Εκρόφηση και Απορρόφηση με πληρωτικό υλικό

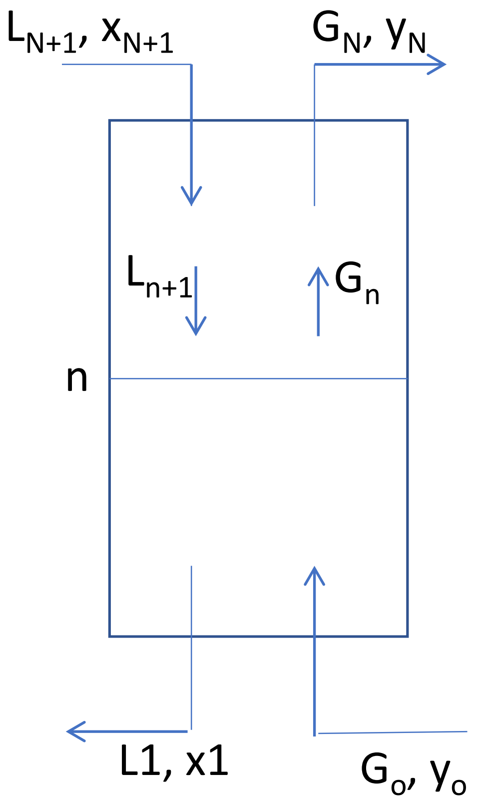
Φροντιστήριο 7

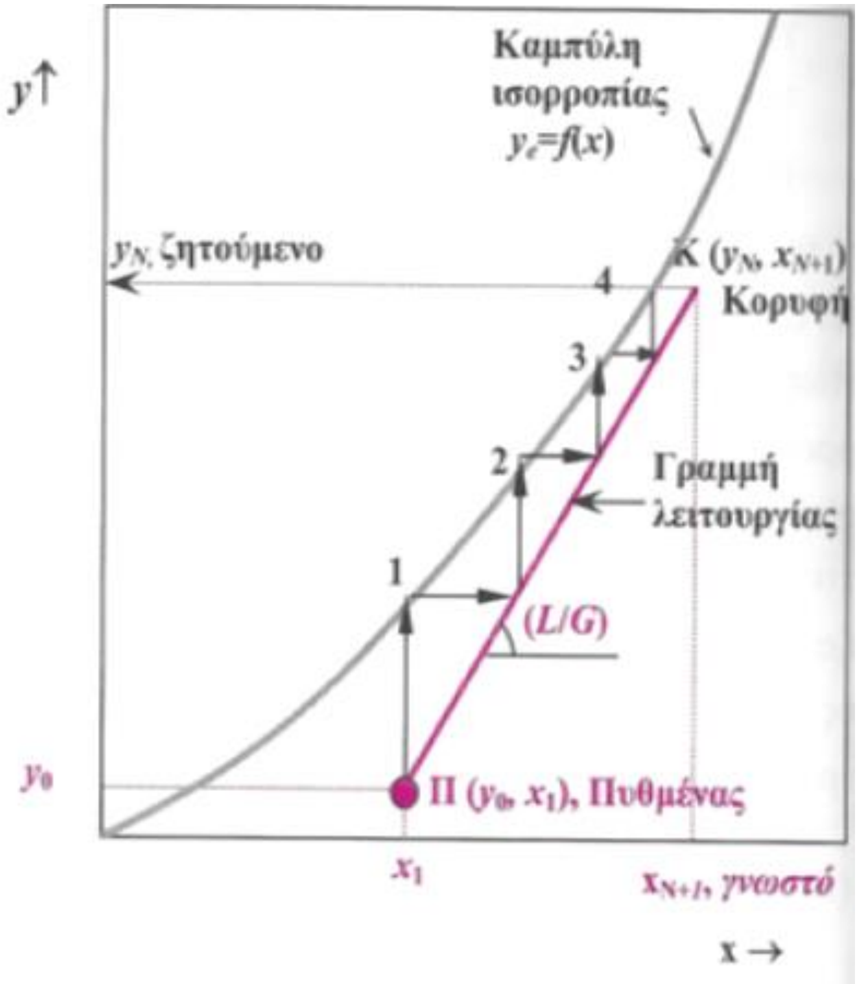
Σύντομη Επανάληψη

Θέμα Συζήτησης: Σχεδιασμός στήλης εκρόφησης και στήλης απορρόφησης με πληρωτικό υλικό.

- Ισορροπία αερίου-υγρού
- Απομάκρυνση διαλυμένου αερίου από ένα υγρό και ανάκτησή του στην αέρια φάση για την περίπτωση της εκρόφησης.
- Διαχωρισμός μίγματος αερίων μέσω της επαφής του με ένα υγρό που διαλύει κάποια ή ένα από αυτά για την περίπτωση της απορρόφησης.
- Επιλογή διαλύτη για απορρόφηση συγκεκριμένου/-ων συστατικών
- Η εκρόφηση μπορεί να θεωρηθεί ως αντίστροφη διεργασία της απορρόφησης.

Εκρόφηση





- Πάντα το $x_1 < x_{N+1}$ καθώς το διαλυμένο συστατικό πηγαίνει στην αέρια φάση.
- Η σύσταση του αερίου, y_N στην έξοδο είναι το ζητούμενο.
- Συνήθως το αέριο εισέρχεται καθαρό από το προς απομάκρυνση συστατικό στην στήλη, $y_o=0$.
- Η γραμμή λειτουργίας βρίσκεται κάτω από την καμπύλη ισορροπίας, αφού στην κορυφή μπαίνει υγρό πλούσιο σε ‘’τοξικό αέριο’’ και $x_{N+1} > x_e$ που είναι σε ισορροπία με το $y_{N.}$

