

Prova scritta di Fisica Tecnica, Fisica Tecnica I e Fisica Tecnica II – 02.02.2004

Fisica Tecnica – Esercizi 1 e 2; Fisica Tecnica I – *solo* Esercizio 1; Fisica Tecnica II – *solo* Esercizio 2

(Ing. Meccanica, Navale, Elettrica, dei Materiali)

.....
NOME e COGNOME.....
CORSO di LAUREA.....
Voto/i**Esercizio 1**

Una portata pari a \dot{m} di vapore saturo secco alla pressione p_1 viene miscelata adiabaticamente ed isobaricamente con una uguale portata \dot{m} di vapore surriscaldato alla temperatura t_2 e pressione $p_2 = p_1$. La portata risultante viene poi fatta espandere adiabaticamente fino alla pressione p_4 in una turbina che fornisce la potenza P_{34}^+ . Il vapore scaricato dalla turbina condensa isobaricamente fino allo stato 5 di liquido saturo in un condensatore.

Trascurando le variazioni di energia cinetica e potenziale in tutte le trasformazioni, con l'ausilio del diagramma (h, s) del vapore allegato, calcolare:

1. La temperatura t_3 [°C] del vapore all'ingresso in turbina;
2. Il rendimento isoentropico dell'espansione in turbina η_{ie} ;
3. Il flusso termico scambiato nel condensatore $|q_{45}^-|$ [kW];
4. Tracciare qualitativamente le trasformazioni del vapore in un diagramma (T, s).

Nota:

Si assuma per l'acqua $c_l = 4.187 \text{ kJ/(kg K)}$.

TEMA	\dot{m} [kg/s]	p_1 [MPa]	t_2 [°C]	p_4 [MPa]	P_{34}^+ [kW]
A	6	1	450	0.005	9500
B	4	2	500	0.01	6000

Esercizio 2

Un tubo fluorescente con diametro D e lunghezza L è posizionato orizzontalmente in aria alla temperatura t_∞ . Se la temperatura della superficie esterna del tubo è pari a t_s , calcolare nell'ordine:

1. Il numero di Grashof Gr ed il numero di Rayleigh Ra ;
2. Il coefficiente di scambio termico convettivo medio \bar{h} [W/(m² K)];
3. Il flusso termico scambiato dal tubo q [W].

Note:

- Per valutare il coefficiente di scambio termico convettivo si utilizzi la seguente correlazione (Churchill & Chu, 1975), specifica per convezione naturale da cilindri orizzontali:

$$\overline{Nu}_D = \frac{\bar{h} D}{k} = \left\{ 0.60 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{\left[1 + (0.559 / Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad \text{valida per } 10^{-5} < Ra_D < 10^{12}$$

- Per le proprietà termodinamiche dell'aria si faccia uso della tabella allegata.

TEMA	D [m]	L [m]	t_s [°C]	t_∞ [°C]
A	0.04	1.2	60	20
B	0.05	0.8	80	20

Proprietà dell'aria a pressione atmosferica.

t °C	ρ kg/m ³	c_p kJ/(kg·K)	k W/(m·K)	α m ² /s	μ kg/(m·s)	ν m ² /s	Pr	$g\beta/V^2$ 1/(m ³ ·K)
0	1,287	1,006	0,0242	1,87·10 ⁻⁵	1,71·10 ⁻⁵	1,33·10 ⁻⁵	0,713	2,03·10 ⁸
10	1,240	1,007	0,0250	2,00·10 ⁻⁵	1,76·10 ⁻⁵	1,42·10 ⁻⁵	0,711	1,72·10 ⁸
20	1,193	1,007	0,0258	2,14·10 ⁻⁵	1,81·10 ⁻⁵	1,52·10 ⁻⁵	0,709	1,45·10 ⁸
30	1,151	1,007	0,0265	2,29·10 ⁻⁵	1,86·10 ⁻⁵	1,62·10 ⁻⁵	0,706	1,24·10 ⁸
40	1,118	1,008	0,0273	2,42·10 ⁻⁵	1,91·10 ⁻⁵	1,71·10 ⁻⁵	0,705	1,08·10 ⁸
50	1,084	1,008	0,0280	2,56·10 ⁻⁵	1,96·10 ⁻⁵	1,80·10 ⁻⁵	0,704	9,33·10 ⁷
60	1,051	1,008	0,0288	2,71·10 ⁻⁵	2,00·10 ⁻⁵	1,90·10 ⁻⁵	0,702	8,12·10 ⁷
70	1,018	1,009	0,0295	2,87·10 ⁻⁵	2,05·10 ⁻⁵	2,01·10 ⁻⁵	0,701	7,05·10 ⁷
80	0,987	1,009	0,0302	3,04·10 ⁻⁵	2,10·10 ⁻⁵	2,12·10 ⁻⁵	0,699	6,16·10 ⁷
90	0,962	1,010	0,0310	3,19·10 ⁻⁵	2,14·10 ⁻⁵	2,22·10 ⁻⁵	0,697	5,46·10 ⁷
100	0,938	1,011	0,0318	3,35·10 ⁻⁵	2,18·10 ⁻⁵	2,33·10 ⁻⁵	0,695	4,85·10 ⁷
110	0,913	1,012	0,0325	3,52·10 ⁻⁵	2,23·10 ⁻⁵	2,44·10 ⁻⁵	0,693	4,30·10 ⁷
120	0,888	1,013	0,0333	3,70·10 ⁻⁵	2,27·10 ⁻⁵	2,56·10 ⁻⁵	0,691	3,82·10 ⁷
130	0,865	1,014	0,0340	3,88·10 ⁻⁵	2,31·10 ⁻⁵	2,68·10 ⁻⁵	0,690	3,40·10 ⁷

