

ESERCIZI su ESTRAZIONE Liquido/Liquido

caso **immiscibilità diluente-solvente**- versione#D1 – Prof. A.Tonini – www.andytonini.com

[vedi documento di teoria su estrazione L/L immiscibilità totale]

LEGENDA = A:SOLUTO; B:diluente=NON SOLUTO; Li: LIQ.INERTE=B; S:SOLVENTE; immiscibilità DILUENTE B//SOLVENTE S;
Xi e Yi = frazioni in rapporto alimentazione e estratto; xi e yi = frazioni in massa del soluto; i=ingresso; u=uscita;

► ESTRAZIONE L/L IMMISCIBILITA' MONOSTADIO -

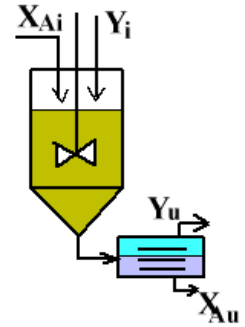
Es.1 – ESTRAZIONE Liq/Liq - B//S IMMISCIBILI – MONOSTADIO -

Estrazione di miscela F costituita da diluente (soluzione acquosa) + soluto A (acido organico) al 10% massa, con SOLVENTE S (liq.organic) opportuno, in apparecchiatura monostadio nella quale si raggiunge all'uscita l'equilibrio;

DATI: alimentazione **F=18000 Kg/h**; solvente **S=10800 kg/h**; cost.equil. **Keq.= 15**;

(i=ingresso; u=uscita) soluto $A_i=10\%$ massa; ingresso solvente puro $Y_{Ai}=0$;

DETERMINARE: 1) fraz. in rapporto entranti; 2) fraz.uscente estratta Y_{Au} ;3) resa %; rapporto diluente/solvente operativo.



Svolgimento:

nota la condizione di equilibrio, si ricavano le frazioni in rapporto entranti, e si applicano i bilanci di materia.

Fraz.in rapporto: massa soluto/massa diluente: $X_{Ai} = x_{Ai}/(1-x_{Ai}) = 0,10/(1-0,10) = 0,111$; $Y_{Ai}=0$;

$L_i = 18000 \cdot (1-0,10) = 16200$ kg/h portata diluente;

bilancio sul soluto: $L_i X_{Ai} + S Y_{Ai} = L_i X_{Au} + S Y_{Au}$; $\rightarrow L_i (X_{Ai} - X_{Au}) = S Y_{Au}$; $\rightarrow Y_{Au} = Keq. X_{Au}$ condizione di equilibrio;

da cui si ricava: $\rightarrow X_{Au} = L_i X_{Ai} / (L_i + S \cdot keq) = 1798,2/178200 = 0,0101$; $\rightarrow Y_{Au} = Keq. X_{Au} = 0,1515$;

resa di estrazione: $\varepsilon = (L_i X_{Ai} - L_i X_{Au}) / L_i X_{Ai} \times 100 = (X_{Ai} - X_{Au}) / X_{Ai} \times 100 = 90,9\%$.

rapporto diluente/solvente operativo = $16200/10800 = 1,5$;

Es.2 – ESTRAZIONE Liq/Liq - B//S IMMISCIBILI – MONOSTADIO – (simile Es.preced.)

Estrazione di miscela F costituita da diluente (soluzione acquosa) + soluto A (acido organico) al 10% massa, con SOLVENTE S (liq.organic) opportuno, in apparecchiatura monostadio nella quale si raggiunge all'uscita l'equilibrio;

DATI: alimentazione **F=18000 Kg/h**; solvente **S=10800 kg/h**; cost.equil. **Keq.= 2**;

(i=ingresso; u=uscita) soluto $A_i=10\%$ massa; ingresso solvente puro $Y_{Ai}=0$;

DETERMINARE: 1) fraz. in rapporto entranti; 2) fraz.uscente estratta Y_{Au} ;3) resa %;

4)rapporto diluente/solvente operativo.

Svolgimento:

nota la condizione di equilibrio, si ricavano le frazioni in rapporto entranti, e si applicano i bilanci di materia.

Fraz.in rapporto: massa soluto/massa diluente: $X_{Ai} = x_{Ai}/(1-x_{Ai}) = 0,10/(1-0,10) = 0,111$; $Y_{Ai}=0$;

$L_i = 18000 \cdot (1-0,10) = 16200$ kg/h portata diluente;

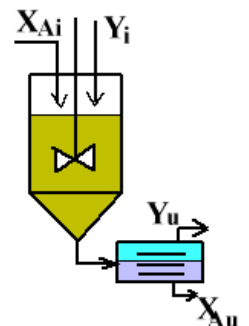
bilancio sul soluto: $L_i X_{Ai} + S Y_{Ai} = L_i X_{Au} + S Y_{Au}$; $\rightarrow L_i (X_{Ai} - X_{Au}) = S Y_{Au}$; $\rightarrow Y_{Au} = Keq. X_{Au}$ condizione di equilibrio;

da cui si ricava: $\rightarrow X_{Au} = L_i X_{Ai} / (L_i + S \cdot keq) = 1798,2/48600 = 0,037$; $\rightarrow Y_{Au} = Keq. X_{Au} = 0,074$;

resa di estrazione: $\varepsilon = (L_i X_{Ai} - L_i X_{Au}) / L_i X_{Ai} \times 100 = (X_{Ai} - X_{Au}) / X_{Ai} \times 100 = 66,7\%$ (vedi Es.precedente!)

rapporto diluente/solvente operativo = $16200/10800 = 1,5$;

N.B.: **Fattore di estrazione** $\varphi = (\text{portata soluto})_{Estr} / (\text{portata soluto})_{Raff} = S Y_{Au} / L_i X_{Au} = 0,049$.



