



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionen för kemi- och bioteknik

Avdelningen för kemiteknik

KURSNAMN	<i>Bioseparationsteknik, KAA150</i>	<i>Med förslag till lösningar av beräkningsuppgifter</i>
PROGRAM: namn åk / läsperiod	Civilingenjörsprogram bioteknik årskurs 3 läsperiod 3	
EXAMINATOR	Krister Ström	
TID FÖR TENTAMEN	Lördag 26 maj 2012, kl 08.30-12.30	
LOKAL	M-huset	
HJÄLPMEDEL	Valfri räknedosa/kalkylator med tömt minne. Egna anteckningar och kursmaterial är ej godkänt hjälpmedel."Data och Diagram" av Sven-Erik Mörtstedt/Gunnar Hellsten "Tabeller och Diagram" av Gunnar Hellsten "Physics Handbook" av Carl Nordling/Jonny Österman "BETA β " av Lennart Råde/Bertil Westergren Formelblad (vilket bifogats tentamensesen)	
ANSV LÄRARE: namn telnr besöker tentamen	Krister Ström 772 5708 ca. kl. 09.30 och 11.00.	
DATUM FÖR ANSLAG av resultat samt av tid och plats för granskning	Svar till beräkningsuppgifter anslås 28 maj på kurshemsidan, studentportalen. Resultat på tentamen meddelas tidigast fredag 15 juni efter kl 12.00 via e-post. Granskning måndag 18 juni kl 12.30-13.00 samt 20 augusti kl. 12.30-13.00 i seminarierummet, forskarhus II plan 2.	
ÖVRIG INFORM.	Tentamen består av en teoridel med åtta teorifrågor samt en räknedel med fyra räkneuppgifter. Poäng på respektive uppgift finns noterat i tentamensesen. För godkänd tentamen fordras 50% av tentamens totalpoäng. Samtliga diagram och bilagor skall bifogas lösningen av tentamensuppgiften. Diagram och bilagor kan ej kompletteras med vid senare tillfälle. Det är Ditt ansvar att Du besitter nödvändiga kunskaper och färdigheter. Det material som Du lämnar in för rättning skall vara väl läsligt och förståeligt. Material som inte uppfyller detta kommer att utelämnas vid bedömningen. Betyg 3 motsvarar 30-39p, betyg 4 motsvarar 40-49p och betyg 5 50-60p.	

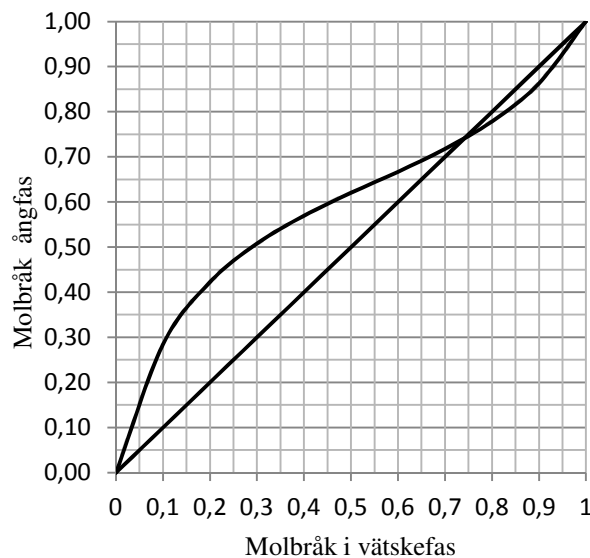
Del A: Teori

A1. Man kan indela separationsoperationerna enligt olika kategorier. Ett exempel är att indela dem i mekaniska- och diffusionsoperationer. Ge exempel på två separationsmetoder från respektive typ och därvid utnyttjat separationsagens!

(2p)

A2. För att beskriva icke-idealiteten i vätskefas vid beräkningar av fasjämvikt används aktivitetsfaktorer.

- Är aktivitetsfaktorerna alltid större än ett för ett system som uppvisar en jämviktskurva enligt nedan?



- Ökar värdet på aktivitetsfaktorn med ökande halt av komponenten i blandningen då vi betraktar en binär blandning?
- Är aktivitetsfaktorerna lika i azeotropa punkten för en binär blandning enligt ovan?

