

Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 31.03.2008

Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome

Matricola.....

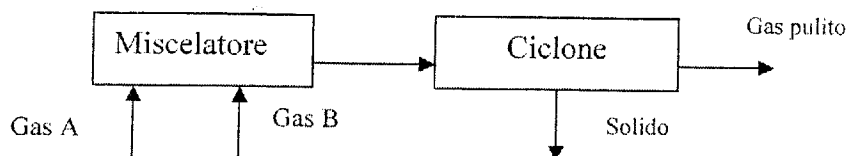
1. Due correnti di gas di scarico di un processo di produzione di fibre di vetro vengono miscelate per essere convogliate ad un unico sistema di trattamento, rappresentato da un ciclone, per l'abbattimento del particolato. Il ciclone è in grado di assicurare una rimozione del 94% (w/w) del particolato. Le caratteristiche delle due correnti sono riportate nel seguito:

A) $Q_A = 120 \text{ Nm}^3/\text{min}$; $C_A = 3 \text{ kg/Nm}^3$; $T = 90^\circ\text{C}$; $P = 1 \text{ atm}$

B) $Q_B = 80 \text{ Nm}^3/\text{min}$; $C_B = 8 \text{ kg/Nm}^3$; $T = 105^\circ\text{C}$; $P = 1 \text{ atm}$

Determinare:

- Portata e composizione della corrente in ingresso al ciclone;
- Concentrazione della corrente gassosa in uscita dal ciclone e portata massica di solido rimossa



2. In un post-combustore termico si deve bruciare un gas di scarico alla temperatura di 130°C composto da 30% CO e 70% Aria, avendo a disposizione ossigeno puro. Se il gas è alimentato al post-combustore con una portata di 100 kmol/h , si richiede:
- la portata di alimentazione dell' O_2 (in kmol/h) che garantisce un eccesso del 30%;
 - Ipotizzando un grado di conversione del 95%, determinare portata e composizione di tutte le correnti dell'impianto
 - la temperatura dei fumi di combustione nelle ipotesi di sistema adiabatica.

Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 19.02.2008
Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome e Cognome

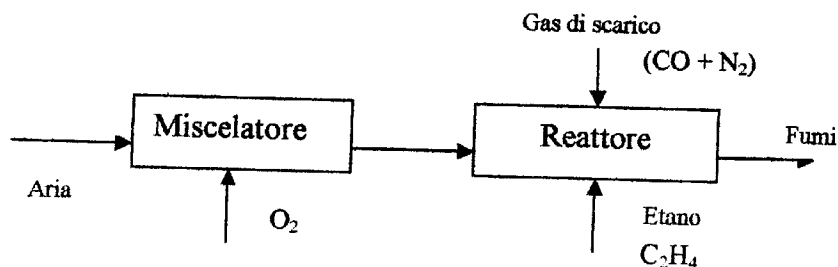
Matricola

1. In un impianto di depurazione a servizio di un'industria petrolchimica, due correnti acquose con diverse concentrazioni di acido solforico vengono mescolate prima di essere sottoposte ad un trattamento per la neutralizzazione, all'interno di una apparecchiatura dotata di una serpentina di raffreddamento. Le due correnti hanno le seguenti caratteristiche:

Corrente	Temperatura (°C)	Frazione molare H_2SO_4	Portata (Kg/h)
A	25	0,20	300
B	160	0,95	Vostra matricola

Si calcoli:

- La portata, la concentrazione di acido ed il valore del pH della corrente in uscita, ipotizzando una completa dissociazione dell'acido.
 - La temperatura che si raggiungerebbe all'uscita in assenza di raffreddamento.
 - La portata di calore da sottrarre per far sì che la temperatura di uscita sia invece 25°C.
2. Per il trattamento termico di una portata di gas di scarico pari a $10 \text{ Nm}^3/\text{min}$ così composto 20% CO e 80% N_2 viene utilizzato un processo di post-combustione termica. Per sostenere la fiamma di tale processo è necessario bruciare dell'Etano (C_2H_4). A questo scopo, una portata di $5 \text{ Nm}^3/\text{min}$ di etano viene bruciata con una portata di Aria di $8 \text{ Nm}^3/\text{min}$ la cui composizione volumetrica è 40% O_2 e 60% N_2 . Tale aria viene preventivamente arricchita di ossigeno in un apposito Miscelatore, secondo lo schema riportato in figura. Per garantire la combustione totale dell'etano occorre che l' O_2 in ingresso al Reattore sia in eccesso del 30%. Si calcolino:
- portata e composizione di tutte le correnti dell'intero impianto;
 - la temperatura dei fumi di combustione, nell'ipotesi che le correnti in ingresso al Reattore si trovino alla temperatura di 20°C.



Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 23.01.2008
Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome e Cognome.....

Matricola

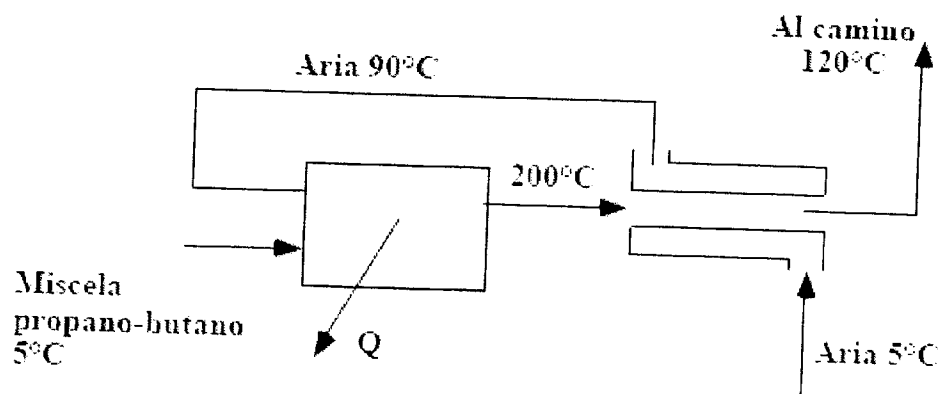
1. L'acqua di una sorgente ha una temperatura di 20°C ed un contenuto di CO₂ disciolta pari a 0.015 moli/litro. Per ottenere acqua effervescente è necessario trattare tale acqua, elevandone la concentrazione di CO₂ e precisamente raggiungendo l'equilibrio (sempre a 20°C) con una pressione parziale di CO₂ di 1.2 atm. Calcolare in primo luogo tale concentrazione di equilibrio, sapendo che la costante di Henry a 20°C è pari a 1420 atm. Calcolare quindi la quantità di CO₂ (gas puro) necessaria per trattare 10 tonnellate di acqua di quella sorgente in un reattore batch.
2. Una miscela di 0.5 m³/s composta da aria e ammoniaca NH₃ al 10% in peso è inviata in controcorrente ad una torre di assorbimento operante con acqua avente già una concentrazione di NH₃ pari a 1 mg/l, in modo da ottenere una corrente con una frazione molare di ammoniaca dello 0.1%. Si consideri valida la legge di Henry con $m=y/x=1.35$ e si trascurino eventuali variazioni di temperatura legate alla solubilizzazione di ammoniaca in acqua. Calcolare l'altezza e il diametro della colonna impaccata con anelli Pall da 1/2", lavorando con una portata di liquido pari ad 1.7 volte il suo valore minimo.

Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 18.12.2007
Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome

Matricola.....

1. Il liquido adsorbente impiegato nell'esercizio di una colonna di assorbimento per la rimozione di gas inquinato da SO_2 è costituito da una soluzione acquosa basica di Acqua + NaOH, il cui pH dev'essere pari a 13. Determinare la quantità (espressa in grammi) da aggiungere ad un volume di acqua di 100 litri, avente un pH pari a 10, per portare il suo valore di pH al valore 13. Valutare se, a seguito dell'aggiunta di NaOH, la temperatura della miscela varia, essendo questa inizialmente pari a 30°C (ΔH di solubilizzazione del NaOH = $+10,18 \text{ kcal/mol}$).
2. Nell'impianto di riscaldamento a gas propano-butano, l'aria di combustione viene preriscaldata da 5°C fino a 90°C mediante scambio termico con i gas combusti. Tali gas fuoriescono dalla caldaia a 200°C , mentre vanno al camino a 120°C . La miscela propano-butano (al 40% in volume di propano) si trova invece a 5°C . Nell'ipotesi di combustione completa, calcolare:
 - l'eccesso d'aria utilizzato nell'impianto;
 - la quantità di calore sviluppata in caldaia per Kg di miscela combustibile;
 - la quantità di calore in gioco nel preriscaldamento, sempre per Kg di miscela.Se lo scambiatore che preriscalda l'aria si guasta, venendo perciò escluso dall'impianto, calcolare la temperatura dei gas all'uscita dalla caldaia, supponendo che il calore sviluppato alla caldaia rimanga invariato.



Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 02.10.2007

Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome

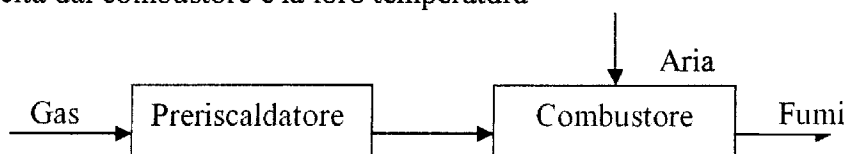
Matricola

1. In un processo di post-combustione devono essere bruciati 100 moli/h di un gas che si trova alla temperatura di 20°C, così composto:

$N_2 = 50\%$; $SO_2 = 10\%$; $CO = 23\%$; $H_2O = 17\%$.

Per questo scopo viene utilizzata aria in eccesso del 30% sul valore stechiometrico. Per evitare che parte del gas condensi è necessario riscaldarlo prima dell'ingresso al combustore fino ad una temperatura superiore di 50°C a quella di inizio condensazione del gas stesso.

Calcolare la quantità di calore necessaria per preriscaldare il gas, la composizione dei fumi in uscita dal combustore e la loro temperatura



2. Per la sua reimmissione all'interno del ciclo produttivo, una corrente di 2500 kg/h a 50°C di una soluzione acquosa al 5% in peso di una sostanza non termodegradabile deve essere concentrata al 40% in una batteria di evaporatori a duplice effetto in equicorrente. Si dispone per l'operazione di vapore saturo alla pressione assoluta di 2.5 bar. Il vapore in uscita dal secondo effetto è condensato in un condensatore barometrico operante ad un vuoto di 0.5 bar. L'innalzamento ebullioscopico della soluzione è trascurabile e le proprietà della soluzione sono assimilabili a quelle dell'acqua. I coefficienti globali di scambio termico per il primo ed il secondo effetto sono rispettivamente 2000 e 1500 kcal/m²h°C.
- a) Calcolare l'area della superficie di scambio degli evaporatori;
- b) la portata di acqua di raffreddamento W_{H_2O} considerando che tale corrente entra nel condensatore barometrico a 30°C

Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 11.09.2007

Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome

Matricola.....

1. Il refluo liquido in uscita da un impianto di produzione di vernici contiene Cloruro di vinile (C_2H_3Cl) e Tetracloroetilene (C_2Cl_4) in concentrazioni superiori ai limiti di legge. La concentrazione totale, come somma delle concentrazioni dei due inquinanti, risulta pari a 50 mg/l. Si decide di effettuare un trattamento depurativo utilizzando un processo di adsorbimento a carboni attivi. In uscita dal processo si registra una egual concentrazione dei due inquinanti nella corrente liquida e un abbattimento delle concentrazioni rispettivamente pari al 93% e 97,5%. Determinare le concentrazioni di ingresso e di uscita al trattamento dei due inquinanti.
2. Una corrente gassosa di 75 kmoli/h alla temperatura di 120°C e alla pressione di 1,2 atm, in uscita da un impianto di lavorazione della plastica, è composta dall' 80% da azoto e dal rimanente da acetone. Si desidera recuperare il 50% dell'acetone presente, separandolo attraverso un processo di condensazione. A tal fine si dispone di un condensatore che lavora in condizioni adiabatiche e che utilizza, come fluido di raffreddamento, acqua alla temperatura di 10°C. Ipotizzando di condurre il processo in equicorrente e supponendo di mantenere una differenza di temperatura di 5°C tra i due fluidi in uscita, calcolare la quantità di calore da sottrarre e la quantità di acqua necessaria per la realizzazione del processo.

