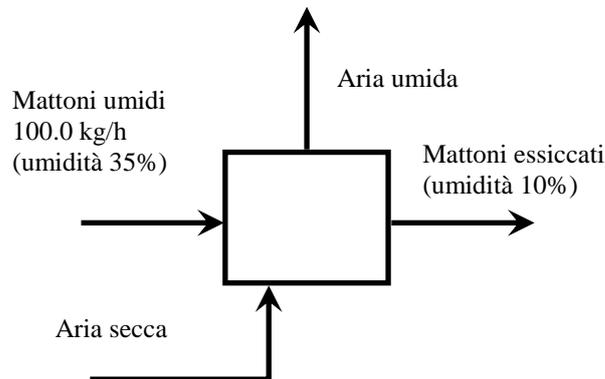
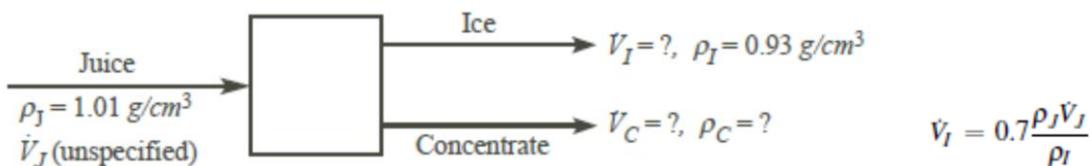


Esercitazione numerica n.1 - Bilanci di materia

- 1) Quanta acqua rimuove l'impianto in figura e che portata di solido ne esce?

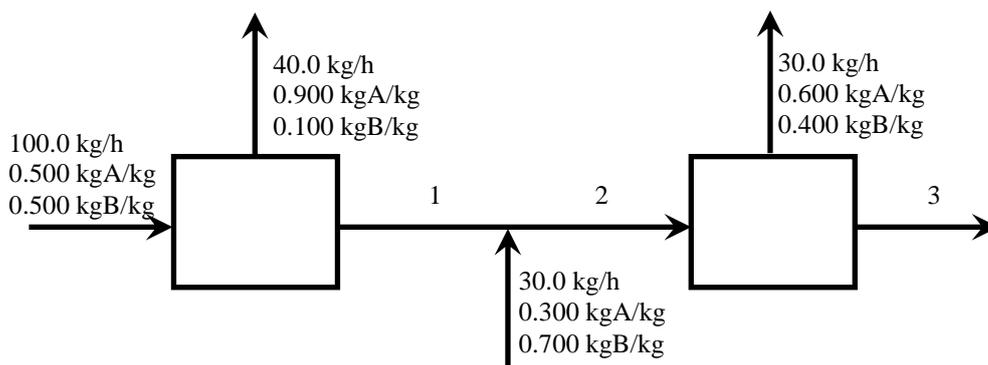


- 2) A process concentrates orange juice (J, density  $1.01 \text{ g/cm}^3$ ) by freeze-drying. Two streams are output from the process: orange juice concentrate (C) and an ice slurry (I, density  $0.93 \text{ g/cm}^3$ ). The volume of the concentrate is  $1/4$  that of the incoming juice.



Ice slurry must be removed at the specified volumetric rate. What is the density of the concentrate?

- 3) Un processo continuo allo stato stazionario è rappresentato dallo schema seguente. Calcolare le correnti incognite 1, 2, 3.