(3p)

A3. För en indunstningsanläggning med t.ex. tre indunstareffekter kan kopplingen av dessa göras på olika sätt!

- Beskriv hur ånga och vätska förs mellan indunstareffkterna i en anläggning med motström resp. medströms lutföring!
- För det fall en överhettad ånga skall utnyttjas för uppvärmning i ett senare steg;
 - Varför är det en fördel att mätta den?
 - Hur kan detta utformas?
- När är det en fördel respektive nackdel att koppla anläggningen med medströms lutföring?

(6p)

A4. Förklara hur en tallrikscentrifug fungerar! Gör en enkel skiss och bifoga några rader

med förklarande text!

(2p)

A5. Filtrering kan indelas i tre huvudtyper;

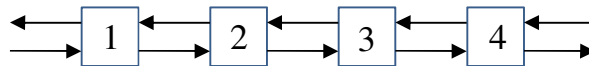
- Yfiltrering
- Djupbäddfiltrering
- Tvärströmsfiltrering

Beskriv det karaktäristiska för respektive typ av filtrering, samt något (kortfattat) om vilka processituationer som respektive typ är lämplig!

(3p)

A6. När man tecknar materialbalanser över t.ex. en extraktionsanläggning erhålls en nettoström (fiktiv ström), vilken vi här antar går åt vänster i figuren nedan. Motivera dina svar!

- Hur hamnar då polen i triangeldiagrammet, över eller under geometriska orten för extraktströmmarna?
- Vad betyder det rörande storleken av strömmen L_0 i förhållande till strömmen V_1 ?
- Hur förhåller sig då strömmen L_2 till strömmen V_3 storleksmässigt?
- Kan viktbråket map lösningsmedel vara större än 1.0 i den fiktiva strömmen?
- Betyder det då att summa viktbråk är större än 1.0?



(5p)

A7. a) Varför är det gynnsamt med liten partikelstorlek vid en lakningsoperation?
b) Vad är nackdelen?

(2p)

A8. Ge exempel på vätska-vätskaextraktionsutrustning lämpligt för ett system som fordrar

- a) många jämviktsinställningar (15 st) och
- b) få jämviktsinställningar (2 st)

för en separation genom extraktion. I båda fallen kan densitetsskillnaden mellan faserna anses vara stor. Beskriv också utrustningens utformning kompletterad med en figur!

(3p)

Del B: Problemdel.

B1. En destillationskolonn skall dimensioneras i vilken en blandning av koltetraklorid och toluen skall separeras. Tillflödets storlek är 80 kmol/h och sammansättningen 45 mol-% koltetraklorid och resten toluen. Tillflödet är kokvarmt och vätskeformigt. De två produkterna skall hålla 95 mol-% resp. 10 mol-% koltetraklorid.

Destillationen sker vid trycket 100 kPa och kolonnen är utrustad med återkokare och totalcondensator samt arbetar vid ett yttre återflödesförhållande som är $1.5 \cdot R_{\min}$.

- Hur många verkliga steg fordras för separationen då kolonnverkningsgraden är 80%?
- Vilka produktflöden kan förväntas från destillationskolonnen?
- För det fall tillflödet varit en blandning mellan ånga och vätska med ångandelen 65%, vad är då tillflödets q -värde?
- Vilken temperatur har det kokvarma tillflödet?

Jämviktsdiagram för systemet koltetraklorid-toluen bifogas tentamen.

Givna data:

Antoinnes ekvation: $\log P_i^o(\text{mmHg}) = A_i - \frac{B_i}{C_i + T(^{\circ}\text{C})}$

Antoinekonstanter:

	A_i	B_i	C_i
Koltetraklorid	6.93390	1242.430	230.000
Toluen	6.95464	1344.800	219.482

(10p)

B2. En aceton-luftblandning innehållande 1.5 mol-% aceton ska reduceras med 99% genom motströms absorption med rent vatten. Ingående gasflöde är $1.2 \text{ kg/m}^2\text{s}$ och ingående flöde av vatten är 1.5 gånger det minimalt erforderliga vattenflödet.

