



Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Χημική και Περιβαλλοντική Τεχνολογία

Διάλεξη 3^η: Ισοζύγια Μάζας (Με & Χωρίς Χημική Αντίδραση)

Νικόλαος Γ. Σαββάκης

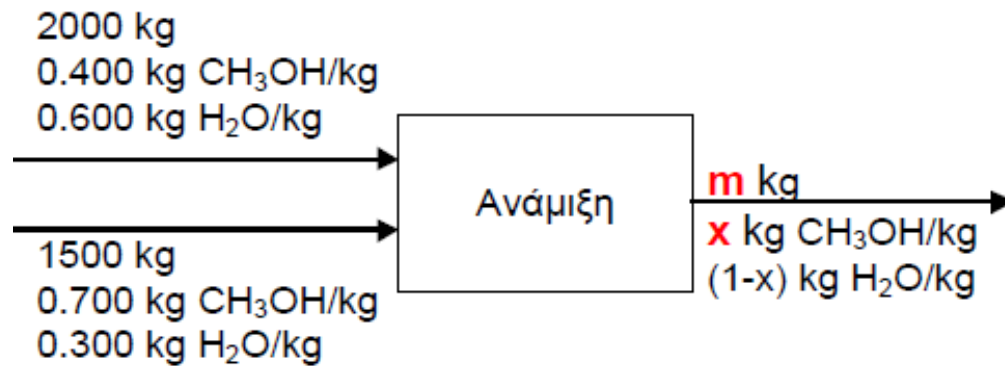
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

ΕΛΜΕΠΑ

Ακαδημαϊκό Έτος 2024-2025

Ισοζύγια Μάζας - Ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 4: Διατίθενται 2 μίγματα μεθανόλης-νερού σε ξεχωριστές δεξαμενές. Η πρώτη περιέχει 40.0% w/w σε μεθανόλη και η δεύτερη 70.0% w/w. 2000 kg από την πρώτη δεξαμενή αναμιγνύονται με 1500 kg από τη δεύτερη δεξαμενή. Σχεδιάστε το διάγραμμα ροής της διεργασίας. Υπολογίστε τη μάζα και τη σύσταση εξόδου – προϊόντος

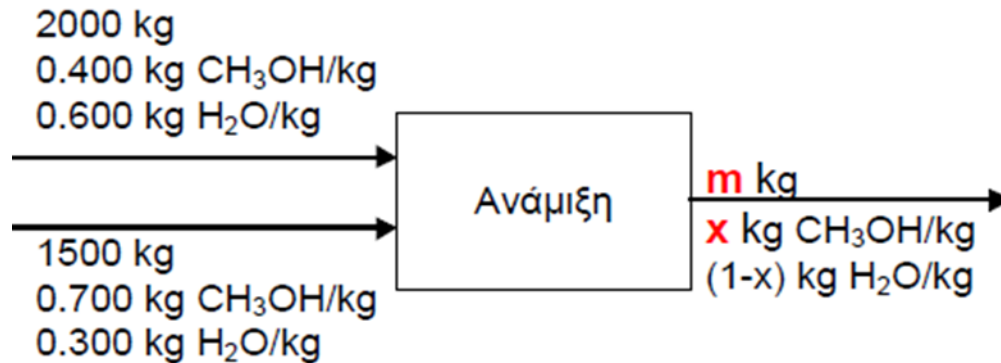


▪ **ΟΛΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ :** $2000 \text{ kg} + 1500 \text{ kg} = m \rightarrow m = 3500 \text{ kg}$ (1)

▪ **ΙΣΟΖΥΓΙΟ CH₃OH:** $2000 \text{ kg} * \frac{0,400 \text{ kg CH}_3\text{OH}}{1 \text{ kg}} + 1500 \text{ kg} * \frac{0,700 \text{ kg CH}_3\text{OH}}{1 \text{ kg}} =$

$3500 \text{ kg} * \frac{x \text{ kg CH}_3\text{OH}}{1 \text{ kg}} \Rightarrow 3500 * x = 1850 \Rightarrow x = 0,529 \frac{\text{kg CH}_3\text{OH}}{\text{kg}}$ (2)

Ισοζύγια Μάζας - Ασκήσεις



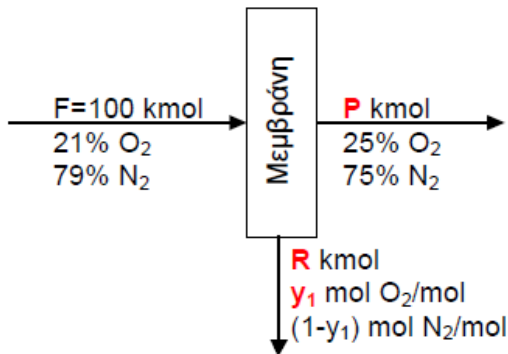
■ **ΕΛΕΓΧΟΣ - ΙΣΟΖΥΓΙΟ H₂O:** $2000 \text{ kg} * \frac{0,600 \text{ kg H}_2\text{O}}{1 \text{ kg}} + 1500 \text{ kg} * \frac{0,300 \text{ kg H}_2\text{O}}{1 \text{ kg}} =$

$$3500 \text{ kg} * (1 - 0,529) \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg}} \quad (2)$$

Ισοζύγια Μάζας - Ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 5: Με την τεχνολογία των μεμβρανών μπορούμε να εμπλουτίσουμε σε O_2 τον αέρα. Ο ατμοσφαιρικός αέρας εισέρχεται στη μεμβράνη με μοριακή σύνθεση 21% O_2 και 79% N_2 ενώ εξέρχεται με 25% O_2 και 75% N_2 . Υπάρχει κι ένα ρεύμα απόρριψης (πλούσιο σε N_2) το οποίο αποτελεί το 80% της τροφοδοσίας. Ποια είναι η σύσταση του;

Βάση: $F=100$ Kmol



Από την εκφώνηση: $R = 80\% F = 0,8 * F \Rightarrow \underline{R=80 \text{ kmol}}$

