

Prova scritta di Fisica Tecnica, Fisica Tecnica I e Fisica Tecnica II – 23.01.2007

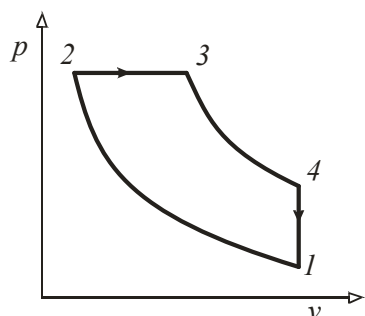
Fisica Tecnica VO e Fisica Tecnica II NO AA 2005-06 – Esercizi 1 e 2

NO AA 2004-05 e precedenti: 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**

Un ciclo Diesel ideale ad aria standard ($R = 0.287 \text{ kJ/(kg K)}$, $k = 1.4$) è caratterizzato da un rapporto volumetrico di compressione $r_v = v_1/v_2 = 20$, ed un rapporto volumetrico di combustione pari a $r_c = v_3/v_2 = 1.9$. Alla fine del processo di compressione, il fluido si trova in condizioni di pressione $p_2 = 6.852 \text{ MPa}$ e temperatura $t_2 = 750 \text{ °C}$, ed occupa un volume $V_2 = 15 \text{ cm}^3$.

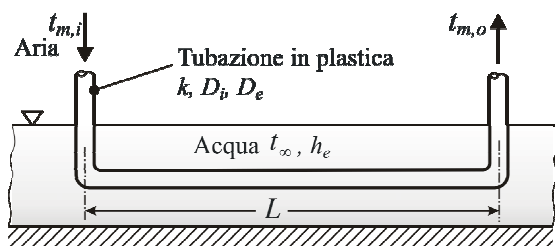


Determinare nell'ordine:

1. I valori di temperatura T_1 , T_3 e T_4 ;
2. Il rendimento di primo principio del ciclo η ;
3. Il lavoro netto prodotto durante il ciclo \hat{L}_n .

Esercizio 2

Per raffreddare un'abitazione nel periodo estivo, senza far uso di sistemi di condizionamento basati su cicli inversi a compressione di vapore, si pensa di utilizzare la presenza di un corpo d'acqua, la cui temperatura è pari a $t_\infty = 17 \text{ °C}$, facendovi passare l'aria all'interno di una tubazione di plastica, di conducibilità termica $k = 0.15 \text{ W/(m K)}$, diametro interno $D_i = 0.15 \text{ m}$ e diametro esterno $D_e = 0.17 \text{ m}$. L'aria entra nella tubazione ad una temperatura $t_{m,i} = 29 \text{ °C}$, con una portata volumetrica $\dot{V}_i = 0.025 \text{ m}^3/\text{s}$.



Nell'ipotesi che il coefficiente convettivo esterno (lato acqua) sia pari a $h_e = 1500 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$, e la temperatura di uscita dell'aria dalla tubazione sia $t_{m,o} = 21 \text{ °C}$, determinare nell'ordine:

1. Il coefficiente convettivo interno h_i [$\text{W/(m}^2 \text{ K)}$];
2. Il valore della trasmittanza U_i [$\text{W/(m}^2 \text{ K)}$] riferita al diametro interno della tubazione;
3. La minima lunghezza L [m] della tubazione necessaria a tale compito.

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

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n \quad \text{valida per : } 0.7 \leq Pr \leq 160; \quad L/D \geq 10; \quad Re_D \geq 10^4$$

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

$$n = 0.4 \text{ nel caso di riscaldamento } (t_\infty > t_m)$$

$$n = 0.3 \text{ nel caso di raffreddamento } (t_\infty < t_m)$$

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

Vecchio Ordinamento (VO) ☐

Nuovo Ordinamento (NO) AA 2004-05 e precedenti ☐

Fisica Tecnica I ☐

Fisica Tecnica II ☐

Nuovo Ordinamento (NO) AA 2005-06 ☐

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	$g\beta/\nu^2$ 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

Prova scritta di Fisica Tecnica, Fisica Tecnica I e Fisica Tecnica II – 23.01.2007

