



ΜΠ 322: ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΜΑΖΑΣ

Ασκήσεις # 2

Αφροδίτη Παπαδοπούλου
Δρ. Χημικός Μηχανικός
afpapadopoulou@isc.tuc.gr

ΜΠ 322: Μεταφορά Θερμότητας και Μάζας



Ασκηση 2.1

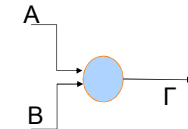
Δύο ρεύματα λυμάτων Α και Β αναμιγνύονται και προκύπτει το ρεύμα Γ. Αν η παροχή του Α είναι 1000 L/s και το BOD στο ρεύμα Α είναι 400 mg/L και το BOD του Β είναι 200 mg/L ποια θα πρέπει να είναι η ελάχιστη παροχή του Β ώστε το BOD του ρεύματος Γ να μην ξεπεράσει τα 320 mg/L?

❖ Δεδομένα

- $Q_A = 1000 \text{ L/s}$
- $C_A = 400 \text{ mg/L}$
- $C_B = 200 \text{ mg/L}$
- $C_T = 320 \text{ mg/L}$

❖ Ζητούμενα

- $Q_B = ?$



ΜΠ 322: Μεταφορά Θερμότητας και Μάζας

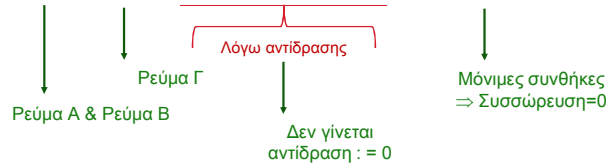


Ασκηση 2.1

Παραδοχή: Μόνιμες συνθήκες

Μακροσκοπικό ισοζύγιο μάζας:

Εισροές – Εκροές + Παραγωγή – Κατανάλωση = Συσσώρευση



Εισροές – Εκροές = 0

Ολικό ισοζύγιο μάζας: $Q_A + Q_B = Q_T$

$Q_A C_A + Q_B C_B = (Q_A + Q_B) C_T$

Μερικό ισοζύγιο μάζας: $Q_A C_A + Q_B C_B = Q_T C_T$

ΜΠ 322: Μεταφορά Θερμότητας και Μάζας



Ασκηση 2.1

$$Q_A C_A + Q_B C_B = (Q_A + Q_B) C_T$$

$$Q_B C_B - Q_B C_T = Q_A C_T - Q_A C_A$$

$$Q_B (C_B - C_T) = Q_A (C_T - C_A)$$

$$Q_B (C_B - C_T) = Q_A (C_T - C_A)$$

- $Q_A = 1000 \text{ L/s}$
- $C_A = 400 \text{ mg/L}$
- $C_B = 200 \text{ mg/L}$
- $C_T = 320 \text{ mg/L}$

$$Q_B = 1000 \frac{\text{L}}{\text{s}} \frac{320 - 400}{200 - 320} \Rightarrow Q_B = 1666 \text{ L/s}$$

- $Q_B \approx 1700 \text{ L/s}$

- $F = ?$ [g/s]
- $x_{B,F}, x_{B,V}, x_{B,L}$
- $V = ?$, $L = ?$ [g/s]

Δίνονται: • $x_{A,F}=0.7$ • $x_{A,V}=0.9$ • $n_{B,L}=80\%n_{B,F}$ [mol/s]

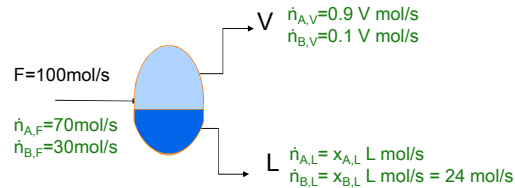
- $F = ?$ [g/s]