[SEGUE MULTISTADIO PAG.SEGUENTE]

► **ESTRAZIONE L/L IMMISCIBILITA' MULTISTADIO - CONTROCORRENTE [C.C.]**

Es.3 – ESTRAZIONE Liq/Liq C.C. - B//S IMMISCIBILI – brodo-penicillina//etil acetato

Estrazione controcorrente di miscela F costituita da (diluyente B) brodo di coltura+ penicillina (soluto A), con SOLVENTE (S) etile acetato;

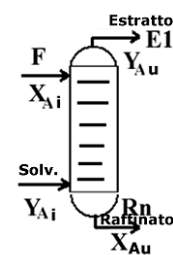
DATI: brodo di coltura $L_i=95\text{kg/h}$ (diluyente liq., inerte rispetto al solvente);

costante di equilibrio $K_{eq}= 8$;(frazioni in rapporto, i=ingresso; u=uscita) $X_{Ai}=0,10$; $X_{Au} = 0,0055$;

solvente in ingresso puro $Y_{Ai}= 0$; condizione di esercizio:

rapporto portate (Dil/Solv)operativo= $0,72 \times$ (Dil/Solv)max;

DETERMINARE: 1) portata di solvente entrante; 2) fraz. in rapporto di estratto Y_{Au} ; 3) n° di stadi; 4)disegnare il diagramma Y/X ; 5) resa %.



Svolgimento:

nota la condizione di equilibrio $Y=K \cdot X$, si ricava la fraz.rapporto ideale

$\rightarrow Y_{Au}^* = K X_{Ai} = 8 \times 0,10 = 0,8$; si disegna la retta di equilibrio passante da 0 e Y_{Au}^* ;

si applica la condizione di operatività: posto $L_i/S =$ (Dil/Solv), rapporto tra portate,

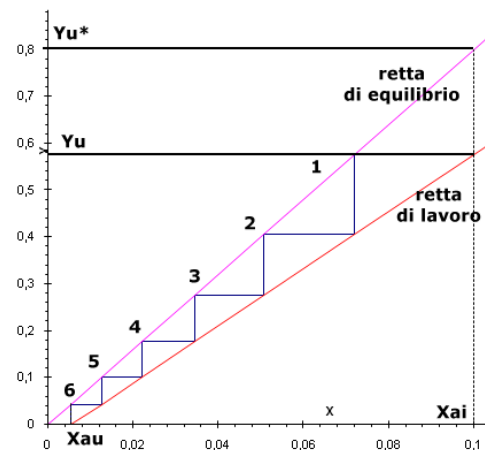
$(Dil/Solv)_{operativo} = (Y_u - Y_i) / (X_i - X_u) = 0,72 (Y_u^* - Y_i) / (X_i - X_u) = 6,095$;

da cui si ricava $\rightarrow Y_u = 0,576$; quindi si traccia la **retta di lavoro**, passante per i punti $(Y_u; X_i)$ e $(Y_i; X_u)$;

portata di solvente $S = 95/6,095 = 15,59 \text{ Kg/h}$.

Il N° stadi teorico risulta = 6 partendo dall'alto, cuspidi sulla retta equil.

Resa di estrazione $\varepsilon = (X_{Ai} - X_{Au}) / X_{Ai} \times 100 = 94,5 \%$.



Es.4 –ESTRAZIONE Liq/Liq C.C.- B//S IMMISCIBILI - (TEMA ESAME '95)- brodo-penicillina//solvente

Estrazione controcorrente di miscela F costituita da diluyente (brodo di coltura)+ soluto A

(antibiotico), con SOLVENTE S (liq.orgánico) opportuno, in apparecchiatura a stadi

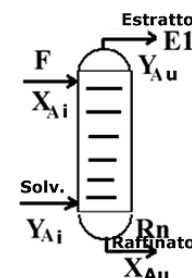
controcorrente continua;

DATI: diluyente $L_i=10000 \text{ Kg/h}$; cost.equil. $K_{eq}= 15$;(frazioni in rapporto) $X_{Ai}=0,04$; $X_{Au} = 0,003$;

ingresso solvente puro $Y_{Ai}= 0$; condizione di esercizio $(Dil/Solv)_{operativo}= 75\%$ di $(Dil/Solv)_{max}$;

DETERMINARE: 1) portata di solvente entrante; 2) fraz. in rapporto di estratto Y_{Au} ; 3) n° di stadi;

4)disegnare il diagramma Y/X ; 5) resa %.



Svolgimento:

nota la condizione di equilibrio $Y=K \cdot X$, si ricava $\rightarrow Y_u^* = K X_{Ai} = 15 \cdot 0,04 = 0,6$;

si disegna la retta di equilibrio passante da 0 e il punto di coordinate $(X_{Ai}; Y_u^*)$;

posto $L_i/S =$ (Dil/Solv), si applica la condizione di operatività:

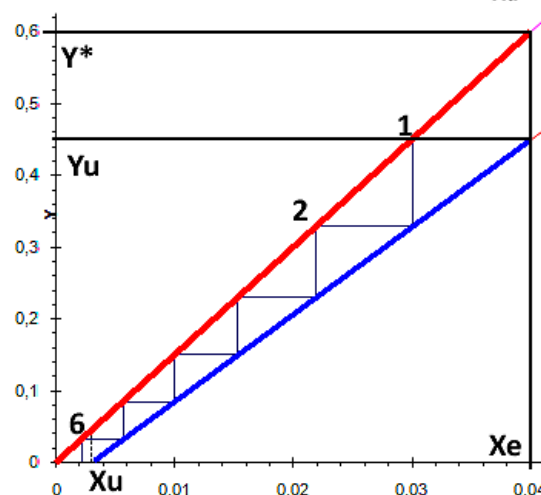
$(Dil/Solv)_{operativo} = (Y_u - Y_i) / (X_i - X_u) = 0,75 (Y_u^* - Y_i) / (X_i - X_u) = 12,16$;

da cui si ricava $\rightarrow Y_u = 0,45$; quindi si disegna la **retta di lavoro**, passante per i punti $(Y_u; X_{Ai})$ e $(Y_i; X_{Au})$;

portata di solvente $S = 10000/12,16 = 822,22 \text{ Kg/h}$.