Absorptionen genomförs i en packad kolonn vid atmosfärstryck och 23°C . Som packningsmaterial används 1" keramiska Raschigringar.

För detta system gäller Henrys lag enligt $y_{\text{Aceton}} = 1.75x_{\text{Aceton}}$.

- Bestäm erforderlig packningshöjd för separationen!

Givna data:

Massöverföringstal: $k_{GA} = 0.0317 \text{ kmol/m}^3\text{s atm}$ respektive $k_{LA} = 0.0027 \text{ s}^{-1}$

Massgenomgångstal: $K_{GA} = 0.02307 \text{ kmol/m}^3\text{s atm}$ respektive $K_{LA} = 0.000735 \text{ s}^{-1}$

Vänd  !

Molmassor:

Aceton	Luft	Vatten
58 kg/kmol	29 kg/kmol	18 kg/kmol

(11p)

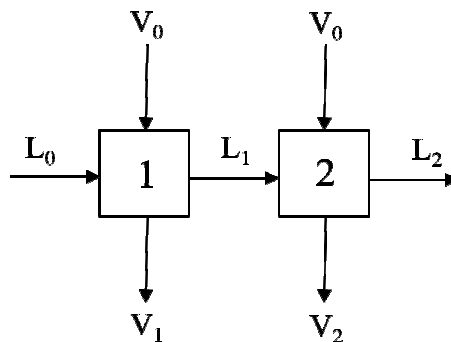
B3. En fruktjuice ska koncentreras från 10 till 65 vikt-% i en fallfilmindunstare. Lösningens kokpunktsförhöjning kan försummas varför juicen därför kan antas ha samma egenskaper som vatten. Färskånga finns tillgängligt vid mättnadstrycket 2 bar och indunstaren arbetar vid trycket 0.13 bar. Tillflödet håller temperaturen 22°C då det påföres indunstaren. Från indunstaren önskas ett ångflöde på 2500 kg/h.

- Beräkna erforderlig yta i indunstaren samt behovet av färskånga för det fall skenbara värmegenomgångstalet är 2800 W/m²K

(5p)

B4. I en tvärströms lakningsanläggning, se nedan, ska 1.50 kg/s av en sand-salt-blandning hållande 62.5 vikt-% sand lakas med rent vatten. Den mängd rent vatten som tillförs respektive steg är 0.5 kg/s. Underströmmen från varje steg håller 0.25 kg vatten per kg totalt fast material.

- Vad blir, för det fall anläggningen omfattar två ideala steg, saltkoncentrationen i utgående underström?
- Bestäm halten i en sammantagen extraktström!



(10p)

Göteborg 2012-05-14
Krister Ström

Bioseparationsteknik

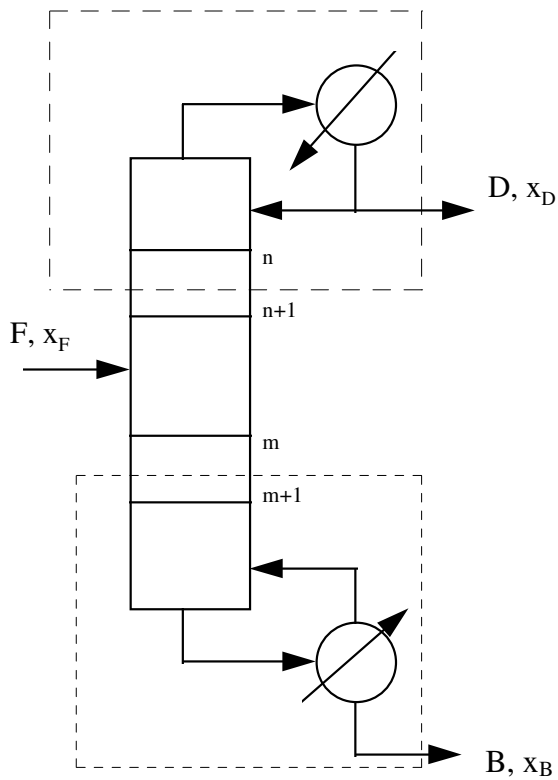
Formelsamling

DESTILLATION

Relativ flyktighet:
$$\alpha_{1,2} = \frac{\frac{y_1}{x_1}}{\frac{y_2}{x_2}}$$

där x anger vätskefassammansättning
 y anger ångfassammansättning
 1 anger lättflyktig komponent
 2 anger tung komponent