Ισοζύγιο O_2 : $0,21 * F = 0,25 * P + y_1 * 0,8$ (1)

Συνολικό Ισοζύγιο: $100 \text{ kmol} = P + R \Rightarrow \underline{P=20 \text{ kmol}}$

Από την (1): $0,21 * 100 \text{ kmol} = 0,25 * 20 \text{ kmol} + y_1 * 0,8 \Rightarrow$

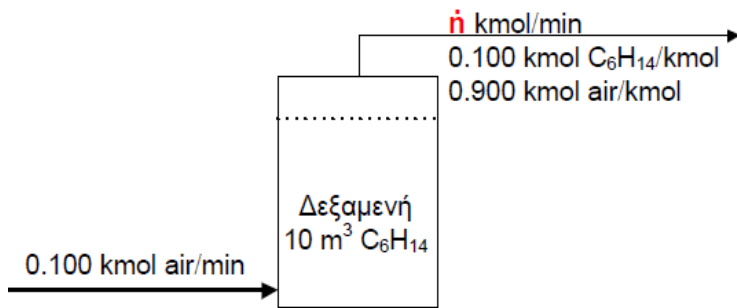
$\underline{y_1=0,2 \text{ mol } O_2/\text{mol}}$

ΕΛΕΓΧΟΣ - ΙΣΟΖΥΓΙΟ N_2 : $0,79 * 100 \text{ kmol} = 0,75 * 20 \text{ kmol} + (1 - y_1) * 80 \text{ kmol} \Rightarrow \underline{79=79}$

→ Ισχύει ✓

Ισοζύγια Μάζας - Ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 6: Αέρας εισέρχεται με παροχή 0.100 kmol/min σε δοχείο που περιέχει εξάνιο (C_6H_{14}). Το αέριο ρεύμα εξόδου περιέχει 10.0% mole ατμών εξανίου και θεωρείται ότι ο αέρας είναι αδιάλυτος στο εξάνιο ($\rho_{C_6H_{14}}=0.659$ kg/L, $MB_{C_6H_{14}}=86.2$). Υπολογίστε το χρόνο (t) που απαιτείται για την εξάτμιση 10.0 m^3 υγρού εξανίου.



- **Ισοζύγιο Αέρα:**

$$\frac{0,100\text{ kmol air}}{1\text{ min}} = \dot{n} * \frac{0,900\text{ kmol air}}{1\text{ kmol}} \Rightarrow \dot{n} = 0,111 \frac{\text{kmol μγμ.}}{\text{min}}$$

- $\dot{n}_{C_6H_{14}} = \dot{n} * 0,100 \frac{\text{kmol } C_6H_{14}}{\text{kmol μγμ.}} = 0,111 \frac{\text{kmol μγμ.}}{\text{min}} * 0,100 \frac{\text{kmol } C_6H_{14}}{\text{kmol μγμ.}} \Rightarrow \dot{n}_{C_6H_{14}} = 0,0111 \frac{\text{kmol}}{\text{min}}$

- $\dot{v}_{C_6H_{14}} = 0,0111 \frac{\text{kmol}}{\text{min}} * \frac{86,2\text{ kg}}{\text{kmol}} * \frac{L}{0,659\text{ kg}} * \frac{1\text{ m}^3}{1000\text{ L}} = 1,452 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$

- $t = \frac{V}{\dot{v}} = \frac{10\text{ m}^3}{1,452 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{min}}} = 6887\text{ min}$

Ισοζύγια Μάζας - Ασκήσεις

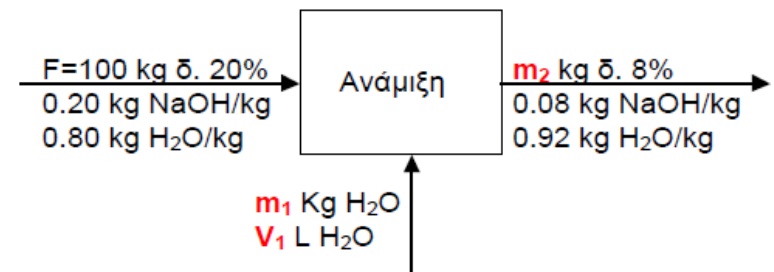
ΑΣΚΗΣΗ 7: Υδατικό διάλυμα NaOH 20.0% κ.β. χρησιμοποιείται για την παρασκευή διαλύματος NaOH 8.0% κ.β. με αραίωση του πυκνού διαλύματος με καθαρό νερό. Υπολογίστε τους λόγους L H₂O/kg τροφοδοσίας και kg προϊόντος/kg τροφοδοσίας. Βάση υπολογισμού 100 kg τροφοδοσία.

- **Άγνωστοι:** m_2, m_1, L (3)
- **Ανεξάρτητες εξισώσεις** (μίγμα 2 συστατικών): 2 (2 ισοζύγια μάζας, επιλογή από NaOH, H₂O, Συνολικό)
- **3-2=1** μας λείπει 1 εξίσωση για να υπάρχει 1 μόνο λύση
- Η εξίσωση αυτή είναι $\rho = m_1/V_1$ (φυσικές ιδιότητες και νόμοι)

- **Ισοζύγιο NaOH:** $100 \text{ kg } \delta. * 0,2 \frac{\text{kg NaOH}}{1 \text{ kg}} = m_2 * 0,080 \frac{\text{kg NaOH}}{1 \text{ kg}} \Rightarrow m_2 = 250 \text{ kg } \delta. \rightarrow \frac{250 \text{ kg προϊόντος}}{100 \text{ kg τροφοδοσίας}} = 2,5 \frac{\text{kg προϊόντος}}{\text{kg τροφοδοσίας}}$

- **Συνολικό Ισοζύγιο:** $100 \text{ kg } \delta. + m_1 = 250 \text{ kg } \delta. \Rightarrow m_1 = 150 \text{ kg } \delta.$