Il N° stadi teorico risulta = 6 partendo dall'alto, cuspidi sulla retta equil.

Resa di estrazione $= (X_{Ai} - X_{Au}) / X_{Ai} \times 100 = 92,5 \%$.



Es.5 – ESTRAZIONE Liq/Liq C.C. - B//S IMMISCIBILI

Estrazione controcorrente di miscela F costituita da diluyente +soluto A, con SOLVENTE

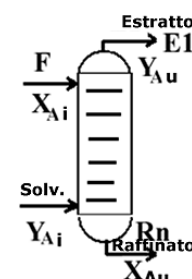
opportuno, in apparecchiatura a stadi controcorrente continua;

DATI: diluyente $L_i=125\text{kg/h}$; cost.equil. $K_{eq}= 10,2$;(frazioni in rapporto) $X_{Ai}=0,09$; $X_{Au} = 0,007$;

solvente puro $Y_{Ai}= 0$; condizione di esercizio $(Dil/Solv)_{operativo}= 80\%$ di $(Dil/Solv)_{max}$;

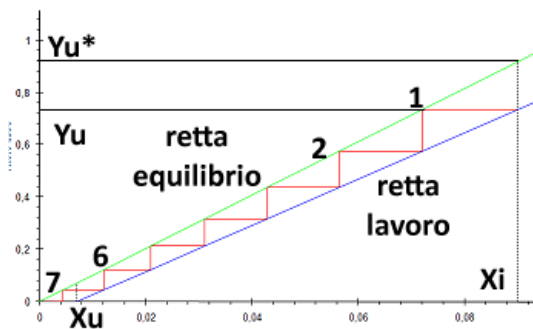
DETERMINARE: 1) portata di solvente entrante; 2) fraz. in rapporto di estratto Y_{Au} ; 3) n° di stadi;

4)disegnare il diagramma Y/X ; 5) resa %.



Svolgimento:

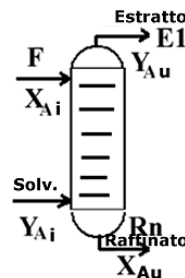
nota la condizione di equilibrio $Y=K \cdot X$, si ricava $\rightarrow Y_u^* = K \cdot X_i = 10,2 \times 0,09 = 0,918$;
 si disegna la retta di equilibrio passante da 0 e il punto di coordinate $(X_{Ai}; Y_u^*)$;
 posto $L/S = (Dil/Solv)$, si applica la condizione di operatività:
 $(Dil/Solv)_{operativo} = (Y_u - Y_i) / (X_i - X_u) = 0,80 (Y_u^* - Y_i) / (X_i - X_u) = 8,85$;
 da cui si ricava $\rightarrow Y_u = 0,735$; quindi si disegna la **retta di lavoro**, passante per i
 punti $(Y_u; X_{Ai})$ e $(Y_i; X_{Au})$;
 portata di solvente $S = 125/8,85 = 14,12 \text{ Kg/h}$.
 Il N° stadi teorico risulta = 7 partendo dall'alto, cuspidi sulla retta equil.).
 Resa di estrazione = $(X_{Ai} - X_{Au}) / X_{Ai} \times 100 = 92 \%$.



Prof. A.Tonini

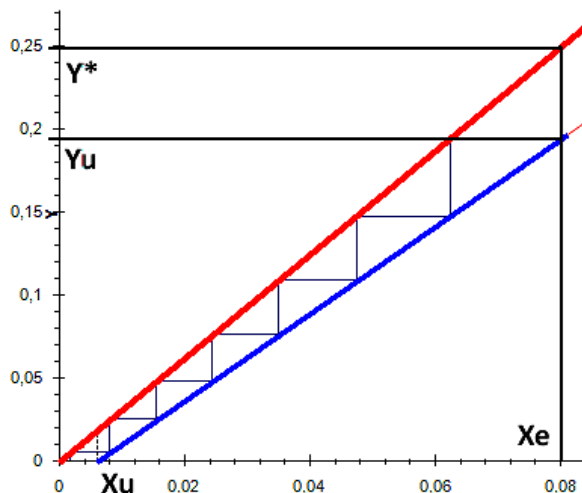
Es.6 – ESTRAZIONE Liq/Liq C.C.- B/S IMMISCIBILI

Estrazione controcorrente di miscela **F** costituita da diluente + soluto A, con SOLVENTE **S** opportuno, in apparecchiatura a stadi controcorrente continua;
 DATI: diluente **Li=155kg/h**; cost.equil.**Keq.=3,1**; (frazioni in rapporto) $X_{Ai}=0,08$; $X_{Au} = 0,006$;
 solvente puro $Y_{Ai} = 0$; condizione di esercizio $(Dil/Solv)_{operativo} = 78\%$ di $(Dil/Solv)_{max}$;
 DETERMINARE: 1) portata di solvente entrante; 2) fraz. in rapporto di estratto Y_{Au} ; 3) n° di stadi;
 4) disegnare il diagramma Y/X ; 5) resa %.