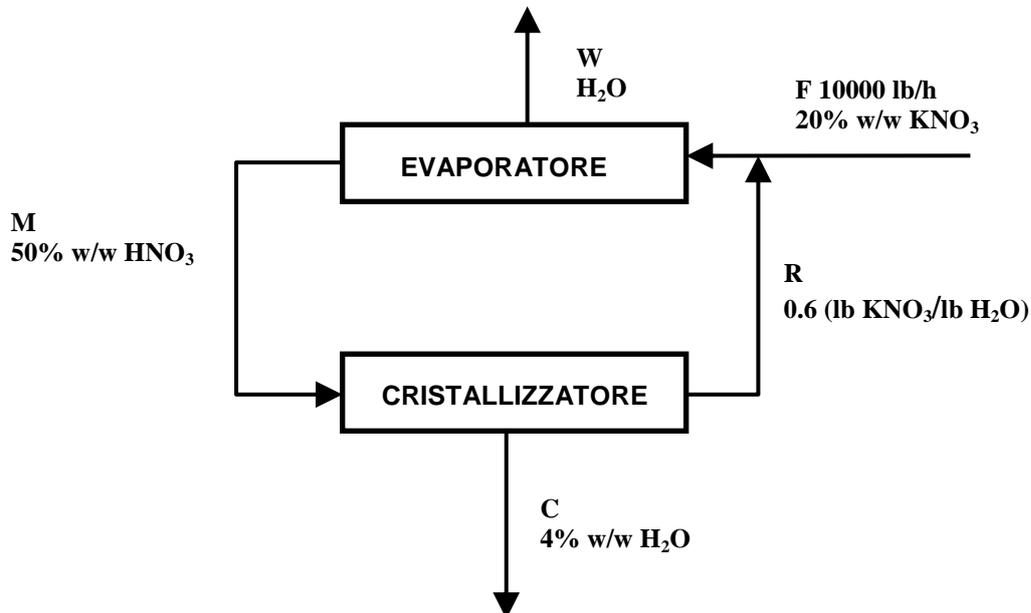
- 4) A feed  $F$  of  $100 \text{ kmol/h}$  of air containing  $21 \text{ mol}\% \text{ O}_2$  and  $79 \text{ mol}\% \text{ N}_2$  is to be partially separated by a membrane unit according to the above specifications. Compute the amounts, in  $\text{kmol/h}$ , and compositions, in  $\text{mol}\%$ , of the two products (retentate,  $R$ , and permeate,  $P$ ). The membrane is more permeable to  $\text{O}_2$ .
- Case 1:  $50\%$  recovery of  $\text{O}_2$  to the permeate and  $87.5\%$  recovery of  $\text{N}_2$  to the retentate.
- Case 2:  $50\%$  recovery of  $\text{O}_2$  to the permeate and  $50 \text{ mol}\%$  purity of  $\text{O}_2$  in the permeate.

**FONDAMENTI DELLE OPERAZIONI UNITARIE DELL'INDUSTRIA CHIMICA**  
**Anno Accademico 2015-2016**

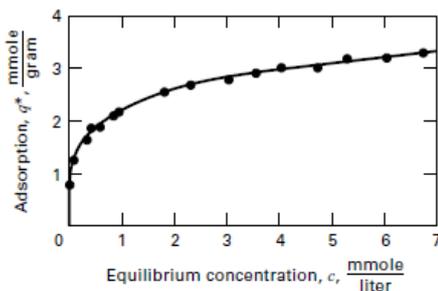
Case 3: 85 mol% purity of  $N_2$  in the retentate and 50 mol% purity of  $O_2$  in the permeate.

Case 4: 85 mol% purity of  $N_2$  in the retentate and a split ratio of  $O_2$  in the permeate to the retentate equal to 1.1.

- 5) Lo schema in figura rappresenta un processo di disidratazione che concentra una soluzione acquosa di  $KNO_3$ . Calcolare tutte le correnti incognite.



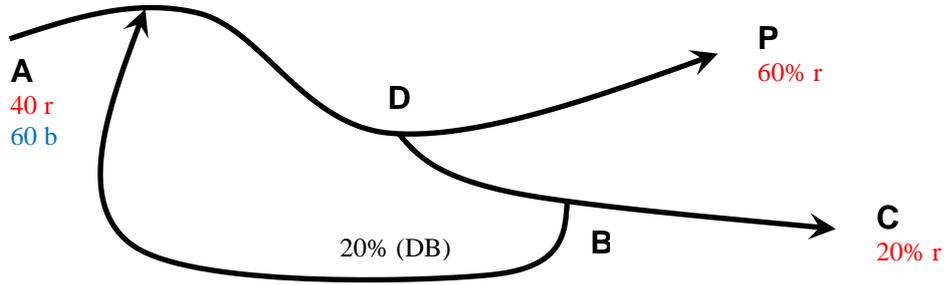
- 6) A 1.0-liter solution of 0.010 mol of phenol in water is brought to equilibrium at 20 °C with 5 g of activated carbon having the adsorption isotherm shown below. Determine the percent adsorption and equilibrium concentration of phenol on carbon by a graphical method.