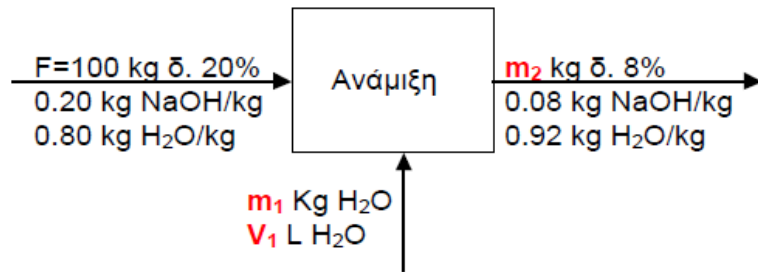
Βάση: 100 kg δ. NaOH 20% w/w



Παρατήρηση: θα μπορούσε το V_1 να μην είχε μπει στο διάγραμμα ροής

Ισοζύγια Μάζας - Ασκήσεις

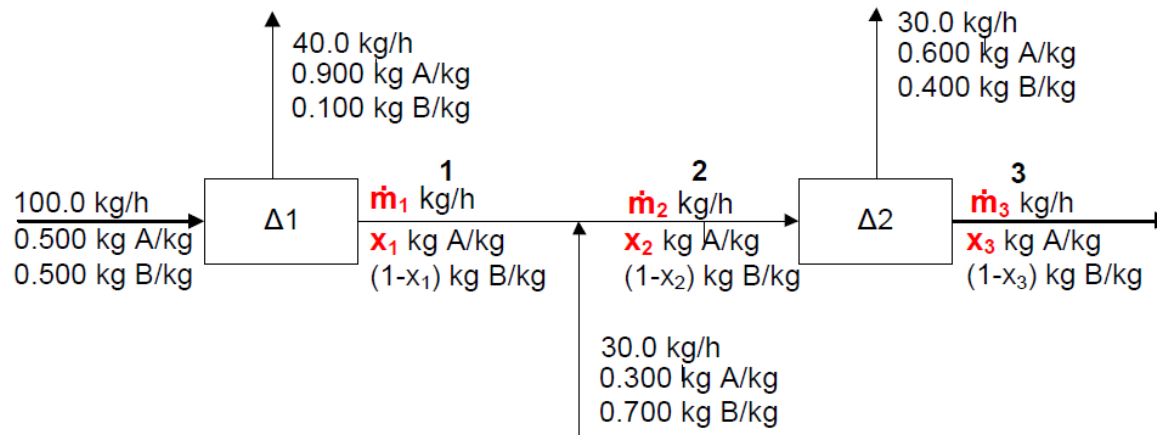
Βάση: 100 kg δ. NaOH 20% w/w



- $$V_1 = \frac{m_1}{\rho} = \frac{150 \text{ kg}}{1 \text{ kg/L}} = 150 \text{ L}, \text{ \acute{\alpha}\rho\alpha}$$
$$\frac{L_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{kg τροφοδ.}} = \frac{150 \text{ L}}{100} = 1,5 \frac{L_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{kg τροφοδ.}}$$

Ισοζύγια Μάζας - Ασκήσεις

- Να υπολογισθούν οι μαζικές ροές στα ρεύματα 1, 2 και 3 καθώς και οι συστάσεις του



- Διεργασία Δ1:

Συνολικό Ισοζύγιο : $100 \text{ kg/h} = 40 \text{ kg/h} + \dot{m}_1$ (1)

Ισοζύγιο A: $100 \text{ kg/h} \cdot 0,500 \text{ kg A/kg} = 40 \text{ kg/h} \cdot 0,900 \text{ kg A/kg} + \dot{m}_1 \cdot x_1$ (2)

} \Rightarrow $\dot{m}_1 = 60 \text{ kg/h}$
 $x_1 = 0,233 \text{ kg A/ kg}$

- Σημείο Ανάμιξης:

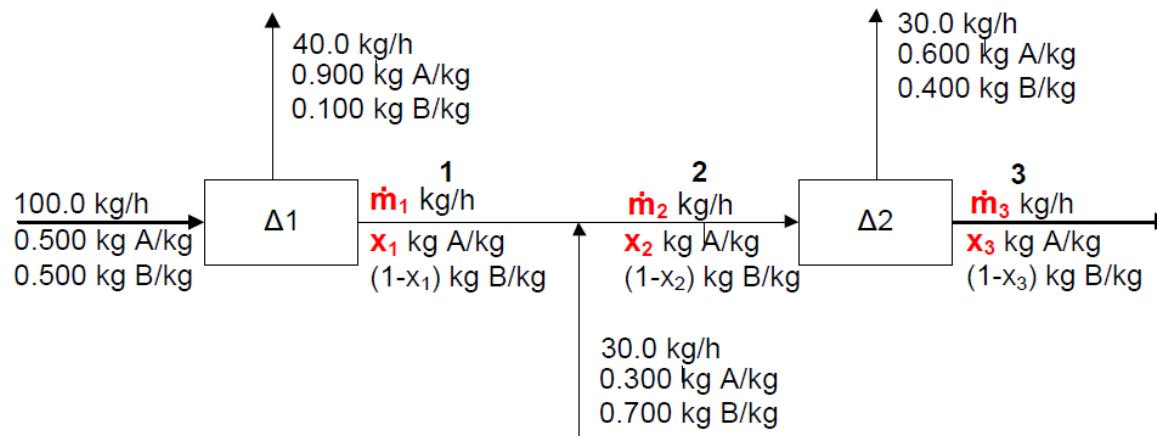
Συνολικό Ισοζύγιο : $\dot{m}_1 + 30 \text{ kg/h} = \dot{m}_2$ (3)

Ισοζύγιο A: $\dot{m}_1 \cdot x_1 + 30 \text{ kg/h} \cdot 0,300 \text{ kg A/kg} = \dot{m}_2 \cdot x_2$ (4)

