00103	386.28267	1.18438
100	0.00104	425.10875	1.30109	0.00104	426.61623	1.29956	0.00104	428.12475	1.29804
110	0.00105	467.14530	1.41226	0.00105	468.60810	1.41061	0.00105	470.07248	1.40898
120	0.00106	509.31246	1.52090	0.00105	510.72832	1.51913	0.00105	512.14637	1.51738
130	0.00107	551.63465	1.62720	0.00106	553.00066	1.62531	0.00106	554.36953	1.62343
140	0.00108	594.13905	1.73135	0.00107	595.45157	1.72932	0.00107	596.76774	1.72731
150	0.00109	636.85578	1.83351	0.00108	638.11036	1.83135	0.00108	639.36950	1.82920
160	0.00110	679.81821	1.93386	0.00110	681.00943	1.93155	0.00109	682.20632	1.92925
170	0.00111	723.06342	2.03256	0.00111	724.18474	2.03009	0.00111	725.31306	2.02764
180	0.00112	766.63288	2.12978	0.00112	767.67640	2.12714	0.00112	768.72853	2.12452
190	0.00114	810.57343	2.22569	0.00113	811.52955	2.22286	0.00113	812.49627	2.22005
200	0.00115	854.93847	2.32046	0.00115	855.79552	2.31742	0.00115	856.66562	2.31440
210	0.00117	899.78976	2.41426	0.00116	900.53335	2.41098	0.00116	901.29314	2.40774
220	0.00118	945.19967	2.50729	0.00118	945.81199	2.50374	0.00118	946.44453	2.50024
230	0.00120	991.25449	2.59974	0.00120	991.71312	2.59588	0.00120	992.19722	2.59208
240	0.00122	1038.05901	2.69185	0.00122	1038.33530	2.68763	0.00122	1038.64407	2.68349
250	0.00124	1085.74333	2.78388	0.00124	1085.79992	2.77924	0.00124	1085.89858	2.77469
260	0.00127	1134.47316	2.87614	0.00127	1134.26009	2.87099	0.00126	1134.10260	2.86595
270	0.00130	1184.46627	2.96904	0.00129	1183.91462	2.96326	0.00129	1183.43823	2.95763
280	0.00133	1236.02002	3.06309	0.00132	1235.03076	3.05651	0.00132	1234.14687	3.05014
290	0.00136	1289.56105	3.15901	0.00136	1287.98413	3.15138	0.00135	1286.56148	3.14404
300	0.02428	2786.48643	5.79372	0.00140	1343.33397	3.24879	0.00139	1341.16534	3.24015
310	0.02563	2835.37947	5.87830	0.00145	1401.98232	3.35023	0.00144	1398.70984	3.33967
320	0.02684	2878.43091	5.95152	0.01927	2782.79897	5.71333	0.00149	1460.48550	3.44470
330	0.02795	2917.59381	6.01700	0.02044	2835.79076	5.80195	0.01502	2728.18160	5.56510
340	0.02899	2953.93581	6.07676	0.02149	2882.13510	5.87817	0.01621	2793.60379	5.67272
350	0.02997	2988.13038	6.13209	0.02244	2924.02368	5.94594	0.01722	2848.09193	5.76088
360	0.03091	3020.63906	6.18384	0.02332	2962.68446	6.00749	0.01812	2895.93120	5.83705
370	0.03181	3051.79504	6.23267	0.02416	2998.89553	6.06424	0.01894	2939.21696	5.90489
380	0.03268	3081.84754	6.27904	0.02495	3033.18825	6.11716	0.01971	2979.17072	5.96654
390	0.03352	3110.98804	6.32332	0.02571	3065.94401	6.16693	0.02042	3016.58053	6.02339
400	0.03434	3139.36672	6.36579	0.02644	3097.44660	6.21408	0.02111	3051.98923	6.07639
410	0.03514	3167.10342	6.40670	0.02714	3127.91306	6.25901	0.02176	3085.78842	6.12623
420	0.03593	3194.29517	6.44621	0.02783	3157.51303	6.30203	0.02238	3118.27045	6.17344
430	0.03670	3221.02151	6.48449	0.02849	3186.38156	6.34338	0.02299	3149.65952	6.21840
440	0.03745	3247.34837	6.52167	0.02914	3214.62778	6.38327	0.02358	3180.13136	6.26143
450	0.03819	3273.33092	6.55785	0.02978	3242.34106	6.42186	0.02415	3209.82614	6.30278
460	0.03893	3299.01575	6.59313	0.03041	3269.59539	6.45929	0.02471	3238.85742	6.34265
470	0.03965	3324.44250	6.62758	0.03102	3296.45268	6.49567	0.02525	3267.31840	6.38121
480	0.04036	3349.64517	6.66126	0.03163	3322.96519	6.53111	0.02579	3295.28643	6.41860
500	0.04177	3399.49165	6.72659	0.03281	3375.12743	6.59947	0.02683	3349.99306	6.49029
510	0.04246	3424.18316	6.75832	0.03339	3400.84818	6.63252	0.02734	3376.83330	6.52478
520	0.04315	3448.74708	6.78948	0.03397	3426.36823	6.66491	0.02784	3403.38725	6.55848
530	0.04383	3473.20062	6.82012	0.03453	3451.71252	6.69666	0.02833	3429.68966	6.59143
540	0.04450	3497.55900	6.85026	0.03510	3476.90296	6.72783	0.02882	3455.77075	6.62370
550	0.04517	3521.83578	6.87994	0.03565	3501.95885	6.75846	0.02930	3481.65695	6.65535
560	0.04584	3546.04304	6.90917	0.03621	3526.89732	6.78857	0.02978	3507.37150	6.68640
570	0.04650	3570.19161	6.93798	0.03676	3551.73359	6.81820	0.03026	3532.93492	6.71690
590	0.04781	3618.35070	6.99443	0.03784	3601.15246	6.87613	0.03119	3583.67925	6.77638



