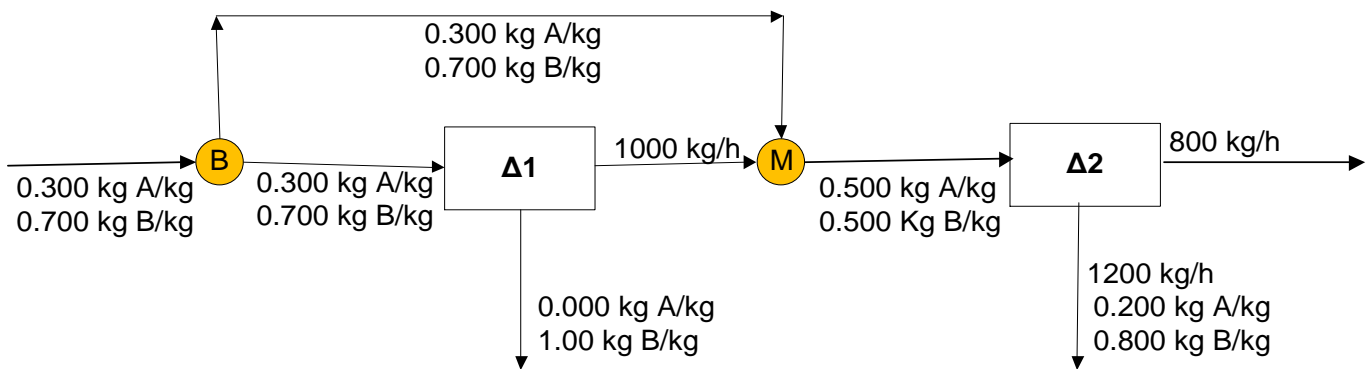


**ΘΕΜΑ 1 (5.0 μονάδες = 1.5 + 3.5)**

Ακολουθεί το διάγραμμα ροής μίας διαδικασίας που λειτουργεί σε μόνιμη κατάσταση. Στη διαδικασία αυτή δεν πραγματοποιείται κάποια χημική αντίδραση.



- (α) Προσδιορίστε τους βαθμούς ελευθερίας σε όλα τα διακριτά συστήματα στα οποία μπορούν να εφαρμοστούν ισοζύγια μάζας.
- (β) Επιλύστε το διάγραμμα ροής, δηλαδή υπολογίστε τη ροή και τη σύσταση (σε A και B, kg/kg) όλων των ρευμάτων του διαγράμματος ροής. Αποτυπώστε τα αποτελέσματα στο διάγραμμα ροής.

**ΘΕΜΑ 2 (5.0 μονάδες = 1.0 + 1.0 + 2.5 + 0.5)**

Σε μια βιομηχανία παραγωγής  $\text{CH}_3\text{OH}$ , η νέα (φρέσκια) τροφοδοσία ροής 750 kmol/h αποτελείται από  $\text{CO}$  και  $\text{H}_2$ . Η βασική μονάδα της παραγωγικής διαδικασίας είναι ένας αντιδραστήρας. Το ρεύμα εξόδου του αντιδραστήρα οδηγείται σε ένα διαχωριστή (συμπυκνωτής) από τον οποίο εξέρχονται δυο (2) ρεύματα. Το 1<sup>ο</sup> ρεύμα αποτελείται από καθαρή  $\text{CH}_3\text{OH}$ , ενώ το 2<sup>ο</sup> ρεύμα που περιέχει αποκλειστικά  $\text{CO}$  και  $\text{H}_2$  ανακυκλώνεται. Το ανακυκλούμενο ρεύμα αναμειγνύεται με το ρεύμα της νέας (φρέσκιας) τροφοδοσίας και το ρεύμα που προκύπτει τροφοδοτείται στον αντιδραστήρα. Η μετατροπή του  $\text{CO}$  στον αντιδραστήρα (μετατροπή απλού περάσματος – single pass conversion) είναι 40.0%. Η διαδικασία παραγωγής  $\text{CH}_3\text{OH}$  λειτουργεί σε μόνιμη κατάσταση.