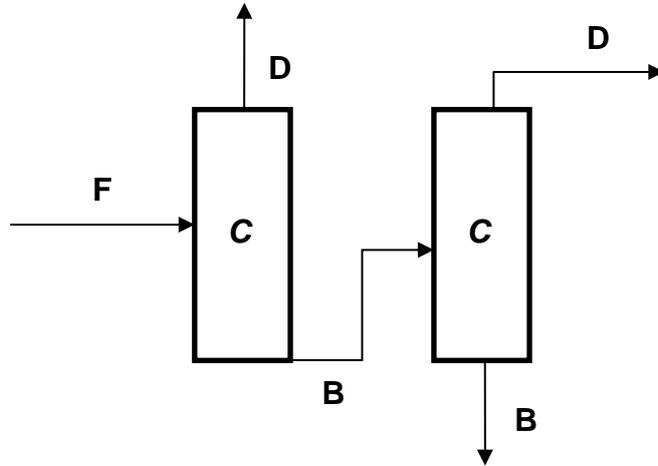
- 7) Una miscela liquida (45% in massa benzene, 55% toluene), è inviata ad una colonna di distillazione. Il prodotto di testa contiene il 95.0% in moli di benzene, quello di fondo contiene l'8.0% del benzene presente in alimentazione. La portata volumetrica dell'alimentazione è 2000 L/h e la densità 0.872 g/cm<sup>3</sup>. Determinare la portata ponderale del prodotto di testa e la portata ponderale e la composizione in frazioni ponderali del prodotto di fondo.
- 8) Al casello autostradale A entrano 100 automobili/h, di cui il 40% rosse ed il resto blu. Agli svincoli P e C le auto rosse in uscita sono rispettivamente il 60% ed il 20%. Sapendo che il 20% delle auto che percorrono il ramo DB tornano indietro verso AD calcolare numero e colore delle auto circolanti a regime in ogni ramo. A condizioni

**FONDAMENTI DELLE OPERAZIONI UNITARIE DELL'INDUSTRIA CHIMICA**  
**Anno Accademico 2015-2016**

invariate di ingresso e lungo DB, cosa accade se il 20% che torna indietro è selettivamente costituito da sole auto bianche?



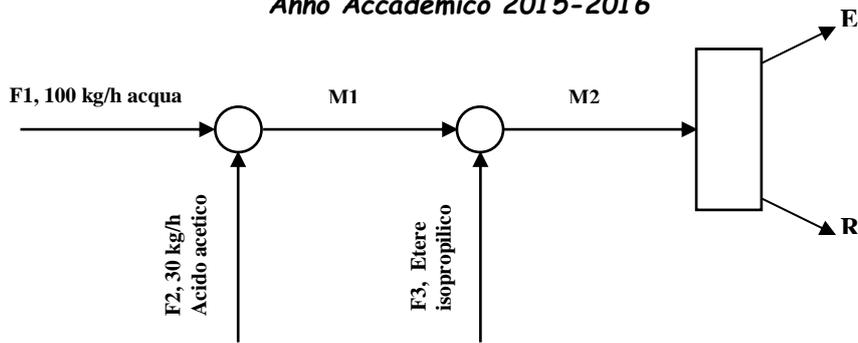
- 9) 500 kmoli/h di una miscela liquida (in moli: 40% metanolo, **M**; 35% etanolo, **E**; 15% isopropanolo, **I**; 10% normal propanolo, **N**) sono distillate in due colonne **C1** e **C2**. La purezza ed il recupero di **M** nel primo distillato sono 98% e 96% rispettivamente. La purezza ed il recupero (riferito a **F**) di **E** nel secondo distillato sono 92% e 95% rispettivamente. Sono assenti: i propanoli nel distillato di **C1**, **M** nel fondo di **C2** e **N** nel distillato di **C2**. Calcolare:
- le portate di ogni componente in ogni punto dell'impianto, costruendo la tabella dei bilanci di materia;
  - la purezza della miscela di propanoli del fondo di **C2**;
  - la massima purezza di **E** nel distillato di **C2**, se il recupero di **E** è 95%;
  - il massimo recupero di **E** nel distillato di **C2**, se la purezza di **E** è 92%.