Soluzioni

Esercizio 1

TEMA A	TEMA B
$p_1 = 1 \text{ MPa}, x = 1$ $h_1 = 2776 \text{ kJ/kg}, t_1 = 180 \text{ °C}$ $s_1 = 6.58 \text{ kJ/(kg K)}$ $p_2 = p_1 = 1 \text{ MPa}, t_2 = 450 \text{ °C}$ $h_2 = 3370 \text{ kJ/kg}, s_2 = 7.62 \text{ kJ/(kg K)}$ $\dot{m} h_1 + \dot{m} h_2 = \dot{m} h_3$ $h_3 = (h_1 + h_2)/2 = 3073 \text{ kJ/kg}$ $t_3 = 310.4 \text{ °C}, s_3 = 7.16 \text{ kJ/(kg K)}$ $p_{4'} = p_4 = 0.005 \text{ MPa}$ $s_{4'} = s_3 = 7.16 \text{ kJ/(kg K)}, x_{4'} = 0.84$ $t_{4'} = 32.9 \text{ °C}, h_{4'} = 2184 \text{ kJ/kg}$ $P_{34'} = 2 \dot{m} (h_3 - h_{4'}) = 10668 \text{ kW}$ $\eta_{ie} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4'}} = \frac{\dot{m} (h_3 - h_4)}{\dot{m} (h_3 - h_{4'})} = \frac{P_{34}}{P_{34'}} = 0.89$ $h_4 = h_3 - \eta_{ie} (h_3 - h_{4'}) = 2282 \text{ kJ/kg}$ $x_4 = 0.88$ $h_5 = c_l t_5 = c_l t_4 = c_l t_{4'} = 137.7 \text{ kJ/kg}$ $ q_{45}^- = 2 \dot{m} (h_4 - h_5) = 25731 \text{ kW} = 25.7 \text{ MW}$	$p_1 = 2 \text{ MPa}, x = 1$ $h_1 = 2800 \text{ kJ/kg}, t_1 = 212 \text{ °C}$ $s_1 = 6.34 \text{ kJ/(kg K)}$ $p_2 = p_1 = 2 \text{ MPa}, t_2 = 500 \text{ °C}$ $h_2 = 3467 \text{ kJ/kg}, s_2 = 7.43 \text{ kJ/(kg K)}$ $\dot{m} h_1 + \dot{m} h_2 = \dot{m} h_3$ $h_3 = (h_1 + h_2)/2 = 3133 \text{ kJ/kg}$ $t_3 = 348 \text{ °C}, s_3 = 6.95 \text{ kJ/(kg K)}$ $p_{4'} = p_4 = 0.01 \text{ MPa}$ $s_{4'} = s_3 = 6.95 \text{ kJ/(kg K)}, x_{4'} = 0.84$ $t_{4'} = 46 \text{ °C}, h_{4'} = 2202 \text{ kJ/kg}$ $P_{34'} = 2 \dot{m} (h_3 - h_{4'}) = 7448 \text{ kW}$ $\eta_{ie} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4'}} = \frac{\dot{m} (h_3 - h_4)}{\dot{m} (h_3 - h_{4'})} = \frac{P_{34}}{P_{34'}} = 0.81$ $h_4 = h_3 - \eta_{ie} (h_3 - h_{4'}) = 2379 \text{ kJ/kg}$ $x_4 = 0.91$ $h_5 = c_l t_5 = c_l t_4 = c_l t_{4'} = 193 \text{ kJ/kg}$ $ q_{45}^- = 2 \dot{m} (h_4 - h_5) = 17448 \text{ kW} = 17.5 \text{ MW}$

Esercizio 2

TEMA A	TEMA B
$t_f = (t_s + t_\infty)/2 = 40 \text{ °C}$ $Pr = 0.705, k = 0.0273 \text{ W/(m K)}$ $g \beta / \nu^2 = 1.08 \times 10^8 \text{ 1/(m}^3 \text{ K)}$ $Gr_D = 2.77 \times 10^5, Ra_D = Gr_D Pr = 1.95 \times 10^5$ $\overline{Nu}_D = 9.27$ $\bar{h} = \frac{\overline{Nu}_D \cdot k}{D} = 6.3 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ $q = \bar{h} \pi D L (t_s - t_\infty) = 38 \text{ W}$	$t_f = (t_s + t_\infty)/2 = 50 \text{ °C}$ $Pr = 0.704, k = 0.0280 \text{ W/(m K)}$ $g \beta / \nu^2 = 9.33 \times 10^7 \text{ 1/(m}^3 \text{ K)}$ $Gr_D = 7 \times 10^5, Ra_D = Gr_D Pr = 4.93 \times 10^5$ $\overline{Nu}_D = 11.93$ $\bar{h} = \frac{\overline{Nu}_D \cdot k}{D} = 6.68 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ $q = \bar{h} \pi D L (t_s - t_\infty) = 50.4 \text{ W}$