} \Rightarrow $\dot{m}_1 = 90 \text{ kg/h}$
 $x_1 = 0,255 \text{ kg A/ kg}$

Ισοζύγια Μάζας - Ασκήσεις

- Να υπολογισθούν οι μαζικές ροές στα ρεύματα 1, 2 και 3 καθώς και οι συστάσεις του



- Διεργασία Δ2:

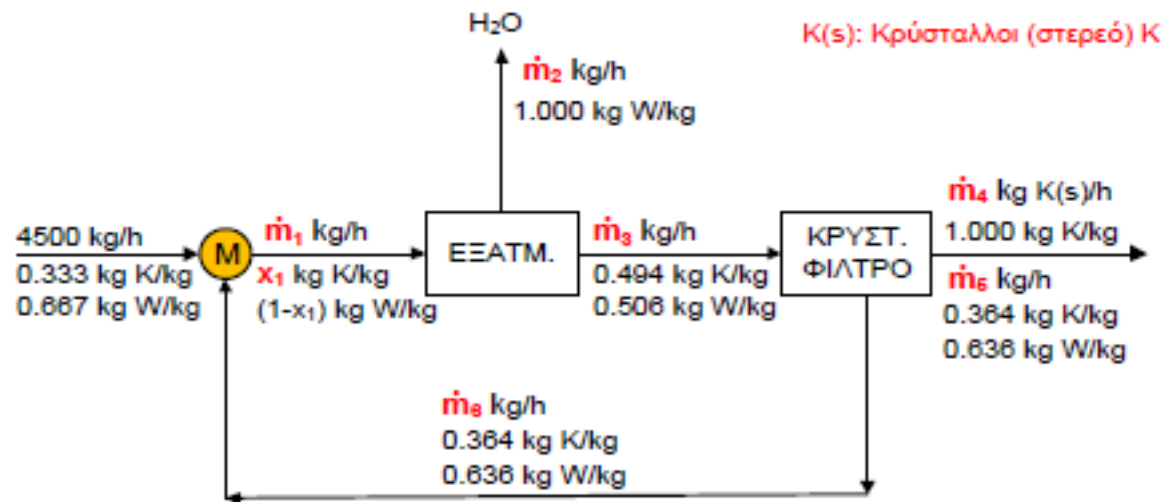
Συνολικό Ισοζύγιο : $\dot{m}_2 = \dot{m}_3 + 30 \text{ kg/h}$ (5)

Ισοζύγιο A: $\dot{m}_2 \cdot x_2 = \dot{m}_3 \cdot x_3 + 30 \text{ kg/h} \cdot 0,600 \text{ kg A/kg}$ (6)

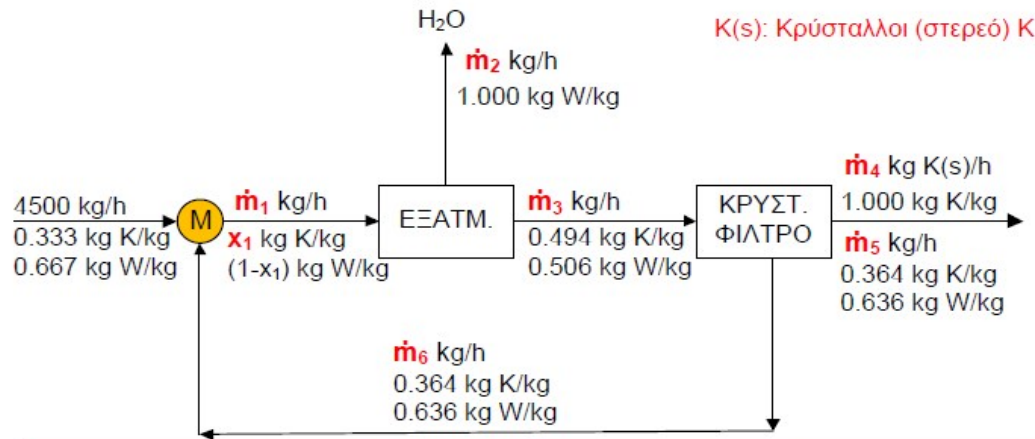
$$\left. \begin{array}{l} \text{(5)} \\ \text{(6)} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \dot{m}_3 = 60 \text{ kg/h} \\ x_3 = 0,083 \text{ kg A/ kg} \end{array}$$

Ισοζύγια Μάζας – Ασκήσεις (Ανακύκλωση)

- Θέλουμε να ανακτήσουμε στερεό K_2CrO_4 από υδατικό του διάλυμα περιεκτικότητας 33.3% σε K_2CrO_4 . Το διάλυμα αυτό ρέει με ρυθμό 4500 kg/h (φρέσκια τροφοδοσία) και ενώνεται με ρεύμα ανακύκλωσης που είναι διάλυμα 36.4% σε K_2CrO_4 . Το προκύπτουν ρεύμα εισέρχεται σε εξατμιστήρα. Το πυκνό διάλυμα που εξέρχεται από τον εξατμιστήρα περιέχει 49.4% K_2CrO_4 . Το διάλυμα αυτό ψύχεται στη συνέχεια σε ένα κρυσταλλωτήρα και φιλτράρεται. Το ίζημα που παρακρατείται στο φίλτρο αποτελείται κατά 95% από κρυστάλλους (στερεό) K_2CrO_4 και το υπόλοιπο (5%) από διάλυμα 36.4% σε K_2CrO_4 . Το διάλυμα που περνάει από το φίλτρο περιέχει επίσης διάλυμα 36.4% σε K_2CrO_4 και ανακυκλώνεται.



Ισοζύγια Μάζας - Ασκήσεις



ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ:

Το ίζημα που παρακρατείται στο φίλτρο αποτελείται κατά 95% από κρυστάλλους (στερεό) K_2CrO_4 και το υπόλοιπο (5%) από διάλυμα 36.4% σε K_2CrO_4 .