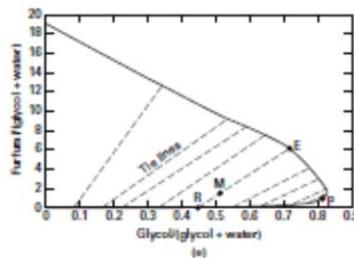
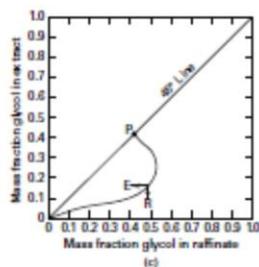
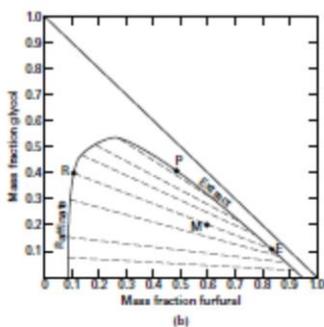
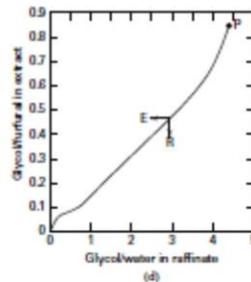
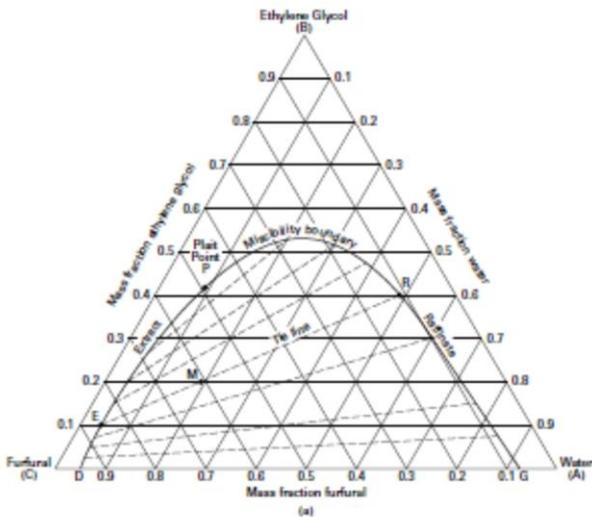
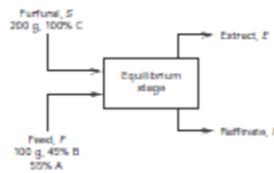
Componente	F	D1	B1	D2	B2
<b>M</b>					<b>0</b>
<b>E</b>					
<b>I</b>		<b>0</b>			
<b>N</b>		<b>0</b>		<b>0</b>	
<b>TOTALE</b>	<b>500</b>				

- 10) Nello schema si vuole recuperare in E il 70% dell'acido acetico entrante. Definire la corrente M1, determinare se sia possibile soddisfare la specifica e, in caso affermativo, che portata di F3 occorra e come siano costituite le correnti E ed R.

**FONDAMENTI DELLE OPERAZIONI UNITARIE DELL'INDUSTRIA CHIMICA**  
**Anno Accademico 2015-2016**



- 11) Uno stadio di equilibrio è alimentato dalle correnti F1 (100 lb/h acido acetico; 20 lb/h etere isopropilico; 80 lb/h acqua) e F2 (15 lb/h acido; 82 lb/h etere; 3 lb/h acqua). Determinare la composizione delle fasi in uscita.
- 12) Methyl isobutyl ketone (C) is used to remove acetic acid (B) from a 13,500 kg/h feed of 8 wt% acid in water (A). The raffinate is to contain 1 wt% acetic acid. Estimate the kg/h of solvent for a single equilibrium stage. Assume A and C are immiscible and a distribution coefficient  $K_D = 0.657$  in mass-fraction units.
- 13) Determine extract and raffinate compositions when a 45 wt% glycol (B)–55 wt% water (A) solution is contacted with twice its weight of pure furfural (C) at 25 °C and 101 kPa. Use each of the following five diagrams, if possible.