Tabelle dell'acqua liquido (grassetto) / vapore						
T [°C]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]	v [m3/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kgK]
<i>CLI</i>	<i>0.0017</i>	<i>1610.2004</i>	<i>3.6846</i>	<i>0.0017</i>	<i>1649.6875</i>	<i>3.7457</i>
<i>CLS</i>	<i>0.0103</i>	<i>2610.6971</i>	<i>5.3106</i>	<i>0.0093</i>	<i>2580.7870</i>	<i>5.2463</i>
10	0.00099	56.52628	0.14951	0.00099	57.48460	0.14939
20	0.00100	97.93363	0.29323	0.00099	98.86175	0.29300
30	0.00100	139.33870	0.43211	0.00100	140.24087	0.43180
40	0.00100	180.76628	0.56656	0.00100	181.64515	0.56617
50	0.00101	222.22967	0.69690	0.00101	223.08688	0.69644
60	0.00101	263.73734	0.82340	0.00101	264.57389	0.82288
70	0.00102	305.29694	0.94631	0.00102	306.11331	0.94573
80	0.00102	346.91743	1.06587	0.00102	347.71376	1.06523
90	0.00103	388.61021	1.18229	0.00103	389.38629	1.18159
100	0.00104	430.38939	1.29578	0.00104	431.14475	1.29502
110	0.00104	472.27190	1.40654	0.00104	473.00578	1.40573
120	0.00105	514.27738	1.51476	0.00105	514.98874	1.51390
130	0.00106	556.42803	1.62063	0.00106	557.11554	1.61971
140	0.00107	598.74862	1.72433	0.00107	599.41063	1.72334
150	0.00108	641.26653	1.82601	0.00108	641.90103	1.82496
160	0.00109	684.01196	1.92585	0.00109	684.61650	1.92473
170	0.00110	727.01821	2.02401	0.00110	727.58988	2.02281
180	0.00112	770.32227	2.12064	0.00112	770.85755	2.11936
190	0.00113	813.96544	2.21590	0.00113	814.46009	2.21453
200	0.00114	857.99427	2.30995	0.00114	858.44321	2.30849
210	0.00116	902.46186	2.40295	0.00116	902.85889	2.40138
220	0.00118	947.42944	2.49507	0.00117	947.76699	2.49338
230	0.00119	992.96867	2.58649	0.00119	993.23737	2.58466
240	0.00121	1039.16468	2.67740	0.00121	1039.35280	2.67541
250	0.00123	1086.12045	2.76802	0.00123	1086.21306	2.76585
260	0.00126	1133.96307	2.85861	0.00125	1133.94080	2.85621
270	0.00128	1182.85316	2.94946	0.00128	1182.69031	2.94680
280	0.00131	1232.99958	3.04094	0.00131	1232.66097	3.03796
290	0.00134	1284.68335	3.13354	0.00134	1284.11907	3.13015
300	0.00138	1338.29916	3.22790	0.00137	1337.43498	3.22399
310	0.00142	1394.43308	3.32499	0.00142	1393.15129	3.32036
320	0.00147	1454.02406	3.42630	0.00147	1452.12064	3.42061
330	0.00154	1518.75923	3.53451	0.00153	1515.82813	3.52711
340	0.00163	1592.36058	3.65551	0.00162	1587.35664	3.64471
350	0.01148	2693.11514	5.44373	0.00977	2616.96461	5.30447
360	0.01258	2769.67640	5.56566	0.01106	2715.82085	5.46194
370	0.01349	2831.44206	5.66247	0.01205	2788.35780	5.57564
380	0.01429	2884.65910	5.74459	0.01288	2848.30157	5.66815
400	0.01567	2975.65784	5.88189	0.01428	2947.56676	5.81793
410	0.01629	3016.05002	5.94145	0.01490	2990.74384	5.88160
420	0.01687	3054.04977	5.99668	0.01548	3031.00196	5.94011
430	0.01743	3090.13749	6.04837	0.01603	3068.96560	5.99449
440	0.01796	3124.66722	6.09714	0.01655	3105.08318	6.04550
450	0.01848	3157.90776	6.14343	0.01705	3139.68828	6.09369
460	0.01897	3190.06812	6.18760	0.01753	3173.03609	6.13949
470	0.01945	3221.31402	6.22993	0.01800	3205.32628	6.18324
480	0.01992	3251.77903	6.27065	0.01845	3236.71798	6.22520
500	0.02083	3310.78425	6.34798	0.01932	3297.29822	6.30459
510	0.02127	3339.49032	6.38487	0.01974	3326.68030	6.34235
520	0.02170	3367.75428	6.42073	0.02016	3355.55992	6.37899
530	0.02212	3395.63039	6.45566	0.02056	3383.99944	6.41463
550	0.02294	3450.39885	6.52302	0.02135	3439.76345	6.48321
570	0.02375	3504.09805	6.58748	0.02212	3494.31591	6.54869
590	0.02453	3556.95846	6.64944	0.02287	3547.91683	6.61153