Πρόσθετη εξίσωση:
 $\dot{m}_4 = 0.95 * (\dot{m}_4 + \dot{m}_5)$

Συνολικό σύστημα | Πρόσθετη εξίσωση : $\dot{m}_4 = 0.95 * (\dot{m}_4 + \dot{m}_5)$ (1)
 Συνολικό ισοζύγιο : $4500 = \dot{m}_2 + \dot{m}_4 + \dot{m}_5$ (2)
 Ισοζύγιο K : $4500 * 0.333 = \dot{m}_2 * 0 + \dot{m}_4 * 1.000 + \dot{m}_5 * 0.364$ (3)

από την (1) και (3) προκύπτουν τα \dot{m}_4 και \dot{m}_5 και από την (2) το \dot{m}_2

$\dot{m}_2 = 2953 \text{ kg/h}$, $\dot{m}_4 = 1470 \text{ kg/h}$ και $\dot{m}_5 = 78 \text{ kg/h}$

Κρυστάλλ. φίλτρο | Συνολικό ισοζύγιο : $\dot{m}_3 = \dot{m}_4 + \dot{m}_5 + \dot{m}_6$ (4)
 Ισοζύγιο W : $\dot{m}_3 * 0.506 = \dot{m}_4 * 0 + \dot{m}_5 * 0.636 + \dot{m}_6 * 0.636$ (5)

$\dot{m}_3 = 7192 \text{ kg/h}$, $\dot{m}_6 = 5644 \text{ kg/h}$

Εξάτμοσηρας | Συνολικό ισοζύγιο : $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3$ (6) $\rightarrow \dot{m}_1 = 10145 \text{ kg/h}$
 Ισοζύγιο K : $\dot{m}_1 * x_1 = \dot{m}_2 * 0 + \dot{m}_3 * 0.494$ (7) $\rightarrow x_1 = 0.350 \text{ kg K/kg}$

Ισοζύγια Μάζας (με Χημική αντίδραση)

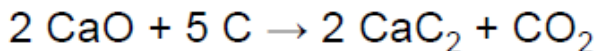
ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑ

- Από τη χημική αντίδραση προκύπτουν ποιοτικές και ποσοτικές πληροφορίες



- Η στοιχειομετρία (1, 11, 7, 8) ασχολείται με τις ποσότητες των στοιχείων ή των ενώσεων που αντιδρούν.
- Οι ποσοτικές πληροφορίες αναφέρονται σε **mol** και **όχι g**.
- Μετατρέπουμε τη μάζα σε mol και εφαρμόζουμε τη στοιχειομετρία

Το καρβίδιο του ασβεστίου (CaC_2) παρασκευάζεται κατά τη θέρμανση οξειδίου του ασβεστίου (CaO) και άνθρακα (C) σε υψηλή θερμοκρασία.



Διατίθενται 1150 kg CaO . Πόσα kg C απαιτούνται για την πλήρη αντίδραση του CaO και πόσα kg CaC_2 θα παραχθούν;

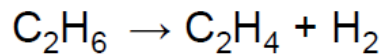
MB: CaO 56, CaC_2 64

616.1 kg C, 1314 kg CaC_2

Ισοζύγια Μάζας (με Χημική αντίδραση)

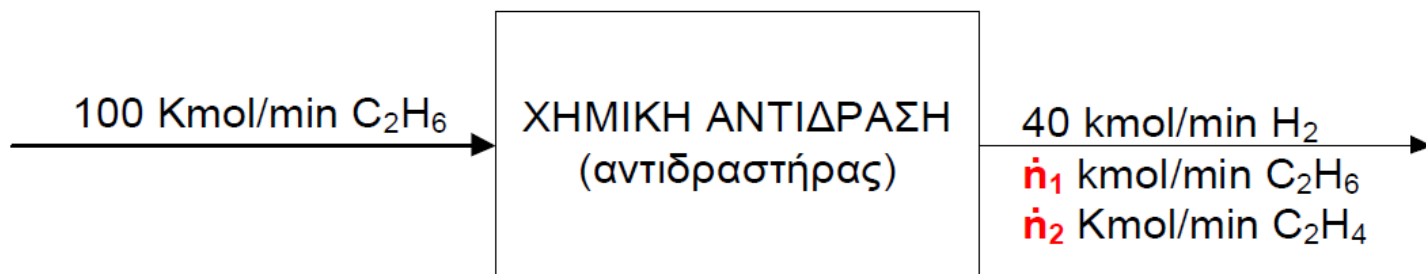
ΑΣΚΗΣΗ

100 kmol/min αιθάνιο εισάγεται σε αντιδραστήρα αφυδρογόνωσης με στόχο την παραγωγή αιθυλενίου.

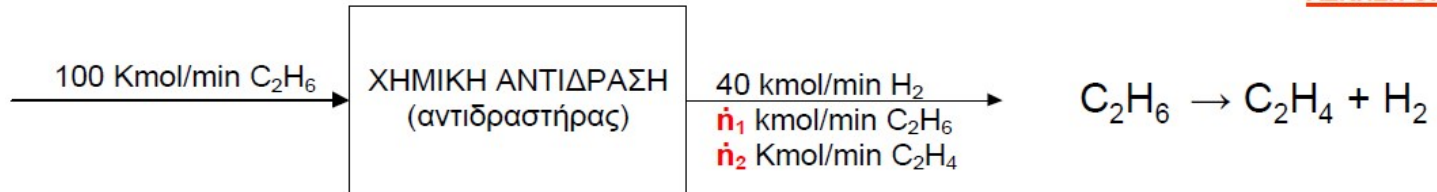


Η ροή H_2 στην έξοδο είναι 40 kmol/min.