Εκρόφηση με Αραιά Μίγματα

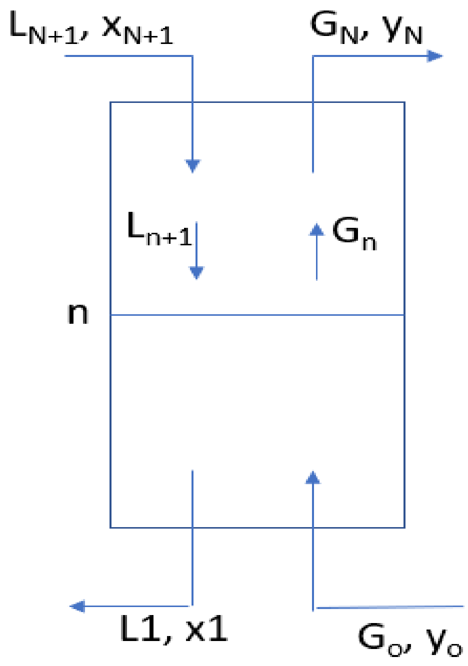
Ολικό ισοζύγιο: $L_{\mathrm{N+1}} + G_o = L_1 + G_{\mathrm{N}}$

$L_{\mathrm{N+1}} x_{\mathrm{N+1}} + G_o y_o = L_1 x_1 + G_{\mathrm{N}} y_{\mathrm{N}}$

Αφού θεωρούμε αραιά μίγματα L, G παραμένουν αμετάβλητα, $L_o = L_n = L$ και $G_{n+1} = G_1 = \mathrm{G}$ και για την n βαθμίδα: $L_{\mathrm{n+1}} x_{\mathrm{n+1}} + G_o y_o = L_1 x_1 + G_{\mathrm{n}} y_{\mathrm{n}}$

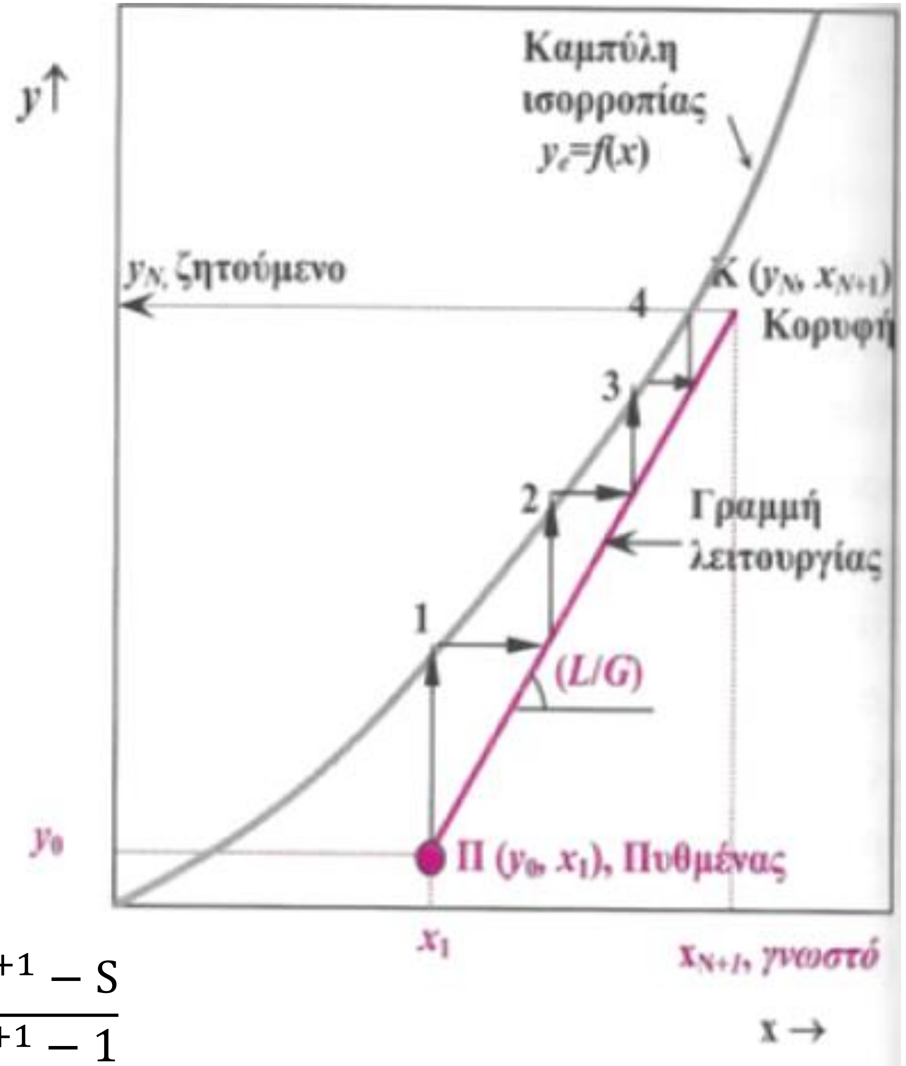
Προκύπτει η γραμμή λειτουργίας:

$y_n = \frac{L}{G} x_{n+1} + y_{\mathrm{o}} - \frac{L}{G} x_1$



McCabe Thiele για Εκρόφηση

- Φέρουμε την καμπύλη/ γραμμή ισορροπίας, y= mx, όπως προκύπτει από τον νόμο Henry.
- Φέρουμε την γραμμή λειτουργίας $y_n = \frac{L}{G} x_{n+1} + y_o - \frac{L}{G} x_1$.
- Σχεδιάζουμε τις βαθμίδες από κάτω προς τα επάνω μεταξύ καμπύλης ισορροπίας και γραμμής λειτουργίας
- Το κάτω μέρος του διαγράμματος αντιστοιχεί στον πυθμένα της στήλης με το υγρό απαλλαγμένο από το ‘’τοξικό’’ αέριο και προς τα πάνω φτάνουμε στο γνωστό x_{N+1} και διαβάζουμε το ζητούμενο y_N.
- **!** Για πυκνά μίγματα χρησιμοποιούμε τα τροποποιημένα γραμμομοριακά κλάσματα όπως και στην απορρόφηση.
- **!** Για εκρόφηση η εξίσωση Kremser γίνεται: $\frac{x_{N+1} - x_1}{x_{N+1} - \frac{y_o}{m_i}} = \frac{S^{N+1} - S}{S^{N+1} - 1}$



Απορρόφηση με Πληρωτικό Υλικό

- Τα πληρωτικά υλικά τοποθετούνται είτε με δομημένο είτε με ακανόνιστο τρόπο μέσα στην στήλη με σκοπό την αύξηση της επιφάνειας επαφής υγρού/ αερίου για πιο αποτελεσματική μεταφορά μάζας.
- Ειδική επιφάνεια επαφής α (m^2/m^3), είναι η επιφάνεια του υλικού ανά μονάδα όγκου της κλίνης που σχηματίζει το υλικό.
- Πορώδες ε είναι το κλάσμα του κενού χώρου της κλίνης προς τον ολικό όγκο της κλίνης.
- Η διάμετρος του πληρωτικού υλικού d είναι $15<D/d<20$ με D την διάμετρο της κλίνης.