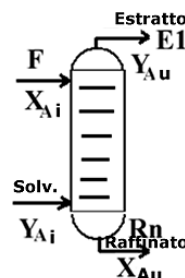
Svolgimento:

nota la condizione di equilibrio $Y=K \cdot X$, si ricava
 $\rightarrow Y_u^* = K X_{Ai} = 3,1 \times 0,08 = 0,248$;
 si disegna la retta di equilibrio passante da 0 e il punto di coordinate
 $(X_{Ai}; Y_u^*)$; posto $L/S = (Dil/Solv)$, si applica la condizione di operatività:
 $(Dil/Solv)_{operativo} = (Y_u - Y_i) / (X_i - X_u) = 0,78 (Y_u^* - Y_i) / (X_i - X_u) = 2,61$;
 da cui si ricava $\rightarrow Y_u = 0,193$; quindi si disegna la **retta di lavoro**, passante
 per i punti $(Y_u; X_{Ai})$ e $(Y_i; X_{Au})$;
 portata di solvente $S = 125/8,85 = 14,12 \text{ Kg/h}$.
 Il N° stadi teorico risulta = 7 partendo dall'alto, cuspidi sulla retta equil.).
 Resa di estrazione = $(X_{Ai} - X_{Au}) / X_{Ai} \times 100 = 92,5 \%$.



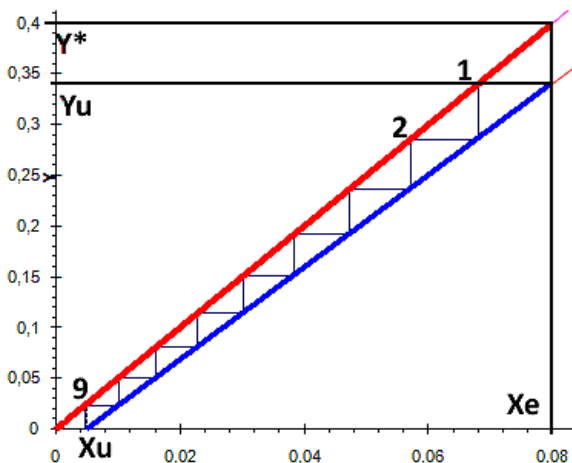
Es.7 – ESTRAZIONE Liq/Liq C.C.- B/S IMMISCIBILI

Estrazione controcorrente di miscela **F** costituita da diluente + soluto A, con SOLVENTE **S** opportuno, in apparecchiatura a stadi controcorrente continua;
 DATI: diluente **Li=100 kg/h**; cost.equil.**Keq.= 5**; (frazioni in rapporto) $X_{Ai}=0,08$; $X_{Au} = 0,005$;
 solvente puro $Y_{Ai} = 0$; condizione di esercizio $(Dil/Solv)_{operativo} = 85\%$ di $(Dil/Solv)_{max}$;
 DETERMINARE: 1) portata di solvente entrante; 2) fraz. in rapporto di estratto Y_{Au} ; 3) n° di stadi;
 4) disegnare il diagramma Y/X ; 5) resa %.



Svolgimento:

nota la condizione di equilibrio $Y=K \cdot X$, si ricava $\rightarrow Y_u^* = K X_{Ai} = 5 \cdot 0,08 = 0,4$;
 si disegna la retta di equilibrio passante da 0 e il punto di coordinate
 $(X_{Ai}; Y_u^*)$; posto $L/S = (Dil/Solv)$, si applica la condizione di operatività:
 $(Dil/Solv)_{operativo} = (Y_u - Y_i) / (X_i - X_u) = 0,85 (Y_u^* - Y_i) / (X_i - X_u) = 4,53$;
 da cui si ricava $\rightarrow Y_u = 0,34$; quindi si disegna la **retta di lavoro**, passante
 per i punti $(Y_u; X_{Ai})$ e $(Y_i; X_{Au})$;
 portata di solvente $S = 100/4,53 = 22,06 \text{ Kg/h}$.
 Il N° stadi teorico risulta = 9 partendo dall'alto, cuspidi sulla retta equil.).
 Resa di estrazione = $(X_{Ai} - X_{Au}) / X_{Ai} \times 100 = 93,75 \%$.

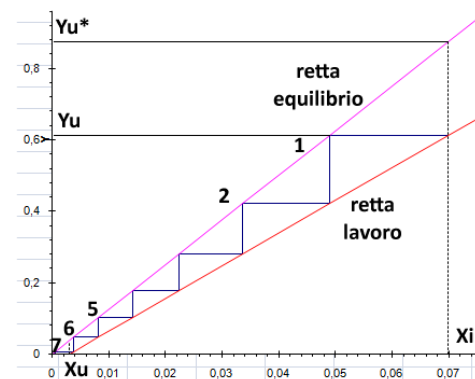


Es.8 – ESTRAZIONE Liq/Liq C.C. - B//S IMMISCIBILI

Estrazione controcorrente di miscela F costituita da diluente +soluto A, con SOLVENTE opportuno, in apparecchiatura a stadi controcorrente continua;
 DATI: diluente $L_i=220 \text{ kg/h}$; cost.equil. $K_{eq}= 12,5$; (frazioni in rapporto) $X_{Ai}=0,07$; $X_{Au} = 0,003$; (solvente) $Y_{Ai}= 0$; condizione di esercizio (Dil/Solv)operativo= 70% di (Dil/Solv)max;
 DETERMINARE: 1) portata di solvente entrante; 2) fraz. in rapporto di estratto Y_{Au} ; 3) n° di stadi; 4) disegnare il diagramma Y/X ; 5) resa %.

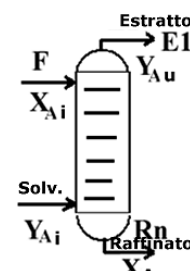
Svolgimento:

nota la condizione di equilibrio $Y=K \cdot X$, si ricava $\rightarrow Y_{u*} = K X_i = 12,5 \times 0,07 = 0,875$;
 si disegna la retta di equilibrio passante da 0 e il punto di coordinate $(X_{Ai}; Y_{u*})$;
 posto $L_i/S=(Dil/Solv)$, si applica la condizione di operatività:
 $(Dil/Solv)operativo = (Y_u - Y_i) / (X_i - X_u) = 0,70 (Y_{u*} - Y_i) / (X_i - X_u) = 9,14$;
 da cui si ricava $\rightarrow Y_u = 0,612$; quindi si disegna la **retta di lavoro**, passante per i punti $(Y_u; X_{Ai})$ e $(Y_i; X_{Au})$;
 portata di solvente $S = 220/9,14 = 24,1 \text{ Kg/h}$.
 Il N° stadi teorico risulta = 7 partendo dall'alto, cuspidi sulla retta equil.).
 Resa di estrazione = $(X_{Ai} - X_{Au}) / X_{Ai} \times 100 = 95,7 \%$.



