

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

.....  
NOME e COGNOME

.....  
CORSO di LAUREA

.....  
Voto

### Esercizio 1

In un contenitore utilizzato per la cottura in mense e grandi cucine, si deve riscaldare una massa d'acqua  $m_{ac} = 120$  kg dalla temperatura iniziale  $t_i = 15$  °C alla temperatura finale  $t_f = 100$  °C.

Ciò è ottenuto mediante vapore d'acqua saturo, che condensa a pressione costante nel doppio fondo del contenitore. Il vapore entra alla pressione  $p_e = 0.2$  MPa con titolo  $x_e = 0.9$ , ed esce come liquido saturo alla stessa pressione  $p_u \equiv p_e$ .

Calcolare:

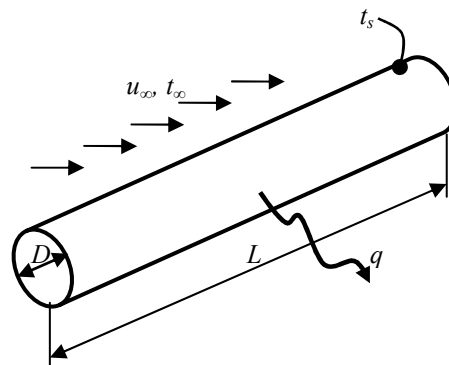
1. Utilizzando il diagramma (h, s) fornito e le formule per il calcolo delle proprietà termodinamiche dei liquidi, determinare  $t_e \equiv t_u$ ,  $h_e$ ,  $s_e$ ,  $h_u$ ,  $s_u$ ,  $(h_f - h_i)$ ,  $(s_f - s_i)$ ;
2. Il consumo di vapore  $m_v$  [kg];
3. La produzione di entropia  $(\Delta S_{irr})_{if}$  [kJ/K].

### Esercizio 2

In una galleria del vento, per basse velocità, sono stati condotti degli esperimenti di scambio termico convettivo su un cilindro, disposto trasversalmente alla corrente d'aria e riscaldato elettricamente.

Il cilindro ha un diametro  $D = 12.7$  mm, una lunghezza  $L = 94$  mm, ed alle condizioni operative con una velocità dell'aria  $u_\infty = 10$  m/s e temperatura dell'aria  $t_\infty = 26.2$  °C, dissipa una potenza  $q_d = 46$  W quando la sua temperatura superficiale è stata misurata pari a  $t_s = 128.4$  °C. Si stima, sulla base di analoghi esperimenti eseguiti nella stessa galleria, che circa il 15% della potenza dissipata va persa in scambi termici di altro tipo, quali irraggiamento ed *effetti gambo* verso le pareti della galleria.

Determinare il coefficiente di scambio termico convettivo sulla base dei rilievi sperimentali, e confrontare il risultato così ottenuto con quello fornito dalla correlazione di Churchill e Bernstein.



Note:

1. Si assumano - ad un'opportuna temperatura da specificare - le seguenti proprietà termofisiche per l'aria:  
 $\nu = 20 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s;  $Pr = 0.72$ ;  $k = 0.0273$  W/(m K)
2. Correlazione di Churchill e Bernstein, valida per  $(Re_D \cdot Pr) > 0.2$ :

$$\overline{Nu}_D = 0.3 + \frac{0.62 Re_D^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + (0.4/Pr)^{2/3}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re_D}{282,000}\right)^{5/8}\right]^{4/5}$$

## Soluzioni

### Esercizio 1

1.  $t_e = t_u = 120.2 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $h_e = 2486 \text{ kJ/kg};$   $s_e = 6.57 \text{ kJ/(kg K)}$   
 $h_u = 505 \text{ kJ/kg};$   $s_u = 1.53 \text{ kJ/(kg K)}$   
 $(h_f - h_i) = 356 \text{ kJ/kg};$   $(s_f - s_i) = 1.08 \text{ kJ/(kg K)}$
2.  $m_v = 21.56 \text{ kg}$
3.  $(\Delta S_{irr})_{if} = 21.25 \text{ kJ/K}$

### Esercizio 2

Sulla base dei rilievi sperimentali:

$$\bar{h} = 102 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

Dalla correlazione:

$$\overline{Nu}_D \cong 42.1$$

$$\bar{h} = 96.5 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

La differenza, inferiore al 6%, è più che accettabile, visti gli inevitabili errori sperimentali (es. misura di velocità, ipotesi di superficie isoterma, valutazione approssimata delle perdite di estremità ed irraggiamento etc.), ed il fatto che le correlazioni sperimentali per la valutazione dei coefficienti di scambio termico convettivo possano ritenersi approssimate al  $\pm 20\%$ .