Καθορίστε τους βαθμούς ελευθερίας και επιλύστε το σχετικό διάγραμμα ροής: α) με ατομικά ισοζύγια, β) με χρήση της έκτασης της αντίδρασης και γ) με μοριακά ισοζύγια



Ισοζύγια Μάζας (με Χημική αντίδραση)



Ατομική (στοιχειακή) βάση

Υπολογισμός βαθμών ελευθερίας

- | | |
|---|--------------------------------|
| + Άγνωστες μεταβλητές | + 2 (\dot{n}_1, \dot{n}_2) |
| - Ατομικά ισοζύγια μάζας (αντιδρώντων συστατικών) | - 2 (C, H) |
| - Ισοζύγια μη αντιδρώντων (αδρανών) συστατικών | - 0 |
| - Άλλες εξισώσεις | - 0 |

Βαθμοί ελευθερίας +2-2-0-0=0

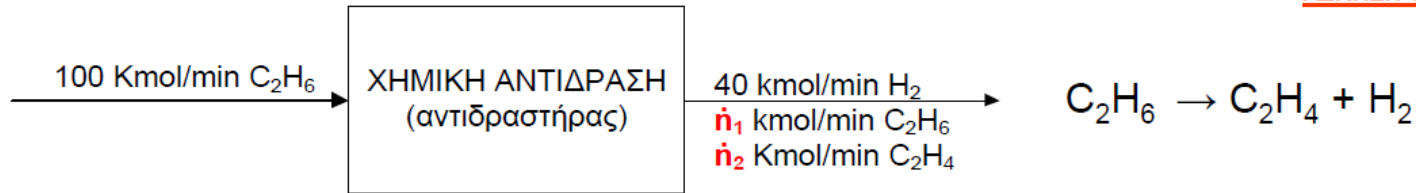
ΑΤΟΜΙΚΑ ΙΣΟΖΥΓΙΑ : Γενικός κανόνας : Είσοδος = Εξοδος

$$\begin{aligned}
 \text{C} : C_{IN} &= C_{out} \Rightarrow 100 \text{ kmol C}_2\text{H}_6 + \frac{2 \text{ kmol C}}{\text{kmol C}_2\text{H}_6} = (\dot{n}_1 * 2 + \dot{n}_2 * 2) \text{ kmol C} \\
 &\Rightarrow 200 = 2\dot{n}_1 + 2\dot{n}_2 \quad (1) \\
 \text{H} : H_{IN} &= H_{out} \Rightarrow 100 * 6 = 40 * 2 + \dot{n}_1 * 6 + \dot{n}_2 * 4 \\
 &\Rightarrow 520 = 6\dot{n}_1 + 4\dot{n}_2 \quad (2) \\
 \text{Από (1) και (2)} &\Rightarrow \begin{cases} \dot{n}_1 = 60 \frac{\text{kmol C}_2\text{H}_6}{\text{min}} \\ \dot{n}_2 = 40 \frac{\text{kmol C}_2\text{H}_4}{\text{min}} \end{cases}
 \end{aligned}$$

ΒΑΣΗ 1 min
 ΒΑΣΗ H

Ισοζύγια Μάζας (με Χημική αντίδραση)

ΑΣΚΗΣΗ σ. 95



Μοριακή βάση

Υπολογισμός βαθμών ελευθερίας

- + Άγνωστες μεταβλητές + 2 (\dot{n}_1, \dot{n}_2)
- + Χημικές αντιδράσεις (ανεξάρτητες) + 1
- Μοριακά ισοζύγια μάζας (αριθμός διαφορετικών μορίων) - 3 ($\text{C}_2\text{H}_6, \text{C}_2\text{H}_4, \text{H}_2$)
- Άλλες εξισώσεις - 0

Βαθμοί ελευθερίας +2+1-3-0=0

ΜΟΡΙΑΚΑ ΙΣΟΖΥΓΙΑ : ΓΕΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΑΣ : Είσοδος + παραγωγή - εμροή - κατανάλωση = 0
 (ή χημικών ενώσεων)

H_2 : $\overset{\text{ΕΙΣ}}{\underset{0}{\parallel}} + \overset{\text{ΠΑΡ}}{\underset{40}{\parallel}} - \overset{\text{ΕΚ}}{\underset{0}{\parallel}} - \overset{\text{ΚΑΤ}}{\underset{0}{\parallel}} = 0 \Rightarrow \text{H}_{2,\text{ΠΑΡ}} = 40 \text{ kmol/min} \quad (1)$

C_2H_6 : $\overset{\text{ΕΙΣ}}{\underset{100}{\parallel}} + \overset{\text{ΠΑΡ}}{\underset{0}{\parallel}} - \overset{\text{ΕΚ}}{\underset{\dot{n}_1}{\parallel}} - \overset{\text{ΚΑΤ}}{\underset{0}{\parallel}} = 0 \Rightarrow 100 - \dot{n}_1 - 40 = 0 \quad (2)$
 $\text{H}_{2,\text{ΠΑΡ}} \cdot \left(\frac{1 \text{ kmol C}_2\text{H}_6}{1 \text{ kmol H}_2} \right) = 40$

C_2H_4 : $\overset{\text{ΕΙΣ}}{\underset{0}{\parallel}} + \overset{\text{ΠΑΡ}}{\underset{\dot{n}_2}{\parallel}} - \overset{\text{ΕΚ}}{\underset{0}{\parallel}} - \overset{\text{ΚΑΤ}}{\underset{0}{\parallel}} = 0 \Rightarrow 40 - \dot{n}_2 = 0 \quad (3)$
 $\text{H}_{2,\text{ΠΑΡ}} = 40$

$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} \text{H}_{2,\text{ΠΑΡ}} = 40 \text{ kmol/min} \\ \dot{n}_1 = 60 \text{ kmol/min} \\ \dot{n}_2 = 40 \text{ kmol/min} \end{array} \right\}$

ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ – ΑΠΟΔΟΣΗ - ΕΚΛΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

- **Βαθμός μετατροπής** είναι το κλάσμα της τροφοδοσίας (ή ενός υλικού της τροφοδοσίας) που μετατρέπεται σε προϊόντα.

$$f = \frac{mol_{reacted}}{mol_{fed}}$$

Όταν ο βαθμός μετατροπής αναφέρεται σε περιοριστικό αντιδρών, τότε ορίζεται ως **βαθμός μετατροπής της αντίδρασης**.