Ταχύτητα Πλημμύρισης

Η ταχύτητα πλημμύρισης, $U_{G,\Pi}$ είναι αυτή που θα εμποδίζει εντελώς το υγρό να κατέλθει, ώστε να προκαλείται απότομη αύξηση της πτώσης πίεσης στην στήλη:

$$\left(\frac{U_{G,\Pi}^2 a}{g\varepsilon^3}\right)\left(\frac{\rho_G}{\rho_L}\right)\left(\frac{\eta_L}{\eta_w}\right)^{0.2} = \exp\left[-4\left(\frac{L_m}{G_m}\right)^{1/4}\left(\frac{\rho_G}{\rho_L}\right)^{1/8}\right]$$

ε, πορώδες

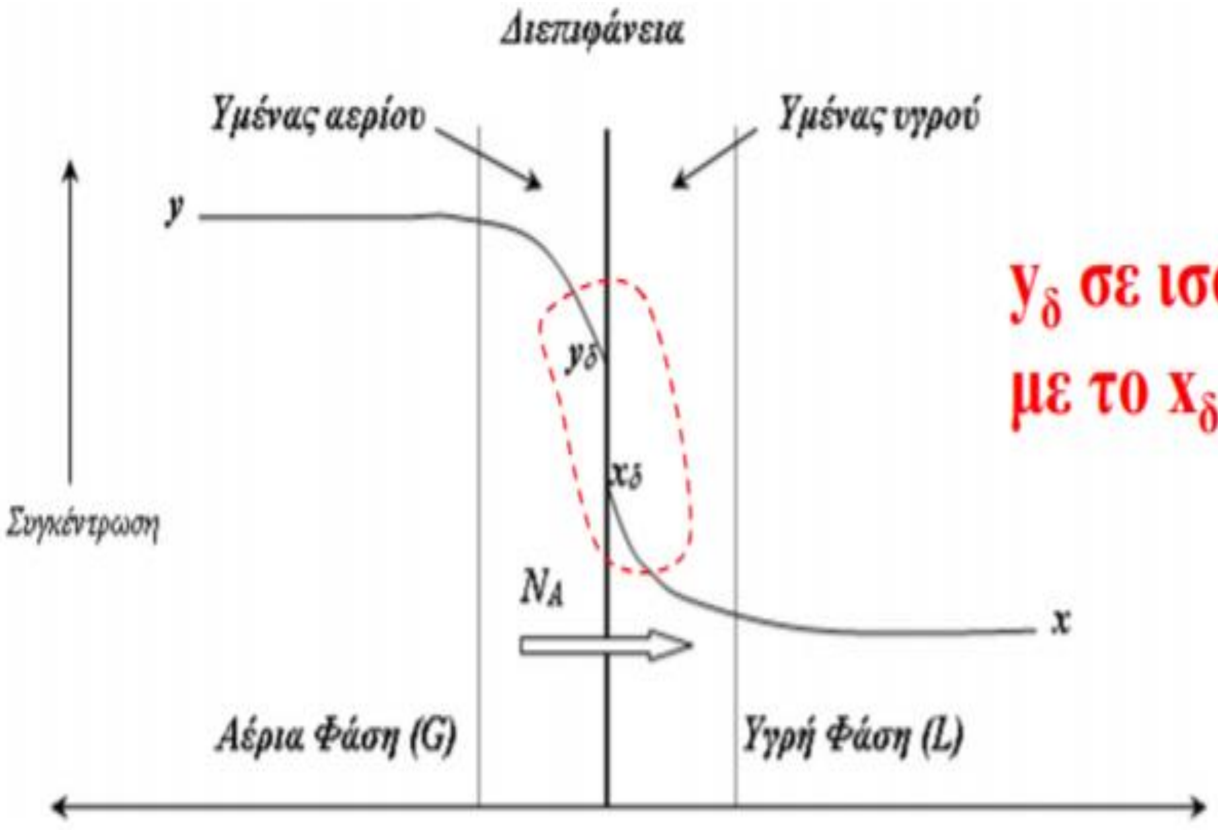
ρ_G, ρ_L: πυκνότητες αερίου και υγρού

G_M, L_M: μαζικές παροχές αερίου και υγρού

η_L, η_W: ιξώδη υγρού και νερού

! Συνήθως U_G= 0.6-0.7 $U_{G\Pi}$

Μεταφορά Μάζας



y_δ σε ισορροπία με το x_δ

$$N_i = k_G a(y - y_\delta) = k_L a(x_\delta - x)$$

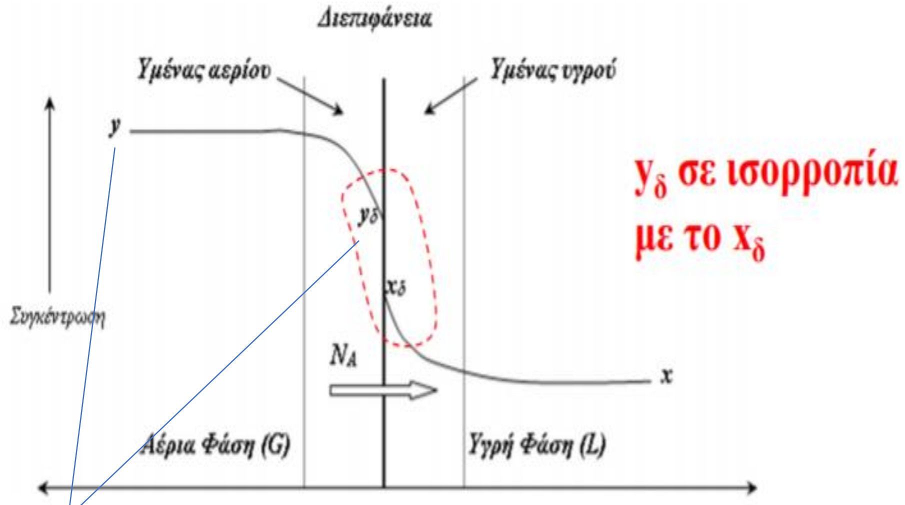
N_i είναι ο ρυθμός μεταφοράς μάζας ($kmol/m^3s$)