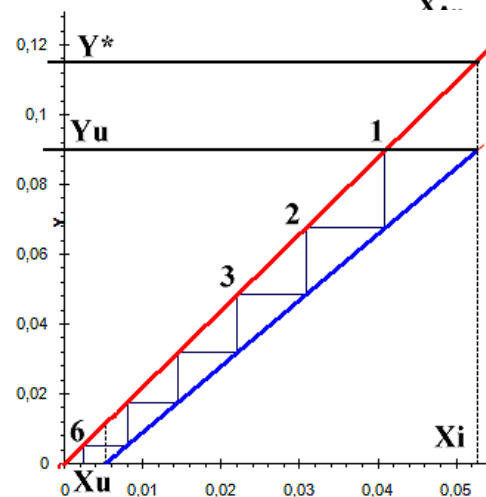
Es.9 – ESTRAZIONE Liq/Liq C.C. - B//S IMMISCIBILI - acetaldeide-toluene//acqua -

Estrazione controcorrente di miscela $F=200 \text{ kg/s}$ costituita da diluente toluene+ soluto acetaldeide A al 5% massa, con SOLVENTE acqua pura $S=100 \text{ kg/s}$, in apparecchiatura a stadi controcorrente continua; toluene e acqua non miscibili. Si vuole una resa di estrazione $\epsilon = 90\%$.
 DATI: cost.equil. $K_{eq}= 2,20$ (con frazioni in rapp.); $x_{Ai}=0,05$; (solvente) $Y_{Ai}= 0$.
 DETERMINARE: 1) portata di diluente entrante; 2) fraz. in rapporto di estratto Y_{Au} ; 3) n° di stadi; 4) disegnare il diagramma Y/X ; 5) verificare i rapporti diluente/solvente operativi e massimi.



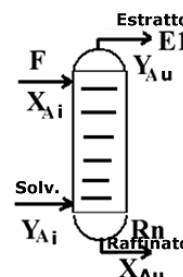
Svolgimento:

calcolo fraz. in rapporto: $x_{Ai}=0,05$; $\rightarrow X_{Ai} = x_{Ai}/(1-x_{Ai}) = 0,0526$;
 calcolo $Y_{u*} = k X_{Ai} = 2,2 \times 0,0526 = 0,1157$;
 traccio la retta di equilibrio passante dall'origine e dal p.to $(Y_{u*}; X_{Ai})$; $Y_{Ai}=0$.
 bilanci di materia:
 portata di diluente $L_i = 200 \times (1-0,05) = 190 \text{ Kg/s}$;
 si applica la condizione di resa di estrazione: $\epsilon = (X_{Ai} - X_{Au}) / X_{Ai} \times 100 = 90\%$;
 ricavo $\rightarrow X_{Au} = (X_{Ai} - 0,9 X_{Ai}) = 0,00526$
 Risultato: $(Dil/Solv)operativo = 190/100 = 1,90 = (Y_{Au} - Y_{Ai}) / (X_{Ai} - X_{Au})$;
 da cui si ricava $\rightarrow Y_{Au} = 1,9 (X_{Ai} - X_{Au}) = 0,09$;
 quindi si disegna la **retta di lavoro**, passante per i punti $(Y_u; X_{Ai})$ e $(Y_i; X_{Au})$;
 Il N° stadi teorico risulta = 6 partendo dall'alto, cuspidi sulla retta equil.
 - rapporto (Dil/Solv)operat. max: $1,90 = \alpha (Y_{Au*} - Y_{Ai}) / (X_{Ai} - X_{Au}) = \alpha 0,409$;
 $\rightarrow \alpha = 0,7773 = 77,74\%$ di quello max.



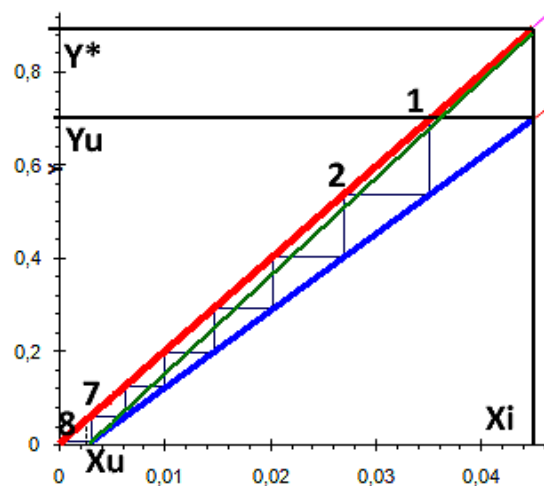
Es.10 – ESTRAZIONE Liq/Liq C.C. - B//S IMMISCIBILI

Estrazione controcorrente di miscela F costituita da diluente + soluto A, con SOLVENTE S (liq.orgánico) opportuno, in apparecchiatura a stadi controcorrente continua;
 DATI: diluente $L_i=50 \text{ Kg/h}$; cost.equil. $K_{eq}= 20$; (frazioni in rapporto, i=ingresso; u=uscita) $X_{Ai}=0,045$; $X_{Au} = 0,0025$; ingresso solvente puro $Y_{Ai}= 0$; condizione di esercizio (Dil/Solv)operativo= 75% di (Dil/Solv)max;
 DETERMINARE: 1) portata di solvente entrante; 2) fraz. in rapporto di estratto Y_{Au} ; 3) n° di stadi; 4) disegnare il diagramma Y/X ; 5) resa %.