- **Απόδοση:** Υπάρχουν πολλοί ορισμοί.

Ο λόγος των moles (ή της μάζας) του επιθυμητού τελικού προϊόντος προς τα moles (ή τη μάζα) του βασικού αντιδρώντος (**έχει τη μεγαλύτερη εφαρμογή**).

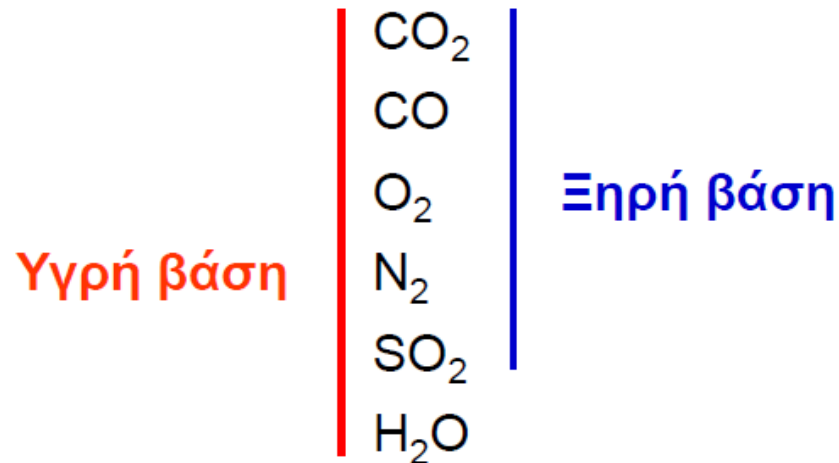
Ο λόγος των moles (ή της μάζας) του επιθυμητού τελικού προϊόντος προς τα moles (ή τη μάζα) του βασικού αντιδρώντος που καταναλώνεται (**είναι ο λόγος των στοιχειομετρικών συντελεστών**).

Ο λόγος των moles (ή της μάζας) του επιθυμητού τελικού προϊόντος που λαμβάνεται προς τη θεωρητική ποσότητα που θα λαμβανόταν για 100% μετατροπή (**ουσιαστικά είναι ο βαθμός μετατροπής της αντίδρασης – μικρότερη εφαρμογή**).

- **Ως εκλεκτικότητα** ορίζεται το κλάσμα των moles ενός συγκεκριμένου προϊόντος προς τα moles ενός άλλου προϊόντος (συνήθως μη επιθυμητού – παραπροϊόν).

ΚΑΥΣΗ

- Η ταχεία αντίδραση καυσίμου με οξυγόνο
- Η σημασία της δεν οφείλεται στην αξία των προϊόντων (CO_2 , H_2O και πιθανά CO , SO_2), αλλά στην απελευθέρωση σημαντικών ποσών ενέργειας.
- Ανάλυση καυσαερίων:
 - ✓ Υγρή βάση
 - ✓ Ξηρή βάση



ΚΑΥΣΗ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Θεωρητικός αέρας

Ο αέρας που αντιστοιχεί στο O_2 που απαιτείται στοιχειομετρικά για την πλήρη καύση (αέρας = 21% O_2 , 79% N_2)

Περίσσεια αέρα

Το επιπλέον ποσοστό σε σχέση με τον θεωρητικό αέρα. Μετριέται πάντα σε σχέση με την ποσότητα του καυσίμου που μπορεί να καεί και όχι με αυτήν που πράγματι καίγεται.

Μερική καύση (ατελής καύση)

Όταν δεν καίγεται πλήρως το καύσιμο σε CO_2 , αλλά παράγεται και CO .

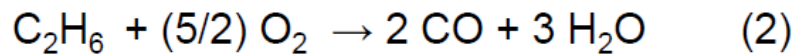
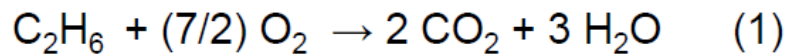
Σε περίπτωση μερικής καύσης (CO), η περίσσεια υπολογίζεται σαν να ήταν πλήρης η καύση (μόνο CO_2).

100 mol/h βουτάνιο εισέρχεται σε αντιδραστήρα και καίγεται με αέρα παροχής 5000 mol/h. Πόση είναι η % περίσσεια του αέρα; **61.5%**

Ισοζύγια Μάζας (με Χημική αντίδραση)

ΑΣΚΗΣΗ – ΚΑΥΣΗ ΑΙΘΑΝΙΟΥ

Αιθάνιο καίγεται σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



ΔΕΔΟΜΕΝΑ

50% περίσσεια αέρα

Βαθμός μετατροπής αιθανίου: 90%

Το 25% του αιθανίου μετατρέπεται σε CO και το υπόλοιπο σε CO₂.