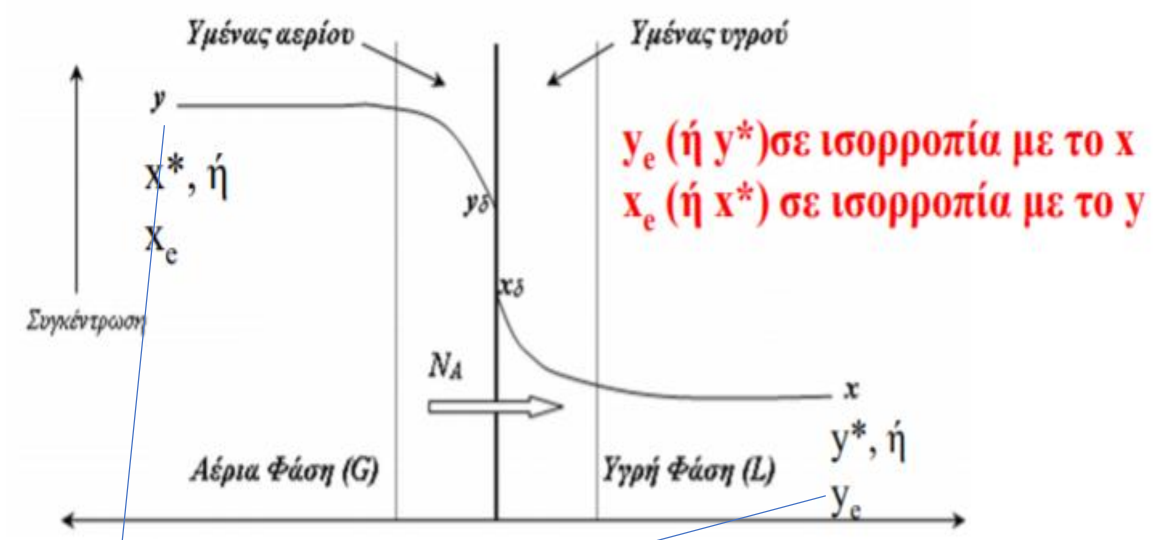
k_G και k_L είναι μερικοί συντελεστές μεταφοράς μάζας για ένα καθαρό συστατικό

α είναι η ειδική επιφάνεια μεταφοράς μάζας ανά μονάδα όγκου μέσα στον οποίο γίνεται η μεταφορά μάζας.

Μεταφορά Μάζας

Ορίζονται ολικοί συντελεστές μάζας, ένας για κάθε φάση





$$N_i = k_G a(y - y_\delta) = k_L a(x_\delta - x)$$

$$N_i = k_G a(y - y_\delta) = k_L a(x_\delta - x) \longrightarrow N_i = k_{G,\mathrm{O\Lambda}} a(y - y_e) = k_{L,\mathrm{O\Lambda}} a(x_e - x)$$

$$N_i = k_y \alpha(\mathrm{y} - \mathrm{y_i}) = k_x \alpha(\mathrm{x_i} - \mathrm{x}) \longrightarrow N_i = K_y\, \alpha\, (\mathrm{y} - \mathrm{y}^*) = K_x\, \alpha\, (\mathrm{x}^* - \mathrm{x})$$

Απορρόφηση με Πληρωτικό Υλικό

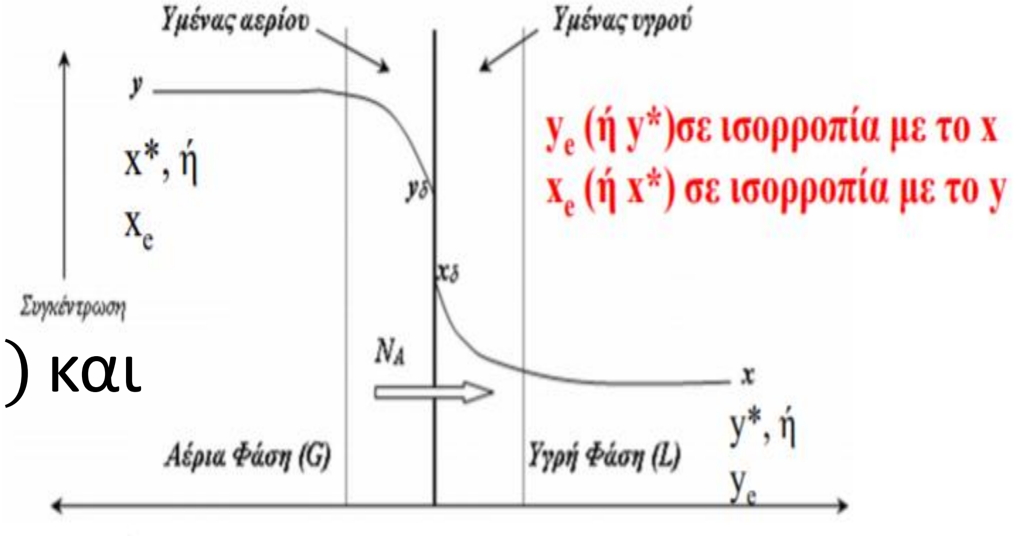
Από τις προηγούμενες σχέσεις:

$\mathrm{N}_i = k_G a(y - y_\delta) = k_L a(x_\delta - x)$ και

$\mathrm{N}_i = k_{G o\lambda} a(y - y_e) = k_{L o\lambda} a(x_e - x)$

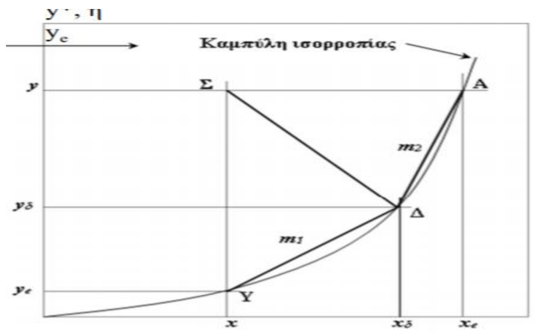
Φαίνεται ότι: $(y - y_e) = (y - y_\delta) + (y_\delta - y_e)$ και

$(x_e - x) = (x_e - x_\delta) + (x_\delta - x)$



Οι ολικοί συντελεστές συνδέονται με τους μερικούς μέσω των σχέσεων: $\dfrac{1}{k_{G o\lambda}} = \dfrac{1}{k_G} + \dfrac{m_1}{k_l}$ και

$\dfrac{1}{k_{\mathrm{L} o\lambda}} = \dfrac{1}{k_L} + \dfrac{1}{m_2 k_G}$ με $m_1 = \dfrac{y_\delta - y_e}{x_e - x}$ και $m_2 = \dfrac{y - y_\delta}{x_e - x_\delta}$.



Αραιά Μίγματα (παραδοχές και ισοζύγιο)

Παραδοχές: 1) L, G σταθερά 2) P σταθερή 3) Σταθεροί συντελεστές μεταφοράς μάζας 4) Αμελητέες μεταβολές ενθαλπίας

Ισοζύγιο: (διαφορική μάζα i που φεύγει από το αέριο)=(διαφορική μάζα i που πηγαίνει στο υγρό)

$$d(Gy) = d(Lx) \rightarrow Gdy = Ldx = N_i dV \ \left(\frac{kmol}{s}\right) \rightarrow$$

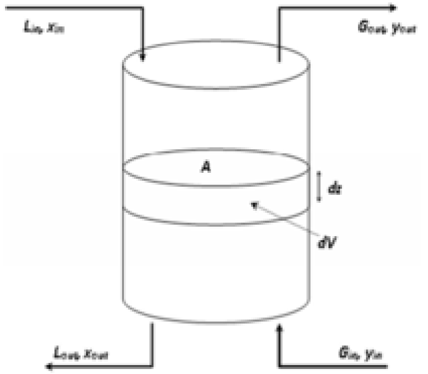
$$\rightarrow Gdy = k_{Go\lambda}\alpha(y - y_e)Adz \text{ και } \mathrm{L}dx = k_{Lo\lambda}\alpha(x_e - x)Adz$$

Λύνοντας ως προς z,

$$Z = \frac{G}{k_{Go\lambda}\alpha A}\int_{y_{out}}^{y_{in}} \frac{dy}{y-y_e} = H_{OG}N_{OG} \text{ και } \mathrm{Z} = \frac{\mathrm{L}}{k_{Lo\lambda}\alpha \mathrm{A}}\int_{x_{in}}^{x_{out}} \frac{dx}{x_e-x} = H_{OL}N_{OL}$$

Ύψος μονάδας μεταφοράς

Αριθμός μονάδων μεταφοράς



Αναλυτική Λύση

Από το ολικό ισοζύγιο σε μία στήλη απορρόφησης έχουμε:

$$G(y - y_{out}) = L(x - x_{in}) \rightarrow x = \frac{G}{L}y + x_{in} - \frac{G}{L}y_{out}$$

Και από την ισορροπία:

$$y_e = mx \rightarrow y - y_e = y - mx \rightarrow y - y_e = y - \frac{mG}{L}y - mx_{in} + \frac{mG}{L}y_{out} \rightarrow$$

$$\rightarrow y - y_e = \left(1 - \frac{mG}{L}\right)y - m\left(x_{in} - \frac{G}{L}y_{out}\right)$$

Και ορίζω $C = -m(x_{in} - Gy_{out}/L)$

Αναλυτική Λύση

Τελικά, $N_{OG} = \int_{y_{out}}^{y_{in}} \frac{dy}{(y - y_e)} = \int_{y_{out}}^{y_{in}} \frac{dy}{(1 - m\frac{G}{L})y + C}$ και μετά από πράξεις και ολοκλήρωση:

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - m\frac{G}{L}} \ln\left[\frac{(1 - m\frac{G}{L})y_{in} + C}{(1 - m\frac{G}{L})y_{out} + C}\right]$$

για τον αριθμό μονάδων μεταφοράς.

Και το ύψος της κάθε μονάδας δίνεται από $H_{OG} = \frac{G}{k_{G,O\Lambda} a A}$

Το ζητούμενο ύψος του πύργου απορρόφησης είναι $\mathbf{Z = H_{OG} \times N_{OG}}$

Παράδειγμα 1

Ακετόνη απομακρύνεται από αέριο μίγμα 5 mol% σερ ακετόνη σε πύργο απορρόφησης με πληρωτικά υλικά κατά αντιρροή με νερό. Οι παροχές απορρόφησης υγρού και αερίου είναι 0.85 και 0.5 Kg/sm^2 αντίστοιχα. Να υπολογιστεί το απαιτούμενο ύψος του πύργου για απομάκρυνση του 98% ακετόνης.