Destillation:



Materialbalanser:

$$Vy_{n+1} = Lx_n + Dx_D$$

$$\bar{V}y_{m+1} = \bar{L}x_m - Bx_B$$

q-linje:

$$y = -\frac{q}{1-q}x + \frac{x_F}{1-q}$$

Beräkning av diameter för bottenkolonner

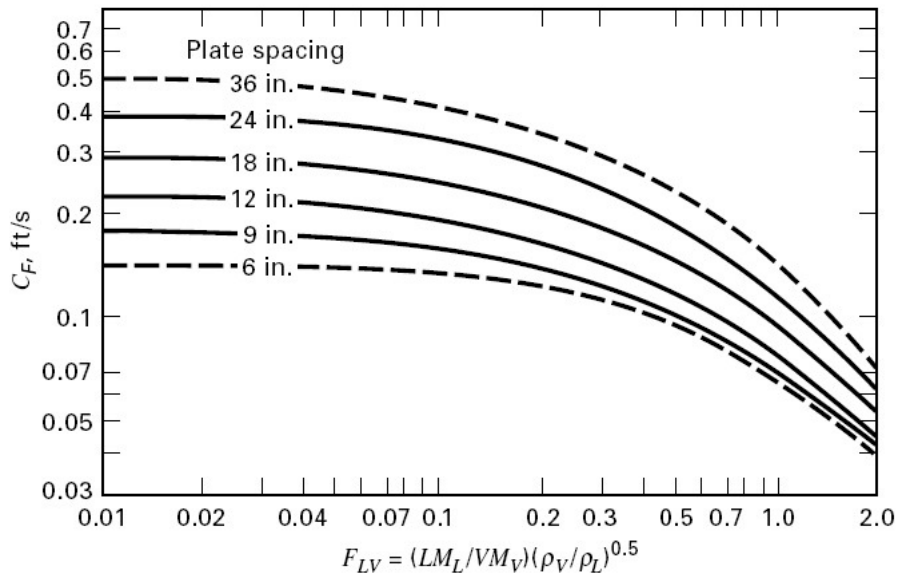


Figure 6.24 Entrainment flooding capacity in a trayed tower.

$$C = F_{ST}F_F F_{HA}C_F \quad \text{where}$$

$$F_{ST} = \{\text{surface tension factor}\} = (\sigma/20)^{0.2} \quad \{\text{liquid surface tension, dyne/cm}\}$$

$$F_F = \{\text{foaming factor}\} = 1.0 \text{ for many absorbers}$$

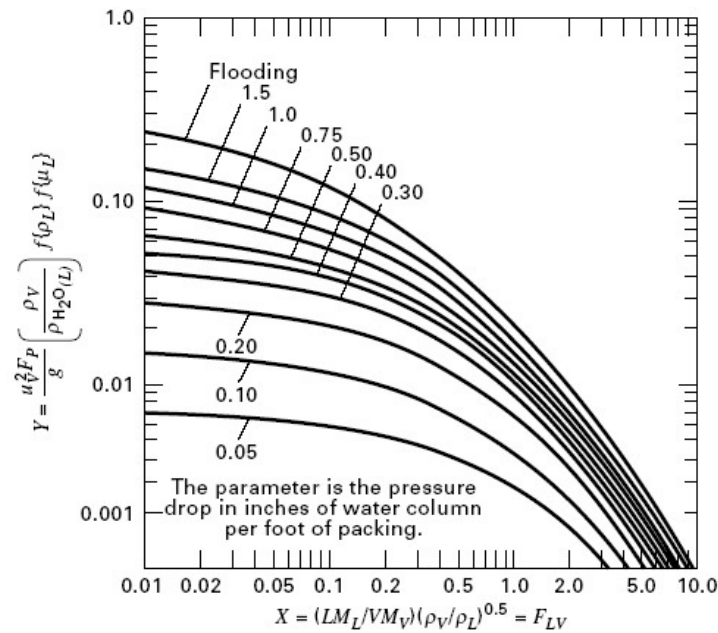
$$F_{HA} = \begin{cases} 1.0 & \text{for } A_h/A_a \geq 0.10 \\ 5(A_h/A_a)+0.5 & \text{for } 0.06 \leq A_h/A_a \leq 0.1 \end{cases}$$

A_h is the area open to vapour as it penetrates into the liquid on a tray.