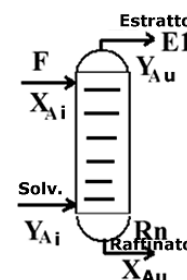
Svolgimento:

nota la condizione di equilibrio, si ricava $\rightarrow Y_u^* = K X_{Ai} = 20 \times 0,045 = 0,9$;
 si disegna la retta di equilibrio passante da 0 e il punto di coordinate $(X_{Ai}; Y_u^*)$;
 si applica la condizione di operatività:
 $Dil/Solv)operativo = (Y_u - Y_i) / (X_i - X_u) = 0,75 (Y_u^* - Y_i) / (X_i - X_u) = 16,52$;
 da cui si ricava $\rightarrow Y_u = 0,702$; quindi si disegna la **retta di lavoro**, passante per i punti $(Y_u; X_{Ai})$ e $(Y_i; X_{Au})$;
 portata di solvente $Solv. = 50/16,52 = 3,03 \text{ kg/h}$.
 Il N° stadi teorico risulta = 8 partendo dall'alto, cuspidi sulla retta equil.
 Resa di estrazione = $(X_{Ai} - X_{Au}) / X_{Ai} \times 100 = 94,4 \%$.



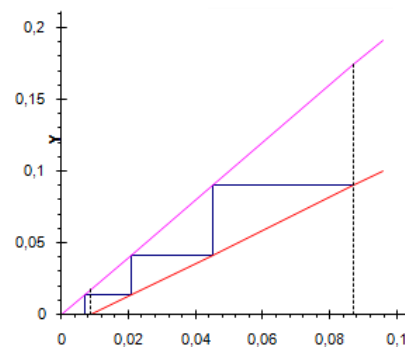
Es.11 – ESTRAZIONE Liq/Liq C.C. - B//S IMMISCIBILI

Estrazione controcorrente di miscela **F** costituita da diluente + soluto A (8% massa), con SOLVENTE **S** (liq.organic) opportuno, in apparecchiatura a stadi controcorrente continua;
 DATI: alimentazione **F=500 Kg/h**; solvente **S=400 kg/h** puro; cost.equil. **Keq.= 2**; (frazioni in rapporto, i=ingresso; u=uscita) $X_{Ai}=0,087$; resa di estrazione 90%; ingresso solvente puro $Y_{Ai} = 0$;
 DETERMINARE: 1) fraz. in rapporto di estratto Y_{Au} ; 2) n° di stadi; 3) disegnare il diagramma Y/X ;
 4) resa %.



Soluzione:

Diluente $L_i = Fx(1-0,08) = 460 \text{ kg/h}$; $X_{Ai} = x_{Ai} / (1-x_{Ai}) = 0,087$; $Y_{Ai} = 0$; $\rightarrow Y_u^* = K X_{Ai} = 0,174$;
 resa estraz. $\epsilon = (L_i X_{Ai} - L_i X_{Au}) / L_i X_{Ai} \times 100 = (X_{Ai} - X_{Au}) / X_{Ai} = 0,90$; $\rightarrow X_{Au} = 0,0087$;
 $(dil/solv)operat. = 1,15 = (Y_u - Y_i) / (X_i - X_u)$; da cui si ricava $\rightarrow Y_u = 0,09$; quindi si disegna la **retta di lavoro**, passante per i punti $(Y_u; X_{Ai})$ e $(Y_i; X_{Au})$;
 Il N° stadi teorico risulta = 3 partendo dall'alto, cuspidi sulla retta equil.



condiz. esercizio $Dil/Solv = 51,7\%$ di quello massimo;

ES.12 - ESTRAZIONE Liq/Liq - B//S IMMISCIBILI

Estrazione di miscela **F=6000 Kg/h** costituita da diluente + soluto A (5% massa), con SOLVENTE **S** (liq.organic) opportuno, in apparecchiatura a stadi controcorrente continua; **Keq.= 3,5**; si vuole recuperare almeno il 90% di soluto; la portata del solvente estrattore, che è praticamente puro $Y_{Ai} = 0$, deve essere maggiore del 50% rispetto a quello minimo accettabile, ovvero rapporto $(dil/solv)op = 0,667 (dil/solv)max$.

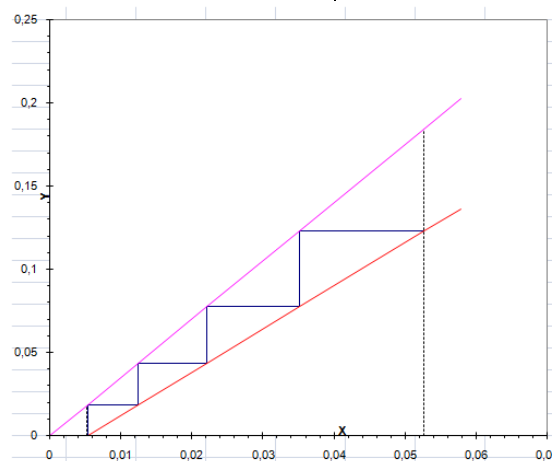
DETERMINARE: 1) il numero di stadi teorici richiesti dal problema; 2. La portata del solvente da usare; 3. La composizione dell'estratto.