Δίνονται: $K_G a = 1.5 * 10^{-4} \left(\frac{kmol}{scm^3}\right), y = 1.2x \; και \; P = 101.2 \; kPa$

Από την εκφώνηση της άσκησης προκύπτει στην είσοδο $y_1 = 0.05,\ L = 0.85\left(\frac{Kg}{sm^2}\right)\ και\ G = 0.5(\frac{Kg}{sm^2})$

το 98% απομακρύνεται οπότε έχουμε ότι:

$98\% * y_1 \Rightarrow\ y_2 = 0.02 * 0.05 = 0.001 \Rightarrow\ y_2 = 0.001$ και x_2=0

η γραμμή λειτουργίας του πύργου απορρόφησης δίνεται από την ακόλουθη σχέση: $G(y_1 - y_2) = L(x_1 - x_2) \quad (1)$

το ύψος της στήλης μας δίνεται από τον τύπο: $z = H_{OG} * N_{OG}\ \ (2)$ ή $\mathrm{z} = H_{OL} * N_{OL}$

Το ύψος της μονάδας μεταφοράς
δίνεται από τη σχέση: $\mathrm{H}_{OG} = \frac{G}{K_G a P}$ (3)

Και ο υπολογισμός για τον αριθμό των μονάδων μεταφοράς δίνεται από την σχέση:

$N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y-y_e}$ (4)

Από την (1) προκύπτει η γραμμή λειτουργίας σε κάθε σημείο της στήλης:

$x = \frac{G}{L} * y + x_2 - \frac{G}{L} y_2$

Για να εμφανίσουμε το m στην εξίσωση λειτουργίας από τον νόμο του Henry:

$y_e = mx \rightarrow y - y_e = y - mx \rightarrow y - y_e = y - m\frac{G}{L} * y + x_2 - \frac{G}{L} y_2$

Οπότε προκύπτει ότι $C = -m\left(x_2 - \frac{G}{L}y_2\right)$ είναι μια σταθερή ποσότητα εφόσον τα x_2, y_2, G, m και L είναι γνωστά οπότε προκύπτει ότι από την (4):

$N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y-y_e} \rightarrow\ N_{OG} = \left[\frac{1}{1-\frac{mG}{L}}\right] \ln[\left(1 - \frac{mG}{L}\right)\frac{y_1}{y_2} + \frac{mG}{L}]$

Υπολογίζονται: $L = \frac{0.85}{18} = 0.0472\left(\frac{kmol}{m^2 s}\right) και\ G = \frac{0.5}{29} = 0.0172\left(\frac{kmol}{m^2 s}\right)$ και από την (1):

του x_1 : $G(y_1 - y_2) = L(x_1 - x_2) \rightarrow\ x_1 = 0.018$

Από την (3) υπολογίζουμε το $H_{OG} = \frac{G}{K_G aP} \rightarrow H_{OG} = 1.13m$

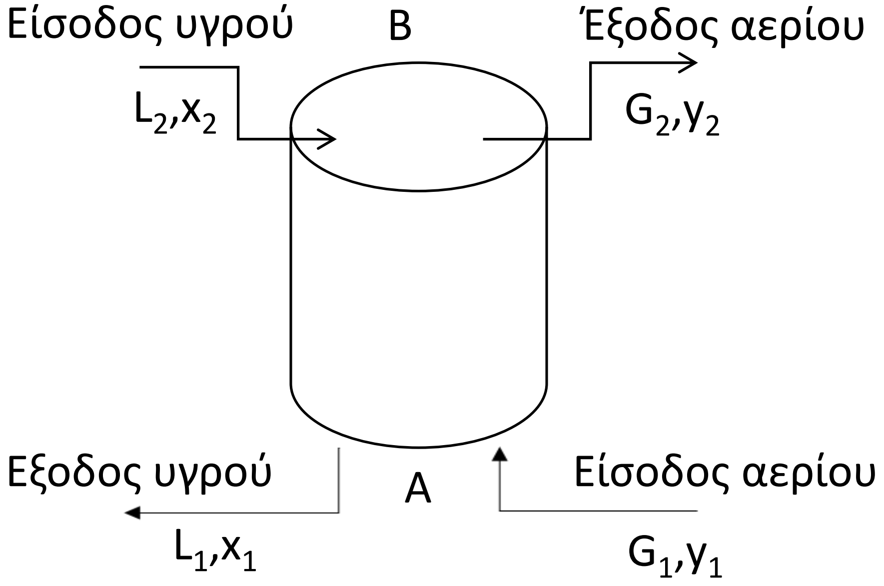
Με τη χρήση της εξίσωσης (4) υπολογίζουμε το N_{OG}

$$N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_e} \rightarrow N_{OG} = \left[\frac{1}{1 - \frac{mG}{L}}\right] \ln\left[\left(1 - \frac{mG}{L}\right)\frac{y_1}{y_2} + \frac{mG}{L}\right] \rightarrow N_{OG} = 5.95$$

Και τέλος από την εξίσωση (2) υπολογίζουμε το ζητούμενο ύψος z: $z = H_{OG} * N_{OG} \rightarrow z = 6.72$

Παράδειγμα 2

Με την απομάκρυνση 95% της NH_3 από μίγμα αέρα NH_3 40mol%NH_3, σε πύργο με πληρωτικά υλικά χρησιμοποιούνται 488 kmol/ h νερού και 100 kmol/h εισερχόμενου μίγματος αερίου. Η πίεση είναι P=1atm, η θερμοκρασία 25^o C και ο ογκομετρικός συντελεστής μεταφοράς μάζας $K_G α$ =5 10^{-3} kmol/s-m^3-atm. Ζητείται το ύψος του πύργου.



Από το γενικό ισοζύγιο: $G(y - y_1) = L(x - x_2) \Rightarrow L_2 x_2 + G_y = G_2 y_2 + Lx \quad (1)$

Όμως τώρα έχουμε πυκνό μίγμα: $L' = L(1 - x) \Rightarrow L = \frac{L'}{1-x} \quad (2)$

Από το ισοζύγιο παροχών: $G + L' = G_2 + L$ (3)

Ισχύει ότι $G' = G(1 - y_1) = G_2(1 - y) = G(1 - y)$ και

$L' = L_1(1 - x_1) = L_2(1 - x_2) = L(1 - x)$,

Επίσης $x_2 = 0$ και έτσι $L_2 x_2 = 0$.

