

Handwritten notes and signature at the top right of the page.

### PROVA DI CHIMICA

E' necessario riscaldare una portata di acetone (100%) di 2000 kg/h da 20 °C a 50 °C, utilizzando toluene disponibile a 80 °C con un salto termico di 20 °C.  
Si intende utilizzare nel processo indicato uno scambiatore di calore a tubi concentrici.  
Le perdite di carico per entrambi i fluidi non devono superare i 20 kPa.  
Le tubazioni da utilizzare possono essere individuate nella tabella seguente, effettuando le scelte più opportune per il corretto dimensionamento dell'apparecchiatura:

Diametro nominale	Diametro convenzionale in pollici	Diametro interno (mm)	Diametro esterno (mm)	Spessore (mm)
15	1/2 "	17,3	21,3	2,0
20	3/4 "	22,9	26,9	2,0
25	1 "	29,1	33,7	2,3
32	1 1/4 "	37,2	42,4	2,6
40	1 1/2 "	43,1	48,3	2,6
50	2 "	54,5	60,3	2,9
65	2 1/2 "	70,3	76,1	2,9
80	3 "	82,5	88,9	3,2
90	3 1/2 "	94,4	101,6	3,6
100	4 "	107,1	114,3	3,6

Inoltre:

- ai fini del calcolo della lunghezza equivalente si tenga conto di incrementi pari a 35  $d_i$  per ogni curva a 90° e pari a 90  $d_i$  per ogni deviazione ad angolo retto, oltre a quelli dovuti alle esigenze costruttive,
- siano assunti ai fini progettuali i valori dei coefficienti di sporcamento pari a 0,0002 kcal/h  $m^2$  °C per entrambi i fluidi,
- si consideri trascurabile la resistenza al trasferimento di calore dovuta al materiale del tubo.

I dati non forniti vengano invece individuati e specificati a cura del candidato, giustificando la scelta operata in relazione ai dati di progetto forniti.

Si calcolino o si definiscano:

- la quantità di calore scambiata e la portata di toluene;
- le caratteristiche costruttive delle tubazioni;
- il coefficiente globale di scambio termico;
- la differenza media logaritmica di temperatura;
- la superficie di scambio termico;
- la temperatura di parete.

Si verifichino inoltre i dati dimensionali dello scambiatore in relazione alle perdite di carico ammissibili e si analizzi il funzionamento dello scambiatore medesimo al variare dello sporcamento in funzione del tempo.

Handwritten signatures and notes at the bottom of the page.

## PROVA DI CHIMICA

Una portata di alcool etilico (100%) di 7500 kg/h deve essere raffreddata in uno scambiatore di calore a tubi concentrici da 70 °C a 40 °C. Il fluido refrigerante è acqua industriale, a 20 °C, che nel processo non deve superare la temperatura di 40 °C.  
 Le perdite di carico ammissibili massime per entrambi i fluidi sono di circa 50 kPa.  
 Le tubazioni da utilizzare possono essere individuate nella tabella seguente, effettuando le scelte più opportune per il corretto dimensionamento dell'apparecchiatura:

Diametro nominale	Diametro convenzionale in pollici	Diametro interno (mm)	Diametro esterno (mm)	Spessore (mm)
15	1/2 "	17,3	21,3	2,0
20	3/4 "	22,9	26,9	2,0
25	1 "	29,1	33,7	2,3
32	1 1/4 "	37,2	42,4	2,6
40	1 1/2 "	43,1	48,3	2,6
50	2 "	54,5	60,3	2,9
65	2 1/2 "	70,3	76,1	2,9
80	3 "	82,5	88,9	3,2
90	3 1/2 "	94,4	101,6	3,6
100	4 "	107,1	114,3	3,6

Inoltre:

1. ai fini del calcolo della lunghezza equivalente si tenga conto di incrementi pari a  $35 d_i$  per ogni curva a 90° e pari a  $90 d_i$  per ogni deviazione ad angolo retto, oltre a quelli dovuti alle esigenze costruttive,
2. siano assunti ai fini progettuali i valori dei coefficienti di sporcamento pari a  $0,0006 \text{ kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  per l'acqua e  $0,0002 \text{ kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  per l'alcool etilico,
3. si consideri trascurabile la resistenza al trasferimento di calore dovuta al materiale del tubo.