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 10 – Energetica Nucleare

Calcolo della massima pressione nel contenimento in caso di un “primary LOCA” o di uno SLBA in uno dei generatori di vapore.

Si consideri un impianto con reattore di tipo PWR da 4500 MW_{th} il cui sistema di contenimento ha un volume libero di 50970 m³, in cui è contenuta aria a 0.101 MPa, temperatura 300 K ed umidità relativa dell'80%. Si trascurino le perdite di calore (dispersioni e calore ceduto alle strutture) e l'intervento dei sistemi di emergenza.

Parte 1) assumendo che primario abbia un volume di 354 m³ ed il refrigerante sia alla pressione di 15.5 MPa ed alla temperatura media di 578 K, si calcoli la massima pressione all'interno del contenitore in caso di rottura di una tubazione primaria. Si consideri il calore di decadimento ceduto entro 5 minuti dalla rottura.

Parte 2) Si ipotizzi, invece del LOCA primario, una rottura della linea vapore di uno dei generatori, contenente inizialmente un volume d'acqua di 89 m³ alla pressione di 6.89 MPa (si assuma per semplicità che tutta l'acqua sia inizialmente in condizioni di liquido saturo) e che, nel periodo fra la rottura e il raggiungimento del picco di pressione nel contenimento, il primario abbia trasferito al generatore interessato una quantità di energia pari a 10⁵ MJ.