$$1 \Rightarrow Gy = G_2 y_2 + Lx \Rightarrow \frac{G_2(1 - y_2)}{1 - y} y = G_2 y_2 + \frac{L'}{(1 - x)} x$$

$$\Rightarrow G_2(1 - y_2) y (1 - x) = G_2 y_2 (1 - y)(1 - x) + L' x (1 - y)$$

$$\Rightarrow G_2 y\,(1 - x) - G_2 y_2 y (1 - x) = G_2 y_2 (1 - x) - G_2 y_2 y (1 - x) + L' x (1 - y)$$

$$\Rightarrow G_2(y - y_2)(1 - x) = L' x (1 - y) \Rightarrow G_2(y - y_2) - G_2(y - y_2) x = L' x (1 - y)$$

$$\Rightarrow G_2(y - y_2) = x[L'(1 - y) + G_2(y - y_2)] \Rightarrow \boxed{x = \frac{G_2(y - y_2)}{L'(1 - y) + G_2(y - y_2)} \quad (4)}$$

Το ίδιο κάνουμε και για το y:

Έχουμε $\mathrm{L}_2 + G = L + G_2 (\iota\sigma o\zeta\acute{\upsilon}\gamma\iota o\ \pi\alpha\rho o\chi\acute{\omega}\nu)$,

$L_2 x_2 + Gy = Lx + G_2 y_2\ (\iota\sigma o\zeta\acute{\upsilon}\gamma\iota o\ \delta\iota\alpha\lambda\upsilon\mu\varepsilon\nu\eta\varsigma\ o\upsilon\sigma\iota\alpha\varsigma) \Rightarrow y = \frac{G_2 y_2 + Lx}{G}$, όμως

$L(1-x) = L' \Rightarrow \mathrm{L} = \mathrm{L}'/(1-\mathrm{x})$ (2), οπότε αντικαθιστώντας προκύπτει:

$y = \frac{G_2 y_2 + L\prime \frac{x}{1-x}}{G}$ (5)

Από το ισοζύγιο παροχών και την 2: $\mathrm{L}_2 + G = L + G_2 \Rightarrow G = G_2 + L - L_2 \Rightarrow G = G_2 + \frac{L'}{1-x} - \frac{L}{1-x_2} =$

$G_2 + \frac{L}{1-x} - L = G_2 + L'\left(\frac{1-1+x}{1-x}\right) = G_2 + \frac{L' x}{1-x}$

Άρα από την σχέση (5):

$y = \frac{G_2 y_2 + L\prime (\frac{x}{1-x})}{G_2 + L\prime \frac{x}{1-x}}$ (6) και όπου x μπορώ να αντικαταστήσω την (4)

Φτιάχνουμε έναν πίνακα δεδομένων:

$\boldsymbol{y}$	$\boldsymbol{Y = \frac{y}{1-y}}$	$\boldsymbol{y_e}$	$\boldsymbol{Y_e = \frac{y_e}{1-y_e}}$	$\boldsymbol{\frac{1}{Y-Y_e}}$
0.03	0.031	0.002	0.002	34.48
$y_2 = 0.032$	$Y_2 = 0.033$	-	-	-
0.05	0.053	0.005	0.005	20.83
0.1	0.111	0.01	0.010	9.9
0.15	0.176	0.025	0.026	6.66
0.20	0.250	0.04	0.042	4.8
0.25	0.33	0.08	0.087	4.06
0.30	0.43	0.12	0.136	3.40
0.35	0.54	0.17	0.205	2.98
$y_1 = 0.40$	$Y_1 = 0.67$	0.26	0.310	2.78

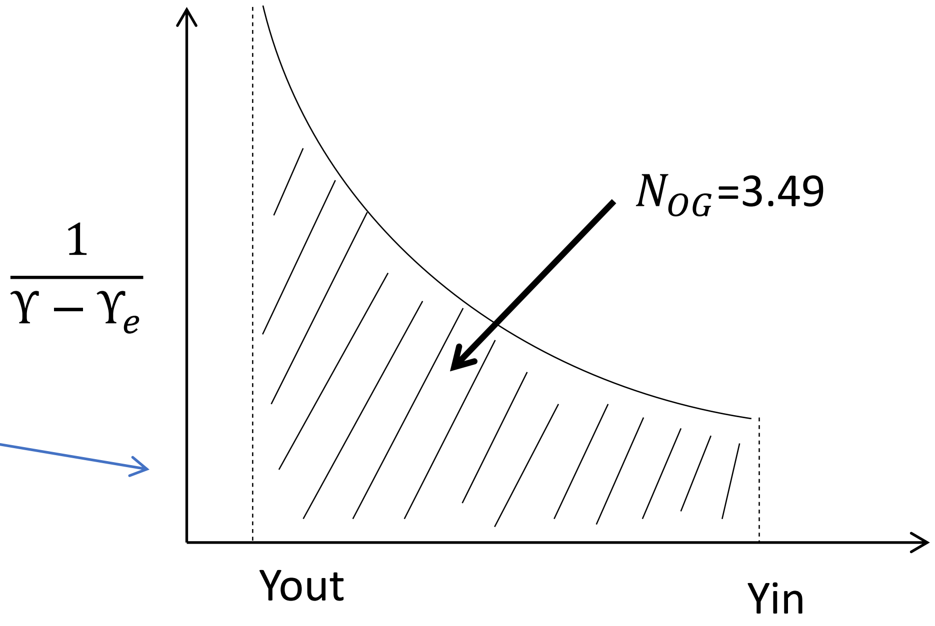
$$z = H_{OG}\int_{Y_2}^{Y_1}\frac{dY}{Y-Y_e} = H_{OG} * N_{OG}$$

$$G = G'/(1-y)$$

$$H_{OG} = \frac{G}{K_G a P} = \frac{G'}{K_G a P(1-y)_m} = 4.25m, \quad \text{με } (1-y)_m = \frac{(1-y_1)+(1-y_2)}{2} = 0.785$$

Για το N_{OG} :

$N_{OG} = \int_{Y_{out}}^{Y_{in}}\frac{dY}{Y-Y_e}$ και μπορεί να υπολογιστεί από το σχετικό διάγραμμα.



$$z = 4.25 * 3.49 \Rightarrow z = 14.84m, υψος\ πύργου$$

Παράδειγμα 3

Ακετόνη απορροφάται σε πύργο με πληρωτικά υλικά από 2.6 mol % σε 0.5 mol %.
Ο ογκομετρικός συντελεστής είναι $K_G\alpha = 0.406\ 10^{-2}$ kmol/ s m^3 atm, ο ρυθμός του αέρα είναι $G' = 3.85\ 10^{-3}$ kmol/ s m^2 και ο ρυθμός του νερού είναι $L' = 1.26\ 10^{-2}$ kmol/ s m^2. Το ύψος μεταφοράς μάζας είναι $H_{OG} = 0.5$ m και τα δεδομένα ισορροπίας για το σύστημα ακετόνη νερό στους 20^{o}C και 1 atm είναι:

p (mmHg) = 34.2

x = 0.03

όπου p η μερική πίεση της ακετόνης στον αέρα. Ζητείται το ύψος του πύργου, Z.