- $F = 6500 \text{ g/s}$

Και αντίστοιχα : $\dot{n}_{B,L} = 80\% \dot{n}_{B,F} [\text{mol/s}] \Rightarrow \dot{n}_{B,L} = 0.8 \cdot 30 \text{ mol/s} \Rightarrow \dot{n}_{B,L} = 24 \text{ mol/s}$

ΜΠ 322: Μεταφορά Θερμότητας και Μάζας

Άσκηση 2.2



Μερικό ισοζύγιο του B: $\dot{n}_{B,F} = \dot{n}_{B,V} + \dot{n}_{B,L} \Rightarrow \dot{n}_{B,V} = \dot{n}_{B,F} - \dot{n}_{B,L} = 30 - 24 \Rightarrow \dot{n}_{B,V} = 6 \text{ mol/s}$

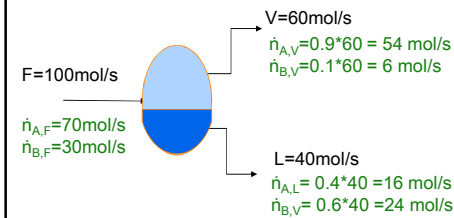
Όμως: $\dot{n}_{B,V} = 0.1 \text{ mol/s}$ Άρα: $V = 6/0.1 \text{ mol/s} : V = 60 \text{ mol/s}$

Ολικό ισοζύγιο: $F = V + L \Rightarrow L = F - V = 100 - 60 \Rightarrow L = 40 \text{ mol/s}$

Άρα: $x_{B,L} = \frac{\dot{n}_{B,L}}{L} = \frac{24}{40} \Rightarrow x_{B,L} = 0.6$ $x_{A,L} = 1 - x_{B,L} = 0.4$

ΜΠ 322: Μεταφορά Θερμότητας και Μάζας

Άσκηση 2.2



❖ Ζητούμενα

- $V=?$, $L=?$ [g/s]

$$\dot{m}_{A,V} = \frac{54 \text{ mol}}{\text{s}} \cdot \frac{50 \text{ g}}{\text{mol}} = 2700 \text{ g/s}$$

$$\dot{m}_{B,V} = \frac{6 \text{ mol}}{\text{s}} \cdot \frac{100 \text{ g}}{\text{mol}} = 600 \text{ g/s}$$

$$\dot{m}_{A,L} = \frac{16 \text{ mol}}{\text{s}} \cdot \frac{50 \text{ g}}{\text{mol}} = 800 \text{ g/s}$$

$$\dot{m}_{B,L} = \frac{24 \text{ mol}}{\text{s}} \cdot \frac{100 \text{ g}}{\text{mol}} = 2400 \text{ g/s}$$

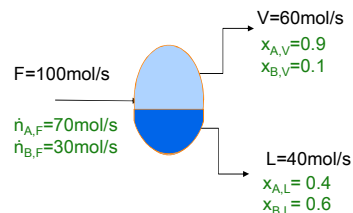
$$\bullet V = 3300 \text{ g/s}$$

$$\bullet L = 3200 \text{ g/s}$$

✓ Έλεγχος $F=V+L = 3300+3200=6500 \text{ g/s}$

ΜΠ 322: Μεταφορά Θερμότητας και Μάζας

Άσκηση 2.2



❖ Ζητούμενα

- $V=?$, $L=?$ [g/s]
- Εναλλακτικά

$$MB_{AB,V} = MB_A \cdot x_{A,V} + MB_B \cdot x_{B,V} = 50 \cdot 0.9 + 100 \cdot 0.1 = 55 \text{ g/mol}$$

$$V [\text{g/s}] = MB_{AB,V} \cdot V [\text{mol/s}] = 55 \text{ g/mol} \cdot 60 \Rightarrow V = 3300 \text{ g/s}$$

$$MB_{AB,L} = MB_A \cdot x_{A,L} + MB_B \cdot x_{B,L} = 50 \cdot 0.4 + 100 \cdot 0.6 = 80 \text{ g/mol}$$

$$L [\text{g/s}] = MB_{AB,L} \cdot L [\text{mol/s}] = 80 \text{ g/mol} \cdot 40 \Rightarrow L = 3200 \text{ g/s}$$