Altri dati:

Costante dell'aria $R_a = 290 \text{ kJ/kgK}$; $c_v = 717 \text{ kJ/kgK}$

$P_{\text{sat}}(300 \text{ K}) = 3536.8 \text{ Pa}$; costante del vapore $R_v = 461.9 \text{ kJ/kgK}$; entalpia vapore(300 K) = 2550.2 kJ/kg

Primario:

Pressure (MPa)	Temperature (K)	Volume (m ³ /kg)	Enthalpy (kJ/kg)
15.5	578.0	0.0013961	1364.6

GV:

Pressure (MPa)	Temperature (K)	Volume (l. m ³ /kg)	Enthalpy (l. kJ/kg)
6.89	557.91	0.0013483	1262.0

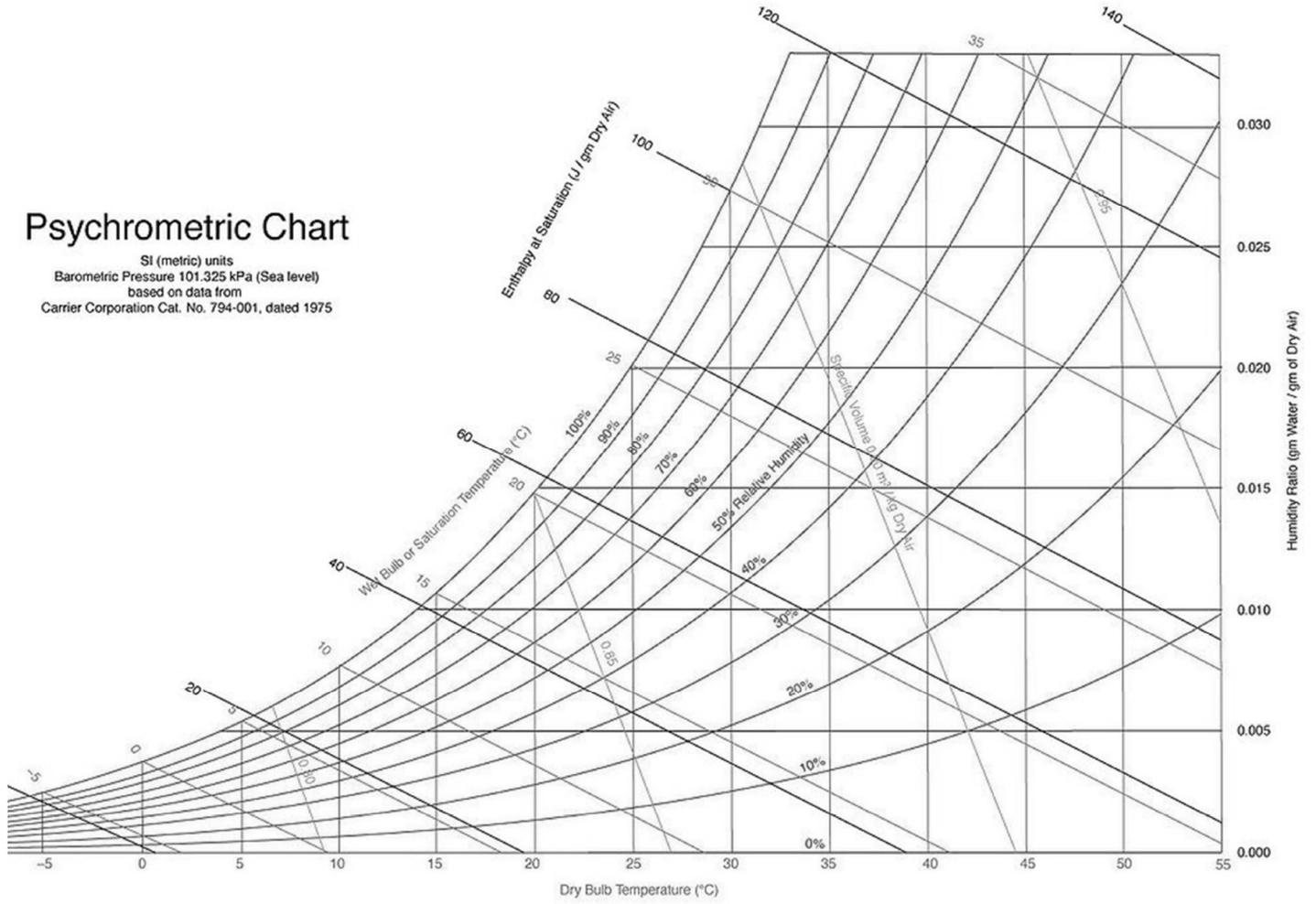
Tabelle termodinamiche acqua in saturazione tra 2 e 5 bar