I dati non forniti vengano invece individuati e specificati a cura del candidato, giustificando la scelta operata in relazione ai dati di progetto forniti.

Si calcolino o si definiscano:

1. la quantità di calore scambiata e la portata di acqua;
2. le caratteristiche costruttive delle tubazioni;
3. il coefficiente globale di scambio termico;
4. la differenza media logaritmica di temperatura;
5. la superficie di scambio termico;
6. la temperatura di parete.

Si verifichino inoltre i dati dimensionali dello scambiatore in relazione alle perdite di carico ammissibili e si analizzi il funzionamento dello scambiatore medesimo al variare dello sporcamento in funzione del tempo.



## PROVA DI CHIMICA

Una portata di 1200 kg/h di glicerina (100%) deve essere raffreddata in uno scambiatore di calore a tubi concentrici da 70 °C a 40 °C. Il fluido di servizio è acqua industriale, disponibile a 20 °C, che nel processo può subire un salto termico di pari valore (20 °C).

Si intende effettuare una verifica sull'opportunità di utilizzare uno scambiatore a tubi concentrici, con valori delle perdite di carico ammissibili per il fluido ad alta viscosità non superiori a circa 500 kPa e per l'acqua a 50 kPa.

Le tubazioni da utilizzare possono essere individuate nella tabella seguente, effettuando le scelte più opportune per il corretto dimensionamento dell'apparecchiatura:

Diametro nominale	Diametro convenzionale in pollici	Diametro interno (mm)	Diametro esterno (mm)	Spessore (mm)
15	1/2 "	17,3	21,3	2,0
20	3/4 "	22,9	26,9	2,0
25	1 "	29,1	33,7	2,3
32	1 1/4 "	37,2	42,4	2,6
40	1 1/2 "	43,1	48,3	2,6
50	2 "	54,5	60,3	2,9
65	2 1/2 "	70,3	76,1	2,9
80	3 "	82,5	88,9	3,2

Nelle condizioni di progetto specificate, il candidato ha facoltà di utilizzare le formule e i valori specificati di seguito, in cui T è la temperatura espressa in gradi Kelvin.

Glicerina		
Densità	kg/m <sup>3</sup>	1444,695 - 0,613 T
Calore specifico	kcal / kg °C	0,1057 + 1,827 10 <sup>-3</sup> T - 8,504 10 <sup>-7</sup> T <sup>2</sup>
Conducibilità termica	kcal/h m °C	0,24486
Viscosità	cp	4,464 10 <sup>45</sup> T <sup>-17,31</sup>

Acqua		
Densità	kg/m <sup>3</sup>	18,016 * (5,459 / 0,30542 <sup>(1+(1-T/647,13)<sup>0,081</sup>)</sup> )
Calore specifico	kcal / kg °C	1
Conducibilità termica	kcal/h m °C	0,094129 + 1,34 10 <sup>-3</sup> T
Viscosità	cp	9,941 10 <sup>13</sup> T <sup>-5,673</sup>

Inoltre:

- ai fini del calcolo della lunghezza equivalente si tenga conto di incrementi pari a 35 d<sub>i</sub> per ogni curva a 90° e pari a 90 d<sub>i</sub> per ogni deviazione ad angolo retto, oltre a quelli dovuti alle esigenze costruttive,
- siano assunti ai fini progettuali i valori dei coefficienti di sporcamento pari a 0,0006 kcal/h m<sup>2</sup> °C per l'acqua e 0,0001 kcal/h m<sup>2</sup> °C per la glicerina,
- si consideri trascurabile la resistenza al trasferimento di calore dovuta al materiale del tubo.

Eventuali dati non forniti vengano invece individuati e specificati a cura del candidato, giustificando la scelta operata in relazione ai dati di progetto forniti.

Si calcolino o si definiscano:

- la quantità di calore scambiata e la portata di acqua;
- le caratteristiche costruttive delle tubazioni;
- la temperatura di parete;
- i coefficienti globali di scambio termico;
- il valore (UΔT)<sub>LM</sub>;
- la superficie di scambio termico;

Si verifichino inoltre i dati dimensionali dello scambiatore in relazione alle perdite di carico ammissibili e si analizzi il funzionamento dello scambiatore medesimo al variare dello sporcamento in funzione del tempo.