✓ Έλεγχος $F=V+L = 3300+3200=6500 \text{ g/s}$

ΜΠ 322: Μεταφορά Θερμότητας και Μάζας

Άσκηση 2.3

Εξετάζετε μια δεξαμενή όγκου 500 m^3 και διατομής 10 m^2 . Σε χρόνο $t \leq 0$, η στάθμη του νερού στη δεξαμενή είναι 0.5 m . Στη συνέχεια εισέρχεται νερό με σταθερή παροχή $V = 20 \text{ L/min}$ ενώ παράλληλα εξέρχεται με μεταβαλλόμενη ογκομετρική παροχή $V = 5 + 0.1e^{t/10} \text{ L/min}$. Να υπολογίσετε τη στάθμη του νερού στη δεξαμενή μετά από $t=60 \text{ min}$. Η πυκνότητα του νερού να θεωρηθεί σταθερή και ίση 1000 kg/m^3 .

❖ Δεδομένα

- $V = 500 \text{ m}^3$, $S = 10 \text{ m}^2$
- $t \leq 0$, $h_0 = 0.5 \text{ m}$
- $V_{in} = 20 \text{ L/min}$
- $V_{out} = 5 + 0.1e^{t/10} \text{ L/min}$
- $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

❖ Ζητούμενο

- $h(60 \text{ min}) = ?$

ΜΠ 322: Μεταφορά Θερμότητας και Μάζας

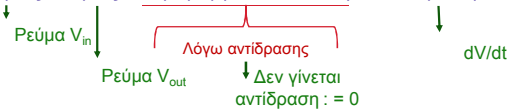


Άσκηση 2.3

Παραδοχή: ~~Μόνιμες συνθήκες~~ Σταθερή πυκνότητα $m = \rho V$

Μακροσκοπικό ισοζύγιο μάζας: Ισοζύγιο μάζας = Ισοζύγιο όγκου
($dm = \rho dV = \rho dV$)

Εισροές – Εκροές + Παραγωγή – Κατανάλωση = Συσσώρευση



Ολικό ισοζύγιο: $V_{in} - V_{out} = \frac{dV}{dt}$ $V = S h \Rightarrow dV = d(S h) \Rightarrow dV = S dh$

$$20 \frac{L}{min} - (5 + 0.1e^{V/10}) \frac{L}{min} = 10m^2 \frac{dh}{dt} \quad \Delta E \text{ χωρισμένων μεταβλητών}$$

Προσοχή στις μονάδες: $L \rightarrow m^3$

$$20 \frac{L}{min} \left| \frac{m^3}{1000L} \right| - (5 + 0.1e^{V/10}) \frac{L}{min} \left| \frac{m^3}{1000L} \right| = 10m^2 \frac{dh}{dt}$$

ΜΠ 322: Μεταφορά Θερμότητας και Μάζας



Άσκηση 2.3

$$20 \frac{m^3}{min} - (5 + 0.1e^{V/10}) \frac{m^3}{min} = 10000 m^2 \frac{dh}{dt} \Rightarrow$$

$$[20 - (5 + 0.1e^{V/10})] dt = 10000 dh$$

$$\int_0^{60} [20 - (5 + 0.1e^{V/10})] dt = 10000 \int_{0.5}^h dh$$

$$\int_0^{60} [20 - (5 + 0.1e^{V/10})] dt = 10000 \int_{0.5}^h dh$$

$$20t - (5t + 0.1 \cdot 10e^{V/10}) \Big|_0^{60} = 10000h \Big|_{0.5}^h$$

$$20 \cdot (60 - 0) - 5 \cdot (60 - 0) - (e^6 - e^0) = 10000(h - 0.5) \quad \bullet \quad h = 0.55 m$$