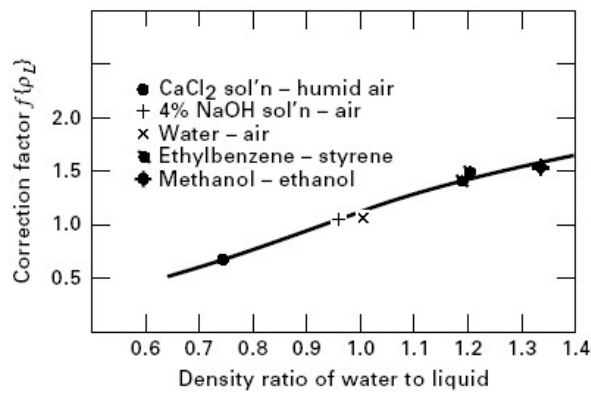
A_a is the active area for the tray.

$$U_f = C \left(\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V} \right)^{1/2} \quad U_f \text{ är gashastigheten vid flödning}$$

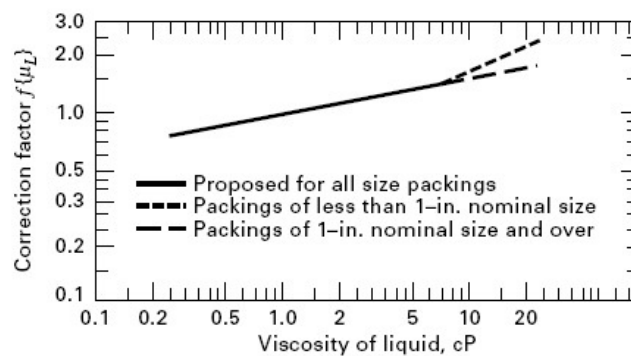
Beräkning av diameter för packade kolonner



(a)



(b)



(c)

Figure 6.36 (a) Generalized pressure-drop correlation of Leva for packed columns. (b) Correction factor for liquid density. (c) Correction factor for liquid viscosity.
[From M. Leva, *Chem. Eng. Prog.*, **88** (1), 65–72 (1992) with permission.]

ABSORPTION

Vätningshastigheten:
$$L_w = \frac{L'}{\rho_L \cdot S_B}$$

$L_w > 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ för ringar med diameter mellan 25 mm och 75 mm, och för galler med delning mindre än 50 mm.

$L_w > 3.3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ för större packningsmaterial.

Bindelinjens lutning:
$$\frac{y - y_i}{x - x_i} = - \frac{k_L \cdot a \cdot C_T}{k_G \cdot a \cdot P}$$

Packningshöjd: Vid låga halter:
$$l_T = \frac{V}{k_G \cdot a \cdot P} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{(y - y_i)} = \frac{V}{K_G \cdot a \cdot P} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{(y - y^*)}$$

$$l_T = \frac{L}{k_L \cdot a \cdot C_T} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{(x_i - x)} = \frac{L}{K_L \cdot a \cdot C_T} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{(x^* - x)}$$

$$l_T = \frac{V'}{k_G \cdot a \cdot P} \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{(Y - Y_i)} = \frac{V'}{K_G \cdot a \cdot P} \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{(Y - Y^*)}$$

$$l_T = \frac{L'}{k_L \cdot a \cdot C_T} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dX}{(X_i - X)} = \frac{L'}{K_L \cdot a \cdot C_T} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dX}{(X^* - X)}$$

Vid rät driftlinje
och rät jämvikts-
kurva:

$$l_T = \frac{V}{K_G \cdot a \cdot P} \cdot \frac{1}{1 - \frac{m \cdot V}{L}} \cdot \ln \frac{y_1 - m \cdot x_1}{y_2 - m \cdot x_2}$$

$$l_T = \frac{L}{K_L \cdot a \cdot C_T} \cdot \frac{1}{\frac{L}{m \cdot V} - 1} \cdot \ln \frac{y_1 - m \cdot x_1}{y_2 - m \cdot x_2}$$