Pressure (MPa)	Temperature (K)	Volume (l. m ³ /kg)	Enthalpy (l. kJ/kg)	Volume (v. m ³ /kg)	Enthalpy (v. kJ/kg)
0.2	393.36	0.0010605	504.7	0.88568	2706.2
0.21	394.91	0.0010619	511.29	0.84614	2708.5

0.22	396.4	0.0010633	517.63	0.81007	2710.6
0.23	397.84	0.0010646	523.74	0.77704	2712.7
0.24	399.22	0.0010659	529.64	0.74668	2714.6
0.25	400.56	0.0010672	535.34	0.71866	2716.5
0.26	401.86	0.0010685	540.87	0.69273	2718.3
0.27	403.12	0.0010697	546.24	0.66865	2720
0.28	404.34	0.0010709	551.44	0.64624	2721.7
0.29	405.52	0.001072	556.5	0.62533	2723.3
0.3	406.67	0.0010732	561.43	0.60576	2724.9
0.31	407.79	0.0010743	566.22	0.58741	2726.4
0.32	408.89	0.0010754	570.9	0.57017	2727.8
0.33	409.95	0.0010765	575.46	0.55395	2729.3
0.34	410.99	0.0010775	579.91	0.53864	2730.6
0.35	412.01	0.0010786	584.26	0.52418	2732
0.36	413	0.0010796	588.52	0.5105	2733.2
0.37	413.97	0.0010806	592.68	0.49753	2734.5
0.38	414.92	0.0010816	596.75	0.48522	2735.7
0.39	415.85	0.0010826	600.74	0.47352	2736.9
0.4	416.76	0.0010836	604.65	0.46238	2738.1
0.41	417.65	0.0010845	608.49	0.45177	2739.2
0.42	418.53	0.0010854	612.25	0.44165	2740.3
0.43	419.38	0.0010864	615.95	0.43199	2741.3
0.44	420.23	0.0010873	619.58	0.42274	2742.4
0.45	421.05	0.0010882	623.14	0.4139	2743.4
0.46	421.87	0.0010891	626.64	0.40542	2744.4
0.47	422.66	0.00109	630.08	0.3973	2745.3
0.48	423.45	0.0010908	633.47	0.3895	2746.3
0.49	424.22	0.0010917	636.8	0.38201	2747.2
0.5	424.98	0.0010925	640.09	0.37481	2748.1

Psychrometric Chart

SI (metric) units
Barometric Pressure 101.325 kPa (Sea level)
based on data from
Carrier Corporation Cat. No. 794-001, dated 1975





SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 11 – Ingegneria Elettrotecnica

Macchine Elettriche

Si deve progettare un ascensore per uso industriale con le seguenti specifiche tecniche:

- portata 1000 kg / 12 persone;
- velocità 15 m/min;
- altezza 16m;
- peso della cabina 600 kg;
- peso del contrappeso 1100 kg;
- potenza massima disponibile di impianto dedicata esclusivamente al servizio ascensore 20kW.

Si proceda alla valutazione di:

- schema di massima di funzionamento del sistema ascensore (cabina, pulegge, corde, contrappeso, motore, principali organi di movimentazione ed azionamento elettrico);
- la potenza elettrica necessaria per il funzionamento dell'ascensore;
- il tipo di motore da impiegare con le relative caratteristiche tecniche;
- sistema di trasmissione con eventuali variatori di velocità o cambi meccanici impiegati nell'accoppiamento tra l'albero del motore e la puleggia di movimentazione delle funi;
- tipologia di dispositivi elettromeccanici o elettronici, a scelta, per l'alimentazione del motore e la manovra del sistema ascensore;
- sforzo meccanico a cui sono sottoposte le funi di sollevamento per il loro corretto dimensionamento, considerando che comunque devono essere triplicate e dimensionate per un fattore moltiplicativo 12 per motivi di sicurezza.