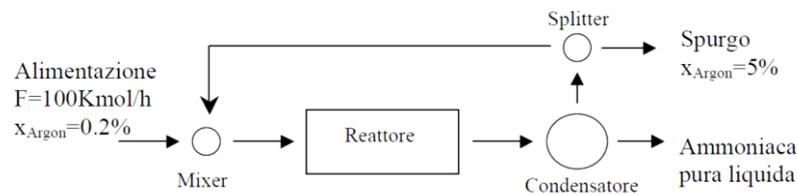


**FONDAMENTI DELLE OPERAZIONI UNITARIE DELL'INDUSTRIA CHIMICA**  
**Anno Accademico 2015-2016**

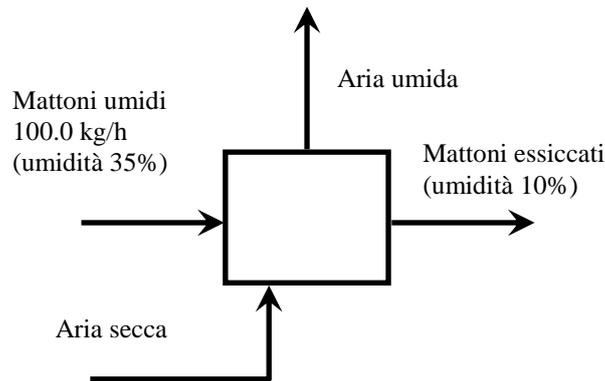
14) Nell'impianto di produzione dell'ammoniaca una miscela stechiometrica di azoto ed idrogeno viene inviata al reattore, dove si ottiene una conversione in ammoniaca del 25%. L'ammoniaca formata viene separata per condensazione ed i gas non convertiti vengono riciclati al reattore. La miscela fresca contiene 0.2 parti di inerte (argon) per 100 parti di  $N_2$  e  $H_2$ . La concentrazione limite di argon all'ingresso del reattore viene fissata in 5 parti di argon per 100 parti di  $H_2$  e  $N_2$ . Calcolare la frazione di riciclo che deve essere spurgata.

Che cosa succederebbe se non fosse effettuato lo spurgo?

Se la corrente di ingresso fosse priva di argon e lo spurgo non fosse effettuato, cosa succederebbe con una alimentazione non stechiometrica?



Svolgimento esercizio 1)

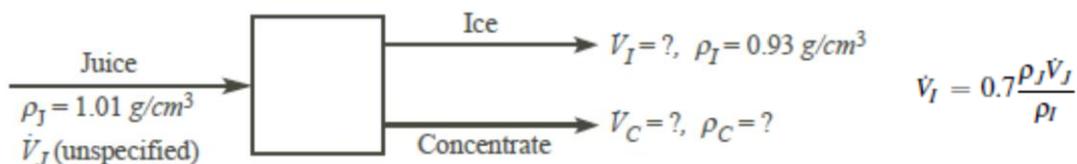


Base: 1 ora

	IN aria	IN solido	OUT aria	OUT solido
<b>ARIA</b>	~	~	~	~
<b>ACQUA</b>	0	35	27.78	7.22
<b>MATTONI SECCHI</b>	0	65	0	65
<b>MATTONI UMIDI</b>	0	100	0	72.2

- 1) Dati di problema
- 2) Dalla definizione di umidità:  $UM\% = 100 \cdot M_{\text{acqua}} / (M_{\text{acqua}} + M_{\text{secco}})$
- 3) I mattoni viaggiano sulla linea solidi (non sublimano!)
- 4) Prima risposta richiesta (dalla specificata assegnata  $UM\% = 10$ )
- 5) Seconda risposta richiesta (dal bilancio sull'acqua:  $35 - 7.22 = 27.78$ )

Svolgimento esercizio 2)



Utilizzando le informazioni complessivamente fornite (formule + testo!) si possono scrivere le seguenti equazioni di bilancio ( $V$  = portata volumetrica, ad esempio  $\text{cm}^3/\text{s}$ ):

- 1)  $V_I = 0.7 \cdot 1.01 / 0.983 = 0.719 V_J$  (dalla formula fornita)
- 2)  $V_J \rho_J = V_I \rho_I + V_C \rho_C$  (bilancio totale)
- 3)  $V_C = 0.25 V_J$  (informazione dal testo)

**FONDAMENTI DELLE OPERAZIONI UNITARIE DELL'INDUSTRIA CHIMICA**  
**Anno Accademico 2015-2016**

Le incognite sono 4:  $V_J$ ,  $V_I$ ,  $V_C$ ,  $\rho_C$

Altre equazioni non si possono scrivere

La densità del concentrato si può nondimeno calcolare assumendo una base di concentrato entrante, ad esempio 100.