Vid rät driftlinje och rät jämviktskurva gäller:

$$H_{OG} = H_G + \frac{m \cdot V}{L} \cdot H_L$$

$$H_{OL} = H_L + \frac{L}{m \cdot V} \cdot H_G$$

FILTRERING

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \Delta P}{\mu(c \alpha_{av} V + AR_m)}$$

$$c = \frac{\rho J}{(1-J) - \frac{\varepsilon_{av}}{1-\varepsilon_{av}} J \frac{\rho}{\rho_s}}$$

SEDIMENTERING

Fri sedimentering:

$$v = \frac{D_p^2 (\rho_s - \rho) g}{18\mu}$$

SYMBOLFÖRTECKNING:

ABSORPTION

a	massöverförande yta per tornvolym, m^2/m^3
$C_{sb,flood}$	kapacitetsparameter, ft/s
C_T	vätskans totalkoncentration, $kmol/m^3$
e	packningens porositet, -
F	packningsfaktor, m^{-1}
F_{lv}	flödesparameter, -
g	tyngdaccelerationen, m/s^2
V	gasflöde, $kmol/(m^2 \cdot s)$
G'	gasflöde, $kg/(m^2 \cdot s)$
V'	inert gasflöde, $kmol/(m^2 \cdot s)$
H_G	höjd svarande mot en massöverföringsenhet, gasfilm, m
H_L	höjd svarande mot en massöverföringsenhet, vätskefilm, m
H_{OG}	höjd svarande mot en massgenomgångsenhet, gasfasstorheter, m
H_{OL}	höjd svarande mot en massgenomgångsenhet, vätskefasstorheter, m
k_G	massöverföringstal, gasfilm, $kmol/(m^2 \cdot s \cdot atm)$
k_L	massöverföringstal, vätskefilm, m/s
K_G	massgenomgångstal baserat på gasfasstorheter, $kmol/(m^2 \cdot s \cdot atm)$
K_L	massgenomgångstal baserat på vätskefasstorheter, m/s
L	vätskeflöde, $kmol/(m^2 \cdot s)$
L'	vätskeflöde, $kg/(m^2 \cdot s)$
L''	inert vätskeflöde, $kmol/s$
L_W	vätningshastighet, m^2/s
m	jämviktskurvans lutning, -
P	totaltryck, atm
S_B	specifik yta hos packningsmaterialet, m^2/m^3
u_G	gashastighet, m/s
u_{nf}	gashastighet vid flödning (baserad på aktiv area), ft/s
x	molbråk i vätskefas, -
X	molbråksförhållande i vätskefas, mol absorberbart/mol inert vätska
y	molbråk i gasfas, -
Y	molbråksförhållande i gasfas, mol absorberbart/mol inert gas
l_T	packningshöjd, m
μ_L	vätskans dynamiska viskositet, Pa·s
μ_W	dynamiska viskositeten för vatten vid 20°C, Pa·s
ρ_G	gasens densitet, kg/m^3
ρ_L	vätskans densitet, kg/m^3

ρ_w	densiteten för vatten vid 20°C, kg/m ³
σ	ytspänning, dyn/cm (=mN/m)

FILTRERING

A	filtreringsarea, m ²
c	förhållandet mellan vikten av det fasta materialet i filterkakan och filtratvolymen, kg/m ³
J	massbråk av fast material i suspensionen, -
ΔP	tryckfall över filterkakan, Pa
R_m	filtermediets motstånd, m ⁻¹
t	filtreringstid, s
V	erhållen filtratvolym under tiden t , m ³
α_{av}	specifikt filtreringsmotstånd, m/kg
ε_{av}	filterkakans porositet, -
μ	fluidens viskositet, Pa·s
ρ	fluidens densitet, kg/m ³
ρ_s	fasta fasens densitet, kg/m ³

SEDIMENTERING

D_p	partikelstorlek, m
g	tyngdaccelerationen, m/s ²
v	partikelns sedimentationshastighet, m/s
μ	fluidens viskositet, Pa·s
ρ	fluidens densitet, kg/m ³
ρ_s	fasta fasens densitet, kg/m ³

B1.