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 12 – Ingegneria Elettrica, Elettrotecnica (Impianti)

Dalla sbarra BT di una cabina di trasformazione MT/BT (QGBT) vengono alimentati i quadri di distribuzione Q₁, Q₂, Q₃, Q₄ tramite le linee in cavo L₁, L₂, L₃, L₄ posate su passerella metallica e aventi percorsi separati.

- a) Si dimensionino le linee in cavo assumendo una caduta di tensione massima del 2%.
- b) In base ad una ragionevole stima della potenza di trasformazione della cabina MT/BT, si scelgano le protezioni contro le sovracorrenti (sovraccarichi e cortocircuiti) delle linee L₁, L₂, L₃ e L₄.
- c) Dimensionare il/i trasformatore/i con cui alimentare l'impianto.
- d) Assumendo la tensione nominale alla sbarra BT del trasformatore/i, determinare la tensione al primario, la potenza erogata ed il rendimento del trasformatore (si trascuri l'assorbimento di potenza attiva e reattiva da parte dei cavi).

Dati del problema:

- $U_n=400$ V per tutti i carichi
- Linea L₁: lunghezza 50 m; carico Q₁: $P_n=58$ kW, $\cos\phi_n=0,9$ rit.
- Linea L₂: lunghezza 40 m; carico Q₂: $P_n=50$ kW, $\cos\phi_n=0,88$ rit.
- Linea L₃: lunghezza 60 m; carico Q₃: $P_n=20$ kW, $\cos\phi_n=0,85$ rit.
- Linea L₄: lunghezza 65 m; carico Q₃: $P_n=55$ kW, $\cos\phi_n=0,9$ rit.



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 13 – Biomedica (Impianti Ospedalieri)

Il candidato 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°C e in estate a 24°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 $1.7 \text{ W/m}^2\text{K}$. I carichi termici interni dovuti alle apparecchiature vadano da un minimo di 1000 W a un massimo di 2500 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 120 W/persona e un carico latente pari a 50 W/persona . Si ricordi che il minimo numero di ricambi di aria esterna richiesto dalla legge è pari a 15 vol/h e che nel caso di cardiocirurgia, ortopedia o neurochirurgia molte leggi regionali richiedono 20 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 $0.8 \text{ m}^3/\text{kg}_a$.

Il candidato illustri, inoltre, i principi di regolazione dell'impianto in oggetto.

Si allega il diagramma psicrometrico.



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2019
Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 14 - Biomedica (Strumentazione Biomedica)

Si dimensiona un dispositivo per la misura della pressione con metodo invasivo assumendo nel catetere l'ipotesi di fluido incompressibile e considerando le seguenti specifiche tecniche:

- modulo di elasticità volumetrica del trasduttore $300 \text{ mmHg}\cdot\text{mm}^{-3}$
- fluido nel catetere acqua
- viscosità fluido $10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- raggio del catetere 0.33 mm

Il candidato definisca i parametri necessari alla progettazione finalizzati al calcolo della frequenza naturale, di risonanza e del fattore di smorzamento.

Inoltre si dimensiona un condotto cilindrico inseribile tra catetere e duomo che possa variare il fattore di smorzamento del dispositivo per poter ridurre l'ampiezza del picco di risonanza.

Si assuma che la pressione sanguigna in ingresso al trasduttore abbia contenuti significativi in frequenza sino a 5 Hz.



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di
Ingegnere – Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 15 – Meccanica (Calda)

Il candidato risponde a tutte e due le domande, fornendo i disegni preliminari delle macchine.

- 1) Pompa dinamica. Dopo avere eseguito la verifica a cavitazione, si richiede il dimensionamento preliminare della macchina operate con le seguenti caratteristiche (assumere $p_{vap} = 20 \text{ kPa}$, $\Delta H = 8\% H_{tot}$):
 - a. $Q = 16 \text{ dm}^3/\text{s}$
 - b. $z_{manmdata} = 8 \text{ m}$
 - c. $\omega = 157 \text{ rad/s}$
 - d. $D_{asp} = 100 \text{ m}$
 - e. $p_{asp} = 35 \text{ k}$
 - f. $D_{man} = 65 \text{ mm}$
 - g. $p_{man} = 250 \text{ kPa}$
- 2) Pompa volumetrica. Ricavare diametro, corsa, portata totale di una macchina bicilindrica operante con i seguenti dati:
 - a. $P = 2.5 \text{ kW}$
 - b. $\omega = 57 \text{ rad/s}$
 - c. $C/D = 1.2$
 - d. $z_{man} = 50 \text{ m}$
 - e. $V_{tot} = 2.5 \text{ dm}^3$

