

Cognome	Nome	Matricola
---------------	------------	-----------------

Ing. Navale, Ing. Civile e Ambientale

Prova scritta di Fisica Tecnica – Trasmissione del calore – 26.6.2026

Esercizio

Una portata $\dot{m}$ di un liquido alimentare considerabile incompressibile ($c = 4.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, $\rho = 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $Pr = 6$, viscosità cinematica $\nu = 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$, conduttività termica $\lambda = 0.5 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$) viene riscaldata in una tubazione circolare di diametro $D = 1 \text{ cm}$ e la cui superficie interna si può assumere a temperatura costante pari a $T_s = 100 \text{ }^\circ\text{C}$. Il liquido entra ad una temperatura media di mescolamento (o di bulk) di $T_{b,i} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ e, per motivi igienico-sanitari, deve raggiungere all'uscita una temperatura minima di $T_{b,u} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$. Supponendo il flusso in completo sviluppo sia termico che dinamico per tutta la lunghezza della tubazione, e trascurando come al solito il salto di pressione subito dal fluido tra ingresso e uscita, calcolare:

1. la differenza di temperatura media logaritmica ΔT_{ml} del liquido tra ingresso ed uscita
2. la potenza termica complessiva divisa per la lunghezza della tubazione, $\dot{Q}/L \text{ [W/m]}$, scambiata attraverso la superficie della tubazione (attenzione: non è la potenza termica effettivamente scambiata per ogni metro di tubazione in quanto il flusso termico non è costante)
3. la minima lunghezza della tubazione L che garantisca il raggiungimento della data temperatura media di mescolamento $T_{b,u}$ all'uscita

Per il calcolo del coefficiente di scambio termico, utilizzare la seguente correlazione (Dittus-Boelter) per flusso turbolento e completamente sviluppato in tubazione circolare liscia:

$$Nu_D = 0.023 \cdot Re_D^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

giustificandone l'applicabilità nel caso in oggetto.

Tema	$\dot{m} \text{ [kg/s]}$
A	0.04
B	0.06

Importante: riportare chiaramente tutti i passaggi svolti, sia simbolici che numerici e con le relative unità di misura (non basta riportare il semplice risultato numerico finale ad ogni passaggio)

Teoria

Analogia elettrotermica per scambio termico radiativo in cavità formata da superfici grigie e diffuse: illustrare i concetti di resistenza radiativa superficiale e di resistenza radiativa spaziale o geometrica con formule e usuali reti/diagrammi/schemi elettrotermici.

A		
mp	0.04	kg/s
c	4200	J/kgK
rho	1100	kg/m ³
Pr	6	-
v	1E-06	m ² /s
lambda	0.5	W/mK
D	0.01	m
Ts	100	°C
Tbi	20	°C
Tbu	90	°C

B		
mp	0.06	kg/s
c	4200	J/kgK
rho	1100	kg/m ³
Pr	6	-
v	1E-06	m ² /s
lambda	0.5	W/mK
D	0.01	m
Ts	100	°C
Tbi	20	°C
Tbu	90	°C

Punto		
1	DTml	33.7 °C
2	Vp	3.64E-05 m ³ /s
	A	7.85E-05 m ²
	u	0.46 m/s
	ReD	4630 -
	NuD	40.3 -
	h	2016 W/m ² K
	Q/L	2132 W/m
3	Q	11760 W
	L	5.5 m

Punto		
1	DTml	33.7 °C
2	Vp	5.45E-05 m ³ /s
	A	7.85E-05 m ²
	u	0.69 m/s
	ReD	6945 -
	NuD	55.8 -
	h	2788 W/m ² K
	Q/L	2948 W/m
	Q	17640 W
	L	6.0 m