Data: $F = 80 \text{ kmol/h}$
 $x_F = 0.45$
 $x_D = 0.95$
 $x_B = 0.10$
 $R = 1.5R_{\min}$

Sökt: n_{Verkliga} , D , B , q , T_F

Lösning:

- Antal verkliga steg.

$$\text{Övre driftlinjen vid } R_{\min} : y_n = \frac{R_{\min}}{R_{\min}+1} x_{n+1} + \frac{x_D}{R_{\min}+1}$$

$$\phi_{\min} = \frac{x_D}{R_{\min}+1}$$

$$R_{\min} = 1.375 \Rightarrow R = 2.06 \Rightarrow \phi = 0.31$$

$$\phi_{\min} = 0.40$$

Övre driftlinjen konstrueras från (x_D, x_D) till $(0, \phi)$. Nedre driftlinjen konstrueras från (x_B, x_B) till skärningspunkten mellan övre driftlinjen och q -linjen.

"Stegning" ger 10.5 ideala steg dvs 9.5 ideala bottenar samt återkokare.

$$\left. \begin{array}{l} n_{\text{Verkliga}} = \frac{n_{\text{Ideala}}}{\eta} \\ \eta = 0.80 \end{array} \right\} \underline{n_{\text{Verkliga}} = 12 \text{ st}}$$

- Produktflöden

$$\left. \begin{array}{l} F = D + B \\ Fx_F = Dx_D + Bx_B \end{array} \right\} \begin{array}{l} D = F \frac{x_F - x_B}{x_D - x_B} \\ B = F \frac{x_D - x_F}{x_D - x_B} \end{array} \quad \begin{array}{l} \underline{D = 32.94 \text{ kmol/h}} \\ \underline{B = 47.06 \text{ kmol/h}} \end{array}$$

- q - värdet

$$q = \frac{(1-0.65)\Delta H_{\text{VAP}}}{\Delta H_{\text{VAP}}} \Rightarrow \underline{q = 0.35}$$

- Tillflödets temperatur

$$\begin{array}{l} x_F = 0.45 \Rightarrow y = 0.65 \\ P = 100 \text{ kPa} \Rightarrow P = 760 \text{ mmHg} \end{array}$$

$$P_y = P_{\text{CCl}_4}^0 x_F \Rightarrow P_{\text{CCl}_4}^0 = 1123.11 \text{ mmHg} \quad \text{Antoines ekvation ger } \underline{T = 89.9^\circ\text{C}}$$

B2.

Data: $y_1 = 0.015$
 $\alpha = 0.99$
 $V_1 = 1.2 \text{ kg/m}^2\text{s}$
 $y = 1.75x$ map aceton
 $L = 1.5L_{\min}$

Sökt: l_T (= packningshöjden)

Lösning:

Antag låga halter, dvs $V_1 = V_2 = V$ samt $L_1 = L_2 = L$

99% sjöka utvinnas dvs $(1-0.99)Vy_1 = Vy_2 \Rightarrow y_2 = 0.00015$

$$\frac{L_{\min}}{V} = \frac{y_1 - y_2}{x_1^{\max}} = \frac{y_1 - y_2}{y_1/1.75}$$

$$V = \frac{1.2}{(y_1 M_{\text{Aceton}} - (1 - y_2) M_{\text{Luft}})}$$

$$L_{\min} = 4.08 \cdot 10^{-2} \text{ kmol/m}^2\text{s} \Rightarrow L = 0.106 \text{ kmol/m}^2\text{s}$$

Komponentbalans över hela systemet ger x_1 .

$$Vy_1 + Lx_2 = Vy_2 + Lx_1 \quad x_1 = 0.00572$$

Antagandet om låga halter kan anses gälla!

Vid rät driflinje och rät jämviktskurva gäller

$$l_T = \frac{V}{K_{GaP}} \frac{1}{1 - \frac{mV}{L}} \ln \frac{y_1 - mx_1}{y_2 - mx_2} \Rightarrow \underline{l_T = 18.9 \text{ m}}$$

B3.