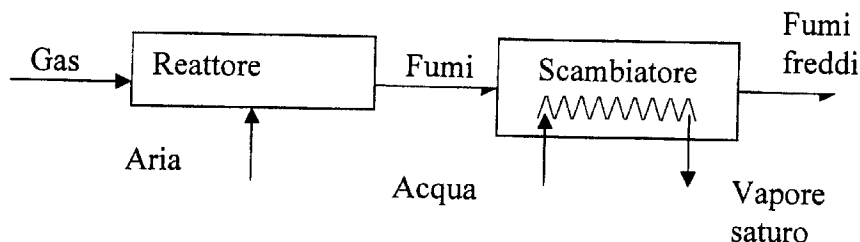
Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 20.07.2007
Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome

Matricola.....

1. 100 moli di una miscela liquida contenente il 30% in moli di benzene e il 70% in moli di p-xilene si trova alla temperatura di 35°C e alla pressione di 1 atm. Per ragioni di processo la percentuale di benzene all'interno della miscela dev'essere innalzata fino al 50% mediante aggiunta di benzene liquido disponibile alla temperatura di 15°C. Successivamente, tale miscela dev'essere vaporizzata fino alla sua temperatura di rugiada. Calcolare la quantità di benzene da aggiungere e di calore da fornire per realizzare il processo.
2. In un reattore adiabatico si vuole effettuare un trattamento di post-combustione su una corrente gassosa di 100 mol/h alla temperatura di 120°C e 1 atm e così composta: CO: 25%; CO₂: 45%; N₂: 30%. La combustione avviene con un eccesso d'aria del 40%, immessa alla temperatura di 25°C. Ipotizzando un grado di conversione del 95%, calcolare la temperatura dei fumi in uscita.

Ai fini di un utile recupero termico, la temperatura dei fumi in uscita dal reattore viene ridotta facendoli passare all'interno di uno scambiatore adiabatico, utilizzando il calore recuperato per la produzione di vapor d'acqua saturo a partire da acqua, disponibile alla temperatura di 20°C. Se la temperatura dei fumi viene ridotta del 40% rispetto al valore in uscita dal reattore, determinare la portata di vapore che è possibile ottenere.



Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 19.06.2007

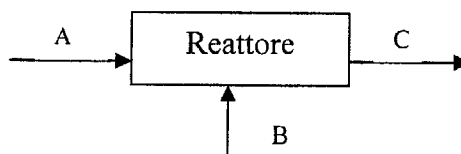
Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome

Matricola.....

- 1) Per la conduzione di un processo di post-combustione è necessario arricchire di ossigeno la corrente d'aria (A) in ingresso al reattore, utilizzando una corrente gassosa (B) di composizione nota. Volendo realizzare una miscela (C) con una percentuale di O_2 pari al 50%, valutare la portata di gas da aggiungere (B) e la composizione della miscela finale (C).

Corrente	Portata	Composizione
A	15 kmoli/s	O_2 21% ; N_2 79%
B	O_2 80% ; N_2 15% ; CO_2 5%
C	O_2 50% ; N_2% ; CO_2%



- 2) Una corrente d'aria di $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$, a 25°C e pressione atmosferica contenente il 5% in moli di ammoniaca deve essere trattata in una colonna di assorbimento con acqua pura, in modo da ottenere una corrente con una frazione molare di ammoniaca dello 0.1%. Si consideri valida la legge di Henry con $m=y/x=1.35$. Calcolare l'altezza della colonna impaccata con selle Berl da 1/2", lavorando con una portata di liquido pari ad 1.5 volte il minimo e le perdite di carico totali nelle condizioni di esercizio.

Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 15.05.2007
Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome e Cognome

Matricola

1. Un impianto di termovalorizzazione di RSU è dotato di un sistema di recupero termico del calore dei fumi di combustione. Attraverso tale sistema, si vuole produrre acqua di rete alla temperatura di 55°C e con una portata pari a $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$. Supponendo di poter disporre di acqua alla temperatura di 10°C , calcolare la quantità di calore oraria che è necessario recuperare dai fumi. Ipotizzando che il reale fabbisogno di acqua di rete alla $T=55^{\circ}\text{C}$ sia pari a $0,85 \text{ m}^3/\text{h}$, determinare il volume di un serbatoio necessario per lo stoccaggio dell'acqua in eccesso, per un tempo di funzionamento del sistema di recupero pari a 12 h.
2. In un reattore adiabatico si vuole effettuare un trattamento di post-combustione su una corrente gassosa di 100 mol/h alla temperatura di 120°C e così composta: CO : 25%; CO_2 : 45%; N_2 : 30%. La combustione avviene con un eccesso d'aria del 40% rispetto al valore stechiometrico, immessa alla temperatura di 25°C . Ipotizzando un grado di conversione del 95%, calcolare la temperatura dei fumi in uscita.
Per l'immissione in atmosfera e ai fini di un utile recupero termico, la temperatura dei fumi in uscita viene ridotta al valore di 450°C in uno scambiatore adiabatico, utilizzando il calore recuperato per preriscaldare i reagenti. Calcolare la temperatura di preriscaldamento che è possibile ottenere.

Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 24.04.2007
Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome e Cognome

Matricola

1. Una miscela di acqua e NaCl al 20% in peso pari a 300 kg/h deve essere riscaldata da 20°C a 80°C tramite mescolamento diretto con vapore acqueo a 1 atm e 120°C. Il processo è condotto in condizioni adiabatiche e i due fluidi raggiungono la stessa temperatura. Ipotizzando che il calore specifico della soluzione sia pari a quello dell'acqua pura, si calcoli la portata di vapore da miscelare alla soluzione e la concentrazione del soluto dopo il riscaldamento.
2. Una corrente di 0.8 kg/s di aria contenente NH₃ al 5% molare deve essere purificata con acqua in una colonna a riempimento con selle Berl da ½ inch in modo da ottenere una corrente in di gas in uscita con NH₃ allo 0.1% molare. La colonna opera a T=50 °C e P=1atm. L'operazione viene condotta utilizzando una portata di acqua pura pari a 2 volte quella minima.
Calcolare il diametro e l'altezza della colonna imponendo che la velocità del gas in colonna sia pari alla metà della velocità di allagamento.
(Per i dati di equilibrio del sistema acqua-ammoniaca si ritenga valida la legge di Henry descritta da una relazione del tipo $y=mx$, con $m=2$ in tutto il campo di concentrazioni di interesse)

Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 03.04.2007
Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome e Cognome

Matricola

1. Una portata di acqua da potabilizzare pari a $150 \text{ m}^3/\text{h}$ dev'essere trattata con un processo di addolcimento per la rimozione degli ioni calcio $[\text{Ca}^{++}]$ in eccesso. L'acqua possiede inizialmente una concentrazione di $[\text{Ca}^{++}]$ pari a 400 mg/l ; tale concentrazione dev'essere ridotta dell'80% mediante l'utilizzo di resine a scambio ionico. Tale processo determina una rimozione totale degli ioni calcio in soluzione, per cui solo una parte dell'acqua deve essere trattata con le resine. Di conseguenza, la restante parte dev'essere by-passata e ricongiunta a valle delle resine con l'acqua trattata, in maniera da poter realizzare la concentrazione di $[\text{Ca}^{++}]$ desiderata per l'intera portata. Calcolare la quota di acqua da by-passare per ottenere il risultato richiesto.
2. Una corrente gassosa di 100 kg/h di metanolo e n-eptano, al 70% in peso di metanolo, deve essere portata da 120° e $P=1 \text{ atm}$ alla temperatura di rugiada, utilizzando acqua liquida disponibile alla temperatura di 15°C . Calcolare:
 1. la quantità di calore da sottrarre;
 2. la portata di acqua necessaria per effettuare l'operazione;
 3. l'ulteriore quota di calore da sottrarre per condensare il 60% della miscela

Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 21.02.2007
Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome

Matricola.....

- 1) Il refluo in uscita da un processo di estrazione della cellulosa dal legno è una soluzione di acqua e idrossido di sodio (NaOH), ha una temperatura pari a 50°C e un pH pari a 13. Per il trattamento di 0,8 m³/h di tale corrente mediante neutralizzazione si dispone di una soluzione acquosa di acido nitrico avente pH=2 e temperatura pari a 10°C. Calcolare la quantità di tale soluzione da aggiungere e la temperatura finale del refluo in uscita .