Allora:

la 1) fornisce  $V_I = 71.9$

la 3) fornisce  $V_J = 25$

Inserendo questi valori nella 2) si ottiene  $\rho_C = 1.365 \text{ g/cm}^3$

Svolgimento esercizio 4)

$z$ ,  $x$ ,  $y$  rispettivamente frazioni molari di  $O_2$  in (F)eed, (P)ermeato e (R)etentato

Si possono scrivere le equazioni:

$$\begin{aligned} 1) \quad F &= P + R && \text{(bilancio totale)} \\ 2) \quad Fz &= Px + Ry && \text{(bilancio su } O_2) \end{aligned}$$

Ossia:

$$\begin{aligned} 100 &= P + R \\ 21 &= Px + Ry \end{aligned}$$

Il problema si chiude associando le due specifiche fissate da ciascuno dei quattro casi:

Case 1: 50% recovery of  $O_2$  to the permeate and 87.5% recovery of  $N_2$  to the retentate.

$$\begin{aligned} Px &= 0.5Fz \\ R(1-y) &= 0.875F(1-z) \end{aligned}$$

Case 2: 50% recovery of  $O_2$  to the permeate and 50 mol% purity of  $O_2$  in the permeate.

$$\begin{aligned} Px &= 0.5Fz \\ X &= 0.5 \end{aligned}$$

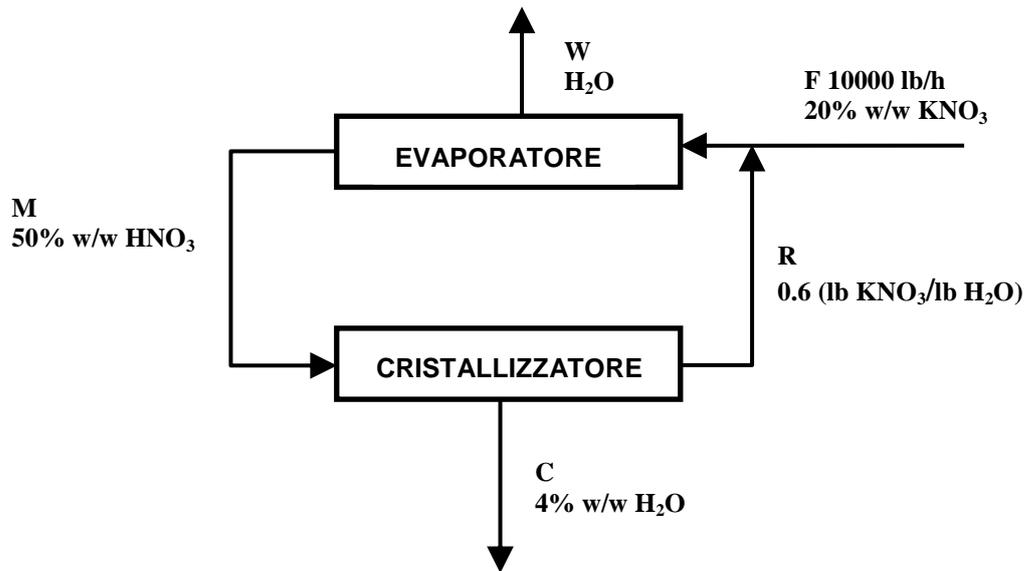
Case 3: 85 mol% purity of  $N_2$  in the retentate and 50 mol% purity of  $O_2$  in the permeate.

$$\begin{aligned} 1-y &= 0.85 \\ x &= 0.5 \end{aligned}$$

Case 4: 85 mol% purity of  $N_2$  in the retentate and a split ratio of  $O_2$  in the permeate to the retentate equal to 1.1.

$$\begin{aligned} 1-y &= 0.85 \\ Px/Ry &= 1.1 \end{aligned}$$

Svolgimento esercizio 5)



Conversione in frazione ponderale del rapporto nella corrente R:

Base: 1 lb di  $H_2O$ : Totale 1.6 lb  $\Rightarrow x_R = 0.6/1.6 = 0.375$

Bilancio sul nitrato intorno al sistema:

Base: 1 h

$$IN - OUT = 0 \Rightarrow Fx_F = Cx_C \Rightarrow 10000 \cdot 0.2 = C \cdot 0.96 \Rightarrow C = 2083 \text{ lb}$$

Bilancio totale intorno al sistema:

$$F = C + W \Rightarrow W = 10000 - 2083 = 7917 \text{ lb}$$

Bilanci intorno al cristallizzatore:

- 1)  $M = C + R$  (Totale)
- 2)  $Mx_M = Cx_C + Rx_R$  (Sul nitrato)

$$M = 2083 + R$$
$$0.5M = 2083 \cdot 0.96 + 0.375R$$

$$R = 7665 \text{ lb};$$
$$M = 9748 \text{ lb}.$$

$$\text{Rapporto di riciclo } R/F = 0.766$$

**FONDAMENTI DELLE OPERAZIONI UNITARIE DELL'INDUSTRIA CHIMICA**  
*Anno Accademico 2015-2016*