Svolgimento:

N.B.: X_i e Y_i sono le frazioni in rapporto; x_i e y_i sono le frazioni in massa del soluto nella solvente e nel raffinato; i=ingresso; u=uscita
 $X_i = 0,0526$; $X_u = 0,00526$; $Y_i = 0$;
 viene tracciata la retta di equilibrio, con $\rightarrow Y_u^* = K X_i = 0,1841$;
 condizione di operatività:

bilanci di materia	$x_i = 0,05$; $(1-x_i) = 0,95$
$F = 6000 \text{ Kg/h}$; $F x_i = 300 \text{ Kg/h}$	$X_i = 0,05 / 0,95 = 0,0526$
diluente = $6000 - 300 = 5700 \text{ Kg/h}$	
soluto recuperato: 90%	$X_u = 30 / 5700 = 0,00526$
$u = 300 \times 0,10 = 30 \text{ kg/h}$	
diluente = 5700 Kg/h	

$(Dil/Solv)operativo = (Y_u - Y_i) / (X_i - X_u) = 0,667 (Y_u^* - Y_i) / (X_i - X_u) = 0,667 (Dil/Solv)max = 2,59$;
 da cui si ricava $\rightarrow Y_u = 0,123$; quindi si disegna la **retta di lavoro**, passante per i punti $(Y_u; X_i)$ e $(Y_i; X_u)$; $\rightarrow N^\circ \text{ stadi} = 4$.
 portata solvente = $5700 / 2,59 = 2200 \text{ kg/h}$;



ES.13 - ESTRAZIONE Liq/Liq C.C.- B//S IMMISCIBILI - (TEMA ESAME '19)-

Nella lavorazione di un prodotto vegetale si ottiene un composto d'interesse in soluzione acquosa diluita. Tale composto presenta un punto d'ebollizione alquanto superiore a quello dell'acqua. Per recuperarlo dalla soluzione acquosa lo si estrae con un solvente selettivo. La soluzione acquosa sottoposta ad estrazione presenta una concentrazione in rapporto tra il composto d'interesse e l'acqua di $X_F = 0,12$, dove X_F rappresenta il rapporto in massa tra il soluto da estrarre e l'acqua. Il solvente, che solubilizza selettivamente il composto d'interesse, è praticamente immiscibile con l'acqua e arriva all'estrazione praticamente privo del soluto. L'equilibrio di ripartizione è dato dalla retta $Y = 8 \cdot X$, dove Y rappresenta il rapporto in massa tra il soluto e il solvente nell'estratto e X il rapporto in massa tra il soluto e l'acqua nel raffinato. Sapendo che si vuole recuperare il 92% del composto d'interesse presente nell'alimentazione e che si opera con il 71% del rapporto massimo tra acqua e solvente, si calcoli il numero di stadi teorici richiesti dall'operazione.

RISOLUZIONE: ESTRAZIONE LIQUIDO LIQUIDO immiscibilità totale –

DATI: alimentazione acqua/soluto con conc.in rapporto $X_F=0,12$ massa soluto/massa diluente; si vuole recuperare il 92% di soluto entrante; solvente selettivo puro $Y_i=0$;

relazione equilibrio di ripartizione soluto estratto-raffinato: $Y = 8 X$;

rapporto diluente/solvente operativo = 71% rapporto massimo; determinare il N°stadi.

entrate: alimentazione diluente(acqua)+soluto;

solvente puro;

uscite: Estratto(solv.+soluto)

Raffinato(diluente+soluto)

alimentazione: $X_F=X_i=0,12$;

condizione di recupero: 92% del soluto entrante;

nel raffinato quindi $X_u = 0,12 \times (1 - 0,92) = 0,0096$;

solvente selettivo puro: $Y_i=0$;

dalla relazione di equilibrio ricavo la condizione di pinch con estratto ideale: $Y_u^* = 8 \times 0,12 = 0,96$;

sul diagramma traccio la **retta di equilibrio**

passante per $[0;0]$ e $[0,12;0,96]$;

bilanci di materia per estrazione:

[con Dil=diluente (acqua), S=solvente]

bilancio sul soluto: $Dil \cdot X_i + S \cdot Y_i = Dil \cdot X_u + S \cdot Y_u$;

dalla condizione operativa [71% del rapp.massimo, con

$Y_u = Y_u^*$] => [diluente/solv.]_{op} = $(Y_u - Y_i) / (X_i - X_u) =$

$0,71 [diluente/solv.]_{max} = 0,71 \cdot (Y_u^* - Y_i) / (X_i - X_u)$, sostituendo i

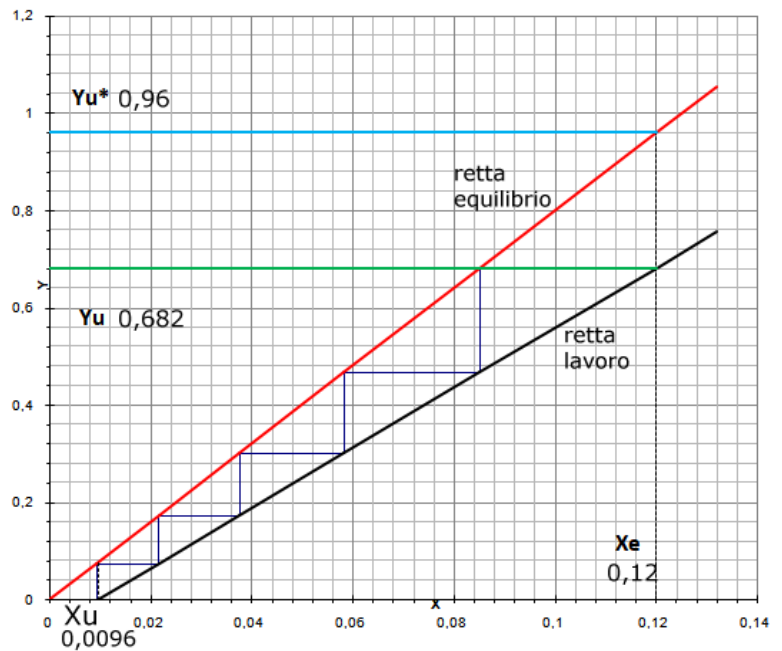
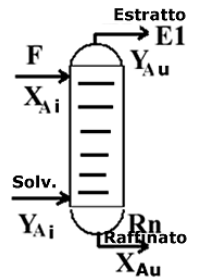
valori => ricavo $Y_u = 0,682$

riporto i valori sul diagramma

traccio la **retta di lavoro** passante per $[0,0096;0]$ e $[0,12;0,682]$

e con la costruzione grafica ricavo il N°stadi, cuspidi sulla retta di equilibrio, partendo dall'alto;

=> risultano $N_s \cong 5$.