- 2) Si deve progettare una colonna a riempimento per l'assorbimento di anidride solforosa da aria mediante contatto con acqua pura. La corrente in ingresso ha una portata di aria (senza SO₂) di 500 Nm³/h e contiene il 5% m/m di anidride solforosa. La percentuale di SO₂ in uscita deve essere inferiore allo 0.25%. Si richiede di operare con una portata di acqua pari a 1.5 volte la portata minima. La colonna deve essere esercita a 1 atm e 303 K.
Dimensionare la colonna di assorbimento usando anelli Rashig da 1.5 inch.

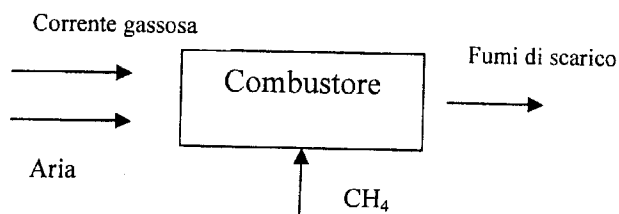
Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 10.01.2007

Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome

Matricola.....

1. Si vuole effettuare un trattamento di post-combustione su una corrente gassosa di $100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ alla temperatura di 50°C e così composta: CO : 15%; SO_2 : 55%; N_2 : 30%. La corrente gassosa dev'essere bruciata con aria in eccesso del 40% sul valore stechiometrico e si vuole mantenere una temperatura all'interno del Combustore pari a 1200°C . Determinare la portata di combustibile ausiliario (metano, CH_4) che è necessario bruciare all'interno del combustore per realizzare le suddette condizioni e le portate di tutte le correnti in entrata ed uscita al Combustore.



2. Per la traversata dell'Oceano Atlantico in barca a vela, è necessario produrre 50 litri/giorno di acqua distillata da acqua di mare ($X_F=3,5 \%$) utilizzando una batteria di 2 evaporatori aventi aree di scambio uguali e pari a 20 m^2 . Il vapore di linea utilizzato è alla temperatura di 350 K ed esce dall'impianto come liquido saturo. L'acqua alimentata viene prelevata alla temperatura di 283 K e la pressione nell'ultimo effetto è fissata pari a 600 mmHg . I coefficienti globali di scambio termico sono pari a 1300 e $1000 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$. Determinare le condizioni di esercizio.

Esame di Ingegneria Chimica Ambientale – 20.12.2006

Ingegneria per l'ambiente ed il territorio

Nome

Matricola.....

- 1) In un laboratorio di ricerca vengono effettuate prove sperimentali per la rimozione di tricloroetilene (C_2HCl_3) da acque sotterranee mediante adsorbimento con carboni attivi. Per la conduzione delle prove sperimentali, è necessario preparare 15 litri di una soluzione acquosa di tricloroetilene con concentrazione pari a 700 mg/l. Per questo scopo si hanno a disposizione i seguenti materiali, le cui quantità sono indicate in tabella:

	Materiali	Quantità (litri)	Concentrazione Tricloroetilene (mg/l)
A	Soluzione di Acqua + Tricloroetilene	4	600 mg/l
B	Soluzione di Acqua + Tricloroetilene	3	100 mg/l
C	Acqua bidistillata pura	10	-
D	Tricloroetilene liquido puro ($\rho=1,463$ kg/l)	1	-

Valutare le quantità da utilizzare per ottenere la soluzione desiderata. A tal scopo, per ragioni di opportunità ambientale ed economica, si privilegi il riutilizzo delle soluzioni A e B e si preveda l'impiego della minima quantità di tricloroetilene puro D.

- 2) Una caldaia a vapore è alimentata con metano. Una parte del calore sviluppato dalla combustione, pari a $5 \cdot 10^4$ kcal/h, viene utilizzato per produrre vapor d'acqua all'interno di un fascio tubiero situato all'interno della camera di combustione. Sapendo che l'acqua alimentata nel fascio tubiero si trova alla temperatura di 15°C e che il vapore prodotto è saturo ad 1 atm, calcolare la portata di vapore Q_v in kg/h prodotto.