Υπόδειξη: Θεωρείστε ότι N_{OG} είναι συνάρτηση της λογαριθμικής τιμής των αγουσών δυνάμεων μεταφοράς μάζας στα άκρα του πύργου.

Δηλαδή, χρησιμοποιήστε την εξής έκφραση για το N_{OG}:

$$N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_e} = \frac{y_1 - y_2}{(y - y_e)_{ln}}$$

Πρόκειται για πυκνό μίγμα. Άρα έχουμε z=N_{OG}*H_{OG} (1)

Εμείς πρέπει να υπολογίσουμε το N_{OG} το οποίο μας δίνεται από τη σχέση

$$N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_e} = \frac{y_1 - y_2}{(y - y_e)_{ln}} \ (2),$$

έχουμε ότι όπου $(y - y_e)_{ln} = \frac{(y_1 - y_{e1}) - (y_2 - y_{e2})}{\ln(\frac{y_1 - y_{e1}}{y_2 - y_{e2}})}$

Από τα δεδομένα για ισορροπία έχουμε ότι $\frac{P_i^o}{P_{o\lambda}} = \frac{34.1}{760} \Rightarrow yi$ = 0.045

Και $\frac{y_e}{x_e} = \frac{yi}{0.03} \Rightarrow y_e = 1.5x_e$ (3)

$$\left.\begin{aligned} Y_2 &= \frac{y_e}{1-y_2} = 0.005 \\ Y_1 &= \frac{y_1}{1-y_1} = 0.0267 \\ x_2 &= 0 \end{aligned}\right\} G'(Y_1 - Y_2) = L'(X_1 - X_2) \Rightarrow X_1 = 6.63 * 10^{-3}$$

$$\mathrm{X}_1 = \frac{x_1}{1-\mathrm{x}1} \Rightarrow x_1 = 6.43 * 10^{-3}$$

Από την (3) έχουμε

Για x_1=6.43* 10^{-3}, y_{e1}=9.646* 10^{-3}

Και για x_2 = 0, y_{e2}=0

$$N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_e} = \frac{y_1 - y_2}{(y - y_e)_{ln}} \quad (2)$$

$$y_e = 1.5x_e \quad (3)$$

Οπότε από την (2): $N_{\mathrm{OG}} = 2.192$

Και από την (1) : z=$N_{\mathrm{OG}} * H_{OG} = 2.192 * 0.5 \Rightarrow z = 1.096m$

Παράδειγμα 4

Διαλύτης πρόκειται να ανακτηθεί από ένα μίγμα διαλύτη/αέρα, χρησιμοποιώντας νερό κατ’ αντιρροή σε πύργο με πληρωτικά υλικά, ο οποίος λειτουργεί σε πίεση 101.32 kPa και θερμοκρασία 300 K. Οι ατμοί του διαλύτη μπαίνουν στον πύργο με ρυθμό 360 kg/h και η συγκέντρωση τους στο αέριο μίγμα είναι 2% κατ’ όγκο. Απαιτείται η ανάκτηση 99.9% του διαλύτη. Για το πληρωτικό υλικό που χρησιμοποιείται, οι άριστοι ρυθμοί ροής του αερίου και του υγρού ρεύματος είναι 1.3 και 2.0 kg/s m^2, αντίστοιχα.

Ζητείται να υπολογιστεί το ύψος του πύργου.

Δεδομένα: $K_G a$ =0.0275 $L^{0.5}$, $K_G a$[=]kg/(sm^3kN/m^2) και L [=] kg/sm^2

p_e=205.23 x, με 0<x<0.03, pe[=] kN/m^2

ΜΒ διαλύτη: 70 Kg/kmol, ΜΒ αέρα: 29.7 Kg/kmol

Από τα δεδομένα έχουμε:
y_1=0.02, y_2=0.00002, x_2=0, $\mathrm{K_G}a$ =0.0275 $L^{0.5}$
L_2=L_1=L=2 kg/s-m^2 και G_2=G_1=G=1.3 kg/s-m^2

Για το ύψος: z=H_{OG}*N_{OG}

$$H_{OG} = \frac{G}{\mathrm{K_G}aP_{o\lambda}} = \frac{G}{0.0275L^{0.5}P} = 0.33\ m$$

Στην ισορροπία: $y_e = \frac{P_e}{P_{o\lambda}} \Rightarrow y_e = 2.026x$, αφού x2=0 και y=m*x

Ο αριθμός των μονάδων δίνεται $\mathrm{N}_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y-y_e} \Rightarrow\ N_{OG} = \frac{1}{(1-\frac{mG}{L})} \ln\left[\left(1-\frac{mG}{L}\right)\frac{y_1}{y_2} + \frac{mG}{L}\right]$ (2)

Διαιρώντας με τα κατάλληλα ΜΒ:

$$L = \frac{2}{18} = 0.111\ kmol/m^2\,s \quad G = \frac{1.3}{29.7} = 0.0438\ kmol/m^2\,s$$

Από την (2) έχουμε:

$$N_{\text{OG}} = \frac{1}{(1-\frac{2.026*0.0438}{0.111})} \ln\left[\left(1 - \frac{2.026-0.0438}{0.111}\right)\frac{0.02}{0.00002} + \frac{2.026*0.0438}{0.111}\right] = 26.403$$

Άρα Z = 26.4*0.33= 8.71 m