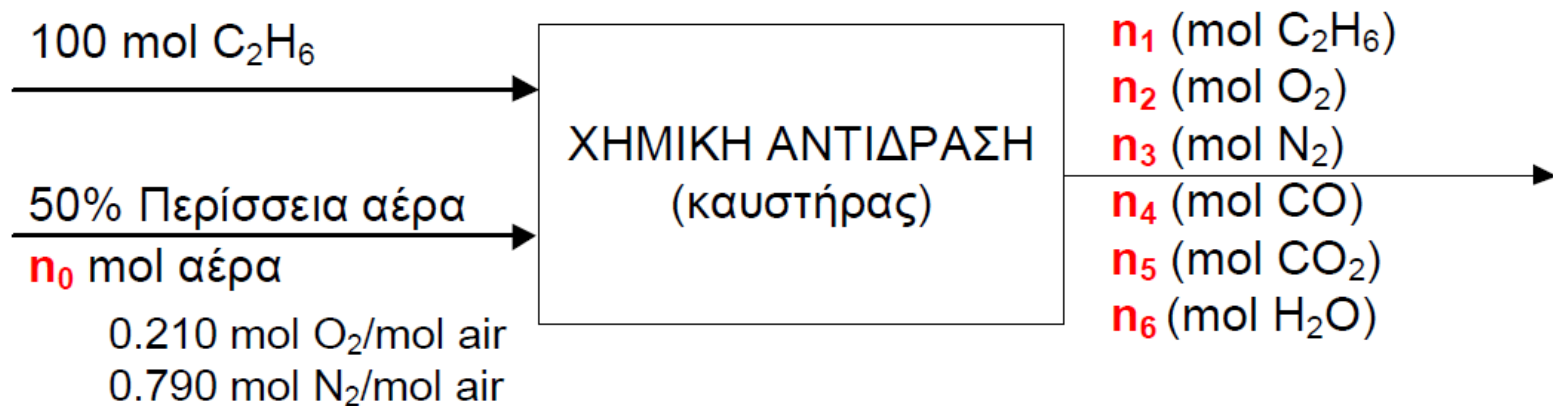
ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ

- α) Να σχεδιαστεί το διάγραμμα ροής
- β) Καθορίστε τους βαθμούς ελευθερίας και επιλύστε το σχετικό διάγραμμα ροής
- γ) Μολαρική σύσταση εξόδου (καυσαερίων) σε υγρή βάση
- δ) Μολαρική σύσταση εξόδου (καυσαερίων) σε ξηρή βάση
- ε) Λόγος mol νερού προς mol ξηρών καυσαερίων

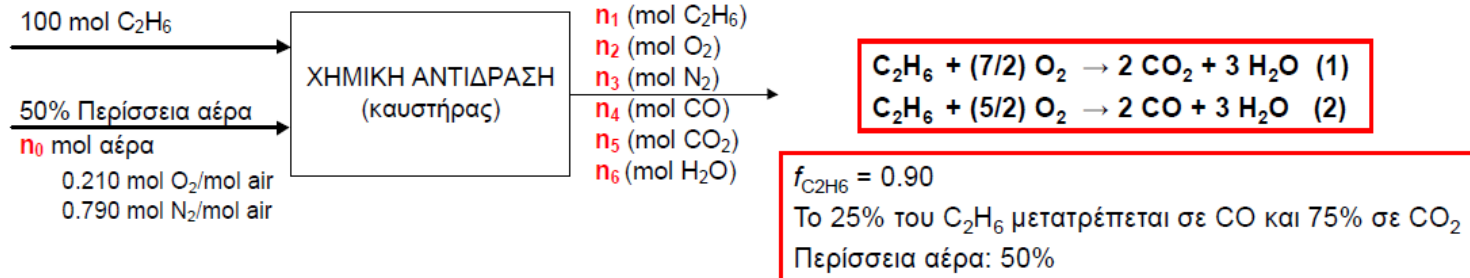
Ισοζύγια Μάζας (με Χημική αντίδραση)

ΑΣΚΗΣΗ – ΚΑΥΣΗ ΑΙΘΑΝΙΟΥ

ΒΑΣΗ: Τροφοδοσία 100 mol C₂H₆



Ισοζύγια Μάζας (με Χημική αντίδραση)



ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ (ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ)

$$f_{C_2H_6} = 0.90 \Rightarrow f_{C_2H_6} = \frac{mol_{reacted}}{mol_{fed}} = \frac{100 - n_1}{100} = 0.900 \quad (1)$$

$$n_5 = 3n_4 \quad (2)$$

$$n_{air, st} = 100 \cdot (7/2) \cdot (100/21) = 1667 \text{ mol} \Rightarrow \text{Περίσσεια} = (n_{feed} - n_{st})/n_{st} \Rightarrow$$

$$(n_0 - 1667)/1667 = 0.500 \quad (3)$$

Υπολογισμός βαθμών ελευθερίας - Ατομική (στοιχειακή) βάση

- + Άγνωστες μεταβλητές +7 ($n_0, n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$)
- Ατομικά ισοζύγια μάζας (αντιδρώντων συστατικών) - 3 (C, H, O)
- Ισοζύγια μη αντιδρώντων (αδρανών) συστατικών - 1 (N)
- Άλλες εξισώσεις - 3 (εξισώσεις 1-3)
- Βαθμοί ελευθερίας** **+ 7 - 3 - 1 - 3 = 0**

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ Ισοζύγιο C: $100 \cdot 2 = n_1 \cdot 2 + n_4 \cdot 1 + n_5 \cdot 1 \Rightarrow$

$$2n_1 + n_4 + n_5 = 200 \quad (4)$$

Ισοζύγιο H: $100 \cdot 6 = n_1 \cdot 6 + n_6 \cdot 2 \Rightarrow$

$$6n_1 + 2n_6 = 600 \quad (5)$$

Ισοζύγιο O: $n_0 \cdot 0.21 \cdot 2 = n_2 \cdot 2 + n_4 \cdot 1 + n_5 \cdot 2 + n_6 \cdot 1 \Rightarrow$

$$0.42n_0 - 2n_2 - n_4 + 2n_5 - n_6 = 0 \quad (6)$$

Ισοζύγιο N₂: $n_0 \cdot 0.79 = n_3 \Rightarrow$

$$0.79n_0 - n_3 = 0 \quad (7)$$

ΕΠΙΛΥΣΗ: Από (1) προκύπτει $n_1 = 10 \text{ mol C}_2\text{H}_6$, από (3): $n_0 = 2500 \text{ mol αέρα}$, από (7): $n_3 = 1975 \text{ mol N}_2$, 📌

από (5): $n_6 = 270 \text{ mol H}_2\text{O}$, από (2) & (4): $n_4 = 45 \text{ mol CO}$, $n_5 = 135 \text{ mol CO}_2$, 📌

από (6) $n_2 = 232 \text{ mol O}_2$