Soluzioni**Esercizio 1**

- 1) Dalla
- $pV = mRT$
- si ha

$$m = \frac{p_2 V_2}{RT_2} = 3.5 \times 10^{-4} \text{ [kg]}$$

$$v_2 = \frac{V_2}{m} = 0.0429 \text{ [m}^3/\text{kg]} \quad (\text{poteva venire ricavato dalla } v_2 = \frac{RT_2}{p_2})$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{k-1} \quad \text{da cui}$$

$$T_1 = T_2 r_v^{1-k} = 308.7 \text{ [K]}$$

$$p_3 v_3 = RT_3 \text{ e poich  } p_3 \equiv p_2 \text{ e } v_3 = r_c v_2 \text{ si ha}$$

$$T_3 = \frac{p_2 r_c v_2}{R} = 1943.4 \text{ [K]}$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^{k-1} = \left(r_c \frac{v_2}{v_1} \right)^{k-1} = r_c^{k-1} r_v^{1-k}$$

$$T_4 = T_3 r_c^{k-1} r_v^{1-k} = 757.9 \text{ [K]}$$

$$2) \quad Q_{41}^- = u_1 - u_4 = c_v (T_1 - T_4) = \frac{R}{k-1} (T_1 - T_4) = -322.2 \text{ [kJ/kg]}$$

$$Q_{23}^+ = h_3 - h_2 = c_p (T_3 - T_2) = \frac{Rk}{k-1} (T_3 - T_2) = 924.4 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\eta = \frac{L_n}{Q_{23}^+} = \frac{Q_{23}^+ + Q_{41}^-}{Q_{23}^+} = 1 + \frac{Q_{41}^-}{Q_{23}^+} = 1 - \frac{|Q_{41}^-|}{Q_{23}^+} = 0.651$$

$$3) \quad \hat{L}_n = mL_n = m\eta Q_{23}^+ \\ \hat{L}_n = 0.211 \text{ [kJ]}$$

Esercizio 2

Per ciò che riguarda le proprietà termofisiche, si ha che:

- per la determinazione della portata in massa, è necessario conoscere la massa volumica ρ_i alle condizioni di entrata. Dalla tabella allegata interpolando linearmente:

$$\rho_i = 1.193 + (1.151 - 1.193) \cdot \frac{29 - 20}{30 - 20} = 1.155 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

- La temperatura media vale

$$\bar{t}_m = \frac{t_{m,i} + t_{m,o}}{2} = 25 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Dalla tabella, interpolando (semplice media aritmetica)

$$c_p = 1.007 \text{ kJ/(kg K)}; \quad k = 0.0262 \text{ W/(m K)}; \quad \mu = 1.835 \times 10^{-5} \text{ kg/(m s)}; \quad Pr = 0.708$$

$$1) \quad \dot{m} = \rho_i \dot{V}_i = 0.02888 \text{ [kg/s]}$$

$$Re_D = \frac{U_m D_i}{\nu} = \frac{\dot{V} D_i}{A_c \nu} = \frac{4 \dot{V} D_i}{\pi D_i^2 \nu} = \frac{4 \dot{m}}{\rho \pi D_i \nu} = \frac{4 \dot{m}}{\pi D_i \mu} = 1.336 \times 10^4 > 10^4$$

$$Nu_D = \frac{h_i D_i}{k} = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^{0.3} = 41.43$$

$$h_i = \frac{Nu_D k}{D_i} = 7.24 \text{ [W/(m}^2 \text{ K)]}$$

$$2) \quad U_i = \frac{1}{R_{tot} A_i} = \frac{1}{\pi D_i L \left(\frac{1}{\pi D_i L h_i} + \frac{\ln(D_e/D_i)}{2\pi L k} + \frac{1}{\pi D_e L h_e} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{D_i}{2k} \ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right) + \frac{D_i}{D_e} \frac{1}{h_e}}$$

$$U_i = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{D_i}{2k} \ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right) + \frac{D_i}{D_e} \frac{1}{h_e}} = 4.97 \text{ [W/(m}^2 \text{ K)]}$$

3) Dalla

$$\frac{t_\infty - t_{m,o}}{t_\infty - t_{m,i}} = \exp\left(-\frac{U_i A_i}{\dot{m} c_p}\right)$$

si ha

$$L = -\frac{\dot{m} c_p}{U_i \pi D_i} \ln\left[\frac{t_\infty - t_{m,o}}{t_\infty - t_{m,i}}\right] = 13.7 \text{ [m]}$$