Esercizio 1

Un compressore centrifugo aspira una portata volumetrica d'aria $\dot{V}_1 = 50 \frac{m^3}{h}$ allo stato termodinamico 1 e la comprime fino allo stato termodinamico 2.

Le condizioni di aspirazione 1 sono : p_1= 1 bar t_1=20 °C w_1= 30 m/s

Le condizioni di mandata 2 sono : p_2= 4 bar w_1= 90 m/s

Supponendo la trasformazione isoentropica e il gas ideale, calcolare:

1. La potenza assorbita dal compressore
2. La temperatura di fine compressione

Nota : considerare R=287,0 J/(kg K) e k=1,4

Esercizio 2.

Si consideri un calorifero schematizzato come una piastra sottile di altezza H=0,67 m e larghezza L=1.1 m. Il termosifone ha una temperatura superficiale T_s=60 °C. È posto all'interno di una stanza, che possiamo considerare di superficie molto più grande di quella del calorifero, in cui la temperatura dell'aria e quella delle pareti hanno una temperatura pari a $T_\infty = T_p = 20^o C$.

Sapendo che l'emissività della piastra è uguale a $\varepsilon_s = 0{,}7$ calcolare:

1. La potenza scambiata per convezione con l'ambiente.
2. La potenza scambiata per irraggiamento con l'ambiente.

Note :

- *Considerare le correlazioni:*

$$Nu_H = 0{,}555 Ra^{0,25} \qquad 10 < Ra > 10^9$$

$$Nu_H = 0{,}13 Ra^{0,33} \qquad 10^9 < Ra$$

Le proprietà termofisiche vanno valutate alla temperatura di film

- *Per il calcolo della potenza termica convettiva considerare 2 volte la superficie della piastra, mentre per quella radiattiva considerare solo la superficie della piastra*
- *Per le proprietà termofisiche utilizzare la seguente tabella:*

t [°C]	ρ [kg/m³]	c_p [kJ/(kg K)]	k [W/(m K)]	α [m²/s]	μ [kg/(m s)]	ν [m²/s]	Pr	$g\beta/\nu^2$ [1/(m³ K)]
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	$6{,}16\ 10^{7}$

- *La costante di Stefan Boltzmann vale σ=5,67 10^{-8} W/(m² K⁴)*

Teoria

1. Disegnare qualitativamente sui piani termodinamici T-s e p-h un ciclo inverso a vapore e ricavare il coefficiente di effetto utile per un ciclo frigorifero e per una pompa di calore.
2. Esprimere la definizione di umidità specifica e ricavarne l'espressione in funzione dell'umidità relativa.
3. Ricavare la formula della temperatura in funzione del tempo per il raffreddamento di un corpo omogeneo immerso in un fluido a T_∞ costante, supponendo applicabile l'ipotesi di parametri concentrati.

Soluzione

Esercizio 1

1° modo

$$v_1 = \frac{287{,}0 * 293{,}15}{1\,10^5} = 0{,}841\,\frac{m^3}{kg}$$
$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v} = 59{,}45\,\frac{kg}{h} = 1{,}65\,10^{-2}\,\frac{kg}{s}$$

Applico l'equazione dell'energia meccanica

$$\Delta e_c + \Delta e_p + R_{1-2} + \int_1^2 v dp = -l_{1-2}$$

Ma

$$\Delta e_p = R_{1\text{-}2} = 0$$

Per cui:

$$l_{1-2} = -\int_1^2 v dp - \frac{w_2^2 - w_1^2}{2}$$
$$l_{1-2} = \frac{k}{k-1} R T_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] - \frac{w_2^2 - w_1^2}{2}$$
$$l_{1-2} = \frac{1{,}4}{0{,}4} * 287{,}0 * 293{,}15 \left(1 - 4^{\frac{0{,}4}{1{,}4}} \right) - \frac{90^2 - 30^2}{2} = -146710\,\frac{kJ}{kg}$$
$$P = \dot{m}\, l_{1-2} = -2420\,W$$

Per rispondere alla seconda domanda basta ricordare che la trasformazione è isoentropica.

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 435{,}6\,K = 162{,}5\,{}^oC$$

2° modo

Applico il primo principio

$$\dot{m}\left[(h_2 - h_1) + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} \right] = -P$$
$$\dot{m}\left[c_p (t_2 - t_1) + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} \right] = -P$$

$$c_p = \frac{k}{k-1}R = \frac{1,4}{0,4}287,0 = 1005 \ \frac{J}{kgK}$$

t_2 la ricavo con la formula già vista, per cui:

$$P = -1,65\,10^{-2} * \left[1005(162,5-20) + \frac{90^2-30^2}{2}\right] = -2422\ W$$

Esercizio 2

Scambio convettivo

$$T_f = \frac{T_s - T_p}{2} = \frac{60+20}{2} = 40\ {}^oC$$

Dalle tabelle ricavo:

$$\frac{g\beta}{\nu^2} = 1,08\,10^8\ \frac{1}{m^3K} \quad k = 0,0273\,\frac{W}{mK} \quad Pr = 0,705$$

Il numero di Grashof vale:

$$Gr = \frac{g\beta\Delta T H^3}{\nu^2} = 1,30\,10^9$$

$$Ra = Gr * Pr = 9,16\,10^8$$

$$Nu = 0,555 Ra^{\frac{1}{4}} = 96,6$$

$$h = \frac{k}{H}Nu = \frac{0,0273}{0,67}96,6 = 3,93\ \frac{W}{m^2K}$$

$$q_{conv} = h * 2 * H * L * (T_s - T_\infty) = 232\ W$$

Scambio radiattivo

$T_s = 60 + 273,15 = 333,15\ K$
$T_p = 20 + 273,15 = 293,15\ K$

$$q_{rad} = H\,L\,\varepsilon\,\sigma\left(T_s^4 - T_p^4\right) = 144\ W$$