ES.14 - ESTRAZIONE Liq/Liq - B//S IMMISCIBILI col.riempimento - ac.orgánico-acqua//toluene

Impianto di estrazione **colonna a riempimento**; altezza utile colonna $H_u=180$ cm; diametro $\Phi=10$ cm; alimentazione $F=0,007$ kg/s soluzione acquosa di ac.orgánico [soluto A] $x_i=5\%$ massa; solvente estrattore toluene puro immiscibile con acqua; si ottiene raffinato R_u con $x_u=4,5\%$ massa e estratto E_u con $y_u=0,183\%$; coeff. ripartizione in rapporto $K=0,065$ [costante]; determinare i coefficienti N_{Oe} , $U_{De} \cdot a$, H_{Oe} .

Soluzione - definizioni:

a =area specif.interfaccia(gocce)/vol.apparecchiatura; Sez =area sez.colonna; H_{col} = altezza colonna;

flusso interfaccia: $F_A \text{ Sup}_i = \int (Y_E - Y_S) = U_{De} \cdot a \cdot Sez \cdot H_{col} \cdot (Y^* - Y)_{ML}$; [kg/(s·m²)]

$H_{col} = H_{Oe} \cdot N_{Oe} = [S / (U_{De} \cdot a \cdot Sez)] \cdot [(Y_E - Y_S) / (Y^* - Y)_{ML}]$;

► Calcoli conc.rapporto: $X = x / (1-x)$; $Y = y / (1-y)$;

$X_F = 0,053$; $X_R = 0,047$; $Y_E = 0,00183$; $Y_S = 0$;

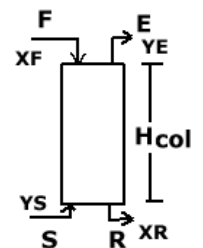
concentrazioni fittizie dell'estratto alle **estremità** della colonna:

$Y_E^* = K \cdot X_F = 0,00345$; $Y_S^* = K \cdot X_R = 0,0031$;

posto $\Delta Y_1 = (Y_E^* - Y_E) = 0,00162$; $\Delta Y_2 = (Y_S^* - Y_S) = 0,0031$;

forza spingente estremità della colonna:

=> $(Y^* - Y)_{ML} = [\Delta Y_1 - \Delta Y_2] / \ln[\Delta Y_1 / \Delta Y_2] = 0,0023$;



N° unità trasferimento per la separazione: $\rightarrow N_{OE} = (Y_E - Y_S) / (Y^* - Y)_{ML} = 0,8$;

► bilanci di materia:

portata **diluyente B** = $F \cdot (1 - X_F) = 0,00665 \text{ kg/s}$;

bil.tot.: $S Y_S + B X_F = B X_R + S Y_E$; da cui: $B(X_F - X_R) = S(Y_E - Y_S)$;

portata **solvente S** = $B(X_F - X_R) / (Y_E - Y_S) = 0,0222 \text{ kg/s}$;

sez.colonna **Sez.** = $\pi \Phi^2 / 4 = 0,00785 \text{ m}^2$;

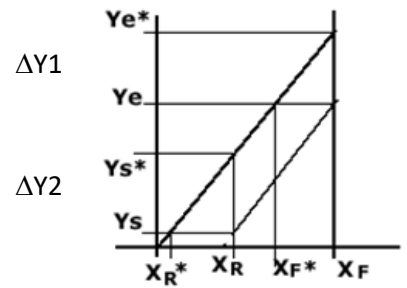
► calcoli altezza colonna:

sarà **altezza utile** colonna $\rightarrow H_{ut} = H_{col} = H_{OE} \cdot N_{OE}$

da cui, posto $H_{col} = N_{OE} \cdot S / (U_{DE} \cdot a \cdot \text{Sez}) = 1,8 \text{ m}$,

ricaviamo **coeff.composto di trasferimento** $U_{DE} \cdot a = N_{OE} \cdot S / (1,8 \cdot \text{Sez}) = 1,25 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^3$;

e quindi: **altezza unità trasferimento** $H_{OE} = S / (U_{DE} \cdot a \cdot \text{Sez}) = 2,24 \text{ m}$.



PROGRAMMA IN EXCEL PER RISOLUZIONE ESERCIZI L/L IMMISCIB.TOT.

N.B.- **ATTENZIONE**: nel programma ORIGINARIO viene posto B=solvente, A=diluyente, **DIVERSAMENTE** da quello modificato MASTER1newA.xls indicato qui sotto (presente nel CD 5CHIMICA):

4 ESTRAZIONE LIQUIDO LIQUIDO MULTISTADIO CASO IMMISCIBILITA' DILUENTE/SOLVENTE - Kr costante

5 N.B.: alimentazione F (soluto+diluyente Li ow. Fi)

6 DATI DA INSERIRE IN - RISULTATI IN

7 **DATI (fraz.in rapporto)**

8	Kr =	8	coeff.ripart. EQUILIB.
9	Xe =	0,1	soluto in F. ingresso
10	Xu =	0,0055	soluto in Raffinato
11	Ye =	0	soluto in Solv. ingresso
12	DILUENTE Li =	95	portata diluyente Li (inerte)

14	condizione	72	% rapp.max
15	operatività	0,72	(Dil/Solv)effett (Dil/Solv)max

18 **RISULTATI**

19	Yu*	0,8	condiz.pinch
20	(Dil/Solv)max	8,47	
21	(Dil/Solv)eff	6,10	
22	Yu	0,576	soluto in Estratto
23	n° stadi	6	TEORICI
24	SOLVENTE S =	15,59	portata SOLVENTE inerte

26	j	1,31	fattestraz.
27	e%	94,50	efficienza estrazione