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 16 – Meccanica (Fredda)

Il sistema meccanico in figura 1 rappresenta due corpi rigidi (corpo 1 e corpo 2) collegati a telaio tramite delle molle nei punti A e D e fra di loro con una molla fra il punto B e C. I baricentri dei corpi sono i punti G_1 e G_2 . I corpi hanno massa m_1 ed m_2 e momenti di inerzia baricentrici I_1 e I_2 , rispettivamente. Si consideri un moto piano e i gradi di libertà indicati in figura (y_1 spostamento verticale del baricentro G_1 , y_2 spostamento verticale del baricentro G_2 , θ_1 rotazione del corpo 1 e θ_2 rotazione del corpo 2). Il candidato, considerando le piccole oscillazioni del sistema, scriva le equazioni di equilibrio linearizzate dell'intero sistema in funzione dei gradi di libertà indicati. Calcoli le frequenze naturali e i modi naturali di vibrazione del sistema, note le matrici di massa e rigidezza.

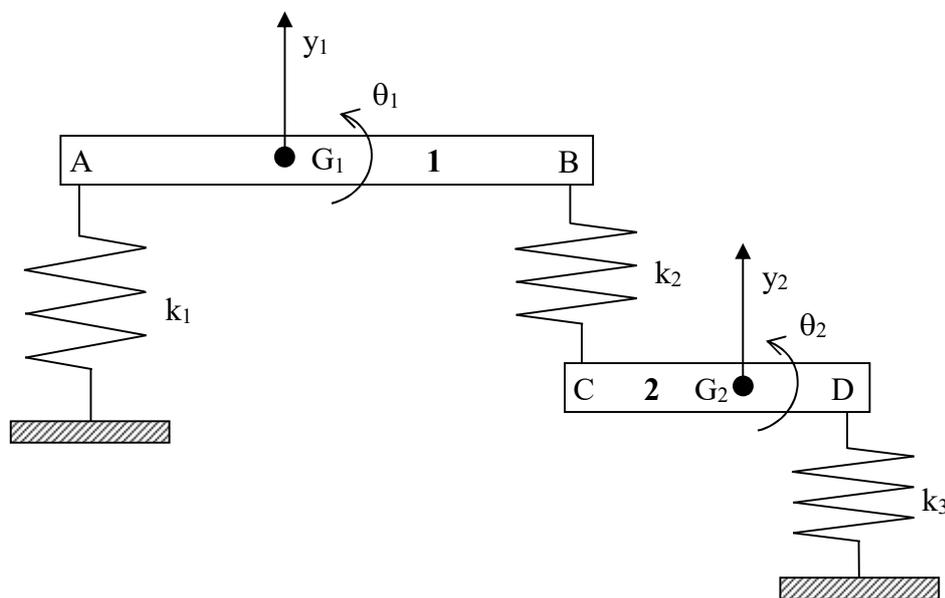


Figura 1

Note le matrici degli autovettori e degli autovalori appena calcolati, il candidato scriva le espressioni simboliche delle funzioni di risposta in frequenza per i punti A, B, C e D.

La figura 2 rappresenta lo stesso sistema di figura 1 dove è imposto uno spostamento del basamento $u(t)$. Lo spostamento è una funzione armonica del tempo: $u(t) = u_0 \sin(\omega^* t)$. In candidato calcoli lo spostamento in funzione della frequenza del punto B del sistema.

