

Vecchio Ordinamento ☐

Nuovo Ordinamento ☐

Fisica Tecnica I ☐

Fisica Tecnica II ☐

Prova scritta di Fisica Tecnica – 15.07.2003  
Fisica Tecnica I – *solo* Esercizio 1; Fisica Tecnica II – *solo* Esercizio 2

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

.....  
**NOME e COGNOME**

.....  
**CORSO di LAUREA**

.....  
**Voto**

**Esercizio 1**

Un compressore centrifugo comprime una portata d'aria  $\dot{m}_a = 50$  kg/h. Le condizioni all'aspirazione sono:  
 $p_e = 100$  kPa;  $t_e = 20^\circ\text{C}$ ;  $w_e = 30$  m/s,  
mentre le condizioni alla mandata sono:  
 $p_u = 400$  kPa;  $w_u = 80$  m/s.

Nell'ipotesi che l'aria si possa considerare un gas ideale avente  $R = 0.287$  kJ/(kg K) e  $k = c_p/c_v = 1.41$ , calcolare:

1. La temperatura di uscita dell'aria nel caso di compressione adiabatica reversibile;
2. La temperatura di uscita dell'aria nel caso di compressione adiabatica irreversibile con rendimento isoentropico di compressione  $\eta_{ic} = 0.8$ ;
3. La potenza di compressione nei due casi.

**Esercizio 2**

Una portata d'aria  $\dot{m}_a = 0.10$  kg/s, alla pressione standard di 101.325 kPa e temperatura  $T_{m,i} = 12^\circ\text{C}$ , entra in un condotto di sezione rettangolare, i cui lati sono  $H = 75$  mm e  $W = 150$  mm, di lunghezza pari a  $L = 2$  m, e le cui pareti sono mantenute alla temperatura costante  $T_s = 127^\circ\text{C}$ .

Determinare:

1. La temperatura di uscita dell'aria  $T_{m,o}$  dal condotto;
2. Il flusso termico fornito all'aria.

Note:

- Per valutare il coefficiente di scambio termico convettivo dell'aria all'interno del condotto, si utilizzi, giustificando, la correlazione di Dittus-Boelter:

$$Nu_{Dh} = 0.023 Re_{Dh}^{4/5} Pr^n \quad \text{valida per : } 0.7 \leq Pr \leq 160; \quad L / D_h \geq 10; \quad Re_{Dh} \geq 10^4$$

dove  $L$  e  $D_h$  rappresentano, rispettivamente, la lunghezza ed il diametro idraulico della tubazione, le proprietà termodinamiche vanno valutate alla temperatura media  $T_m$ , e l'esponente  $n$  assume i valori:

$$\begin{aligned} n &= 0.4 && \text{nel caso di riscaldamento } (t_s > t_m) \\ n &= 0.3 && \text{nel caso di raffreddamento } (t_s < t_m) \end{aligned}$$

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

Proprietà dell'aria a pressione atmosferica.

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

**Soluzioni****Esercizio 1**

1. Dalla:

$$T p^{\frac{1-k}{k}} = \text{cost}$$

si ottiene:

$$T_{u'} = T_e \left( \frac{p_u}{p_e} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 438.5 \text{ K} = 165.5^\circ \text{C}$$

2. Dalla definizione di rendimento isoentropico di compressione:

$$\eta_{ic} = \frac{|L'_{is}|}{|L'_{eu}|} = \frac{h_{u'} - h_e}{h_u - h_e}$$

che, per un gas ideale a calori specifici costanti:

$$\eta_{ic} = \frac{c_p (T_{u'} - T_e)}{c_p (T_u - T_e)} = \frac{(T_{u'} - T_e)}{(T_u - T_e)} \quad \text{da cui:}$$

$$T_u = T_e + \frac{T_{u'} - T_e}{\eta_{ic}} = 474.9 \text{ K} = 201.9^\circ \text{C}$$

3. Dal Primo Principio per sistemi aperti a deflusso monodimensionale stazionario:

$$-P'_{eu} = \dot{m}_a (h_u - h_e) + \dot{m}_a \left( \frac{w_u^2 - w_e^2}{2} \right) = \dot{m}_a R \frac{k}{k-1} (T_u - T_e) + \dot{m}_a \left( \frac{w_u^2 - w_e^2}{2} \right)$$

si ottiene, nei due casi:

$$|P'_{is}| = 2033 \text{ W} = 2.03 \text{ kW}$$

$$|P'_{eu}| = 2494 \text{ W} \cong 2.5 \text{ kW}$$

**Esercizio 2**

1. Dalla:

$$\frac{\Delta T_o}{\Delta T_i} = \frac{T_s - T_{m,o}}{T_s - T_{m,i}} = \exp \left( - \frac{PL}{\dot{m}_a c} h \right) \quad \text{si ricava:}$$

$$T_{m,o} = T_s - (T_s - T_{m,i}) \exp \left( - \frac{PL}{\dot{m}_a c} h \right)$$

dove  $P$  è il perimetro della sezione, ed  $h$  è il coefficiente convettivo.

Per utilizzare questa espressione, così come per valutare il coefficiente  $h$  tramite la correlazione fornita, è necessario conoscere le proprietà termofisiche alla temperatura media del fluido, approssimata dalla:

$$\bar{T}_m \approx \frac{T_{m,i} + T_{m,o}}{2}$$

Non essendo nota  $T_{m,o}$ , assumiamo in prima approssimazione:

$$T_{m,o}^* \approx T_s \Rightarrow \bar{T}_m^* \approx 70^\circ \text{C}$$

da cui si ricavano le proprietà termofisiche dalla tabella:

$$\rho = 1.018 \text{ kg/m}^3; \quad c_p = 1.009 \text{ kJ/(kg K)}; \quad k = 0.0295 \text{ W/(m K)};$$

$$\mu = 2.05 \times 10^{-5} \text{ kg/(m s)}; \quad Pr = 0.701$$

Si ricava quindi:

$$D_h = \frac{4A}{P} = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{Re}_{Dh} = \frac{U_m D_h}{\nu} = \frac{\dot{m}_a D_h}{A \mu} = 43360$$

$$h = \frac{k}{D_h} 0.023 \text{Re}^{4/5} \text{Pr}^{0.4} = 30.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$$

$$T_{m,o} = 39^\circ \text{C}$$

Quindi, in precedenza,  $T_{m,o}$  è stato sovrastimato, ed è quindi opportuno ripetere il calcolo con le proprietà termofisiche valutate alla temperatura:

$$\bar{T}_m = 25.5^\circ \text{C}$$

Dalla tabella, interpolando, si ottiene:

$$c_p = 1.007 \text{ kJ}/(\text{kg K}); \quad k = 0.0262 \text{ W}/(\text{m K});$$

$$\mu = 1.84 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m s}); \quad \text{Pr} = 0.707$$

Si ottiene, in sequenza:

$$\text{Re}_{Dh} = 48362$$

$$h = 29.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$$

$$T_{m,o} = 38.5^\circ \text{C}$$

Il valore di  $T_{m,o}$  non differisce sensibilmente dal valore precedentemente usato per la valutazione delle proprietà termofisiche, quindi non è necessario ripetere il calcolo.

$$2. \quad q = \dot{m}_a c_p (T_{m,o} - T_{m,i}) = 2669 \text{ W} \approx 2.7 \text{ kW}$$