Data: $x_F = 0.10$
 $x_L = 0.65$
 $P_S = 2 \text{ bar}$
 $P = 0.13 \text{ bar}$
 $T_F = 22^\circ\text{C}$
 $V = 2500 \text{ kg/h}$
 $U_{SKB} = 2800 \text{ W/m}^2\text{K}$

Sökt: A, S

Lösning:

$$\text{TB: } F = V + L \quad (1)$$

$$\text{KB: } Fx_F = Lx_L \quad (2)$$

$$\text{KE: } S\Delta H_{VAP} = U_{SKB}A\Delta T \quad (3)$$

$$\text{VB: } S\Delta H_{VAP} + Fh_F = VH_V + Lh_L \quad (4)$$

$$(2) \Rightarrow F = L \frac{x_L}{x_F}$$

$$(1) \Rightarrow L \frac{x_L}{x_F} = V + L ; V = L \left(\frac{x_L}{x_F} - 1 \right) ; L = \frac{V}{\frac{x_L}{x_F} - 1}$$

$$L = 454.54 \text{ kg/h} \quad \text{sam} \quad V = 2954.54 \text{ kg/h}$$

Entalpi data

$$P_S = 2 \text{ bar} \Rightarrow T_S = 120.23^\circ\text{C}$$

$$P = 0.13 \text{ bar} \Rightarrow T = 51.06^\circ\text{C}$$

$$h_F = \{T_F = 22^\circ\text{C}\} = c_P T_F \Rightarrow h_F = 91.96 \text{ kJ/kg}$$

$$h_L = \{P = 0.13 \text{ bar}\} = 213.741 \text{ kJ/kg}$$

$$H_V = \{P = 0.13 \text{ bar}\} = 2593.36 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H_{VAP} = \{P = 2 \text{ bar}\} = 2201.39 \text{ kJ/kg}$$

$$(4) \Rightarrow \underline{S = 2865.85 \text{ kg/h}}$$

$$(3) \Rightarrow \underline{A = 9.1 \text{ m}^2}$$

B4.

Data: $L_0 = 1.50 \text{ kg/s}$
 $x_A^0 = 0.375$
 $V_0 = 0.50 \text{ kg/s}$
 $y_S^0 = 1.0$
 $\frac{S}{C} = \frac{1}{4}$

Sökt: x_A^2, y_A^{TOT}

Lösning:

Geometrisk ort för underströmmar, GOFU

$$\frac{S}{C} = \frac{1}{4} ; \frac{x_S}{1-x_A-x_S} = \frac{1}{4} ; x_S = \frac{1}{5}(1-x_A)$$

GOFU konstrueras i triangeldiagram och kända strömmar representeras i diagrammet.

Sök blandningspunkten M_1 !

$$\left. \begin{array}{l} L_0 a = V_0 b \\ a + b = 212 \end{array} \right\} \begin{array}{l} a = 53 \\ b = 159 \end{array}$$

$y_A^1 = 0.52$ genom avläsning i diag

$$\left. \begin{array}{l} \text{Totalbalans: } L_0 + V_0 = V_1 + L_1 \\ L_1 a' = V_1 b' \\ a' = 52 \\ b' = 120 \end{array} \right\} L_1 = V_1 \frac{120}{52}$$

$$V_1 = 0.60 \text{ kg/s} ; L_1 = 1.40 \text{ kg/s}$$

Sök blandningspunkten M_2 !

$$\left. \begin{array}{l} L_1 c = V_0 d \\ c + d = 121 \end{array} \right\} \begin{array}{l} c = 32 \\ d = 89 \end{array}$$

$y_A^2 = 0.25$ genom avläsning i diag samt $x_A^2 = 0.06$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Totalbalans: } L_1 + V_0 = V_2 + L_2 \\ L_2 c' = V_2 d' \\ c' = 33 \\ d' = 90 \end{array} \right\} L_2 = V_2 \frac{90}{5332}$$

$$V_2 = 0.51 \text{ kg/s} ; L_1 = 1.39 \text{ kg/s}$$
$$(V_1 + V_2)y_A^{\text{TOT}} = V_1y_A^1 + V_2y_A^2 \Rightarrow \underline{y_A^{\text{TOT}} = 0.40}$$