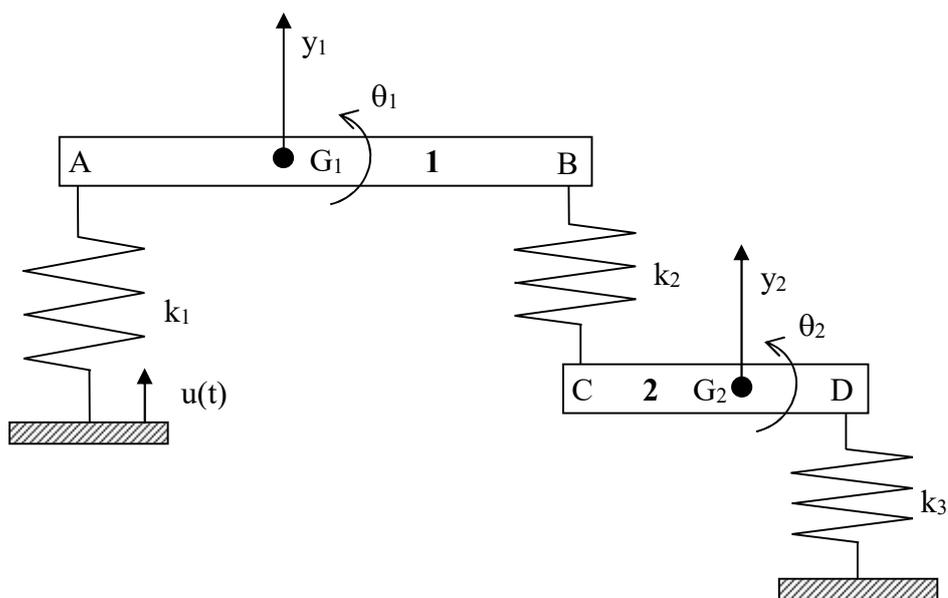


Figura 2

Nel caso di spostamento $u(t)$ random invece che armonico e nota la densità spettrale di potenza $S_{uu}(\omega)$, il candidato mostri come calcolare la densità spettrale dello spostamento del punto D, $S_{DD}(\omega)$, note le funzioni di risposta in frequenza del sistema e la densità spettrale S_{uu} .

Dati numerici:

- $m_1 = 10 \text{ kg}$
- $m_2 = 5 \text{ kg}$
- $I_1 = 0.8417 \text{ kg m}^2$
- $I_2 = 0.1083 \text{ kg m}^2$
- $k_1 = 17000 \text{ N/m}$
- $k_2 = 9000 \text{ N/m}$
- $k_3 = 21000 \text{ N/m}$
- $AG_1 = 0.3 \text{ m}$
- $G_1B = 0.7 \text{ m}$
- $CG_2 = 0.4 \text{ m}$
- $G_2D = 0.1 \text{ m}$
- $\omega^* = 30 \text{ rad/s}$



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere –
Sezione Industriale - I Sessione 2019

Sezione A
PROVA PRATICA
12 Luglio 2019

Tema n° 17 - Gestionale

Un'azienda produttrice di energia elettrica deve decidere quali fonti energetiche usare per soddisfare, nel modo più economico possibile, la domanda giornaliera dei propri clienti in un comune italiano. Le fonti energetiche a disposizione sono: idroelettrico, solare, eolico, petrolio, carbone e gas. La domanda giornaliera da soddisfare è di 20 000 000 kWh. Il costo (in euro per 1 000 kWh di energia) e le quantità massime giornaliere di ogni fonte (in kWh) sono riportate nella seguente tabella:

	costo	quantità max
idroelettrico	2	8 000 000
solare	4	3 500 000
eolico	3.5	3 500 000
petrolio	0.6	15 000 000
carbone	0.5	15 000 000
gas	1.5	8 000 000

Oltre ai costi unitari, utilizzare alcune fonti ha un costo fisso giornaliero: idroelettrico 400 euro, solare 200 euro, eolico 600 euro, gas 250 euro.

Per motivi commerciali l'azienda si pone di verificare una tra le seguenti due alternative "green":

- non superare il 50% della produzione con petrolio e carbone;
- superare il 20% della produzione con solare ed eolico.

Inoltre motivi tecnici impongono che:

- se si utilizza la fonte idroelettrica allora non si può usare il gas;
- l'energia proveniente dal petrolio deve essere almeno pari al 40% di quella proveniente dal carbone.

Definire un modello di programmazione lineare con variabili intere e continue per risolvere il problema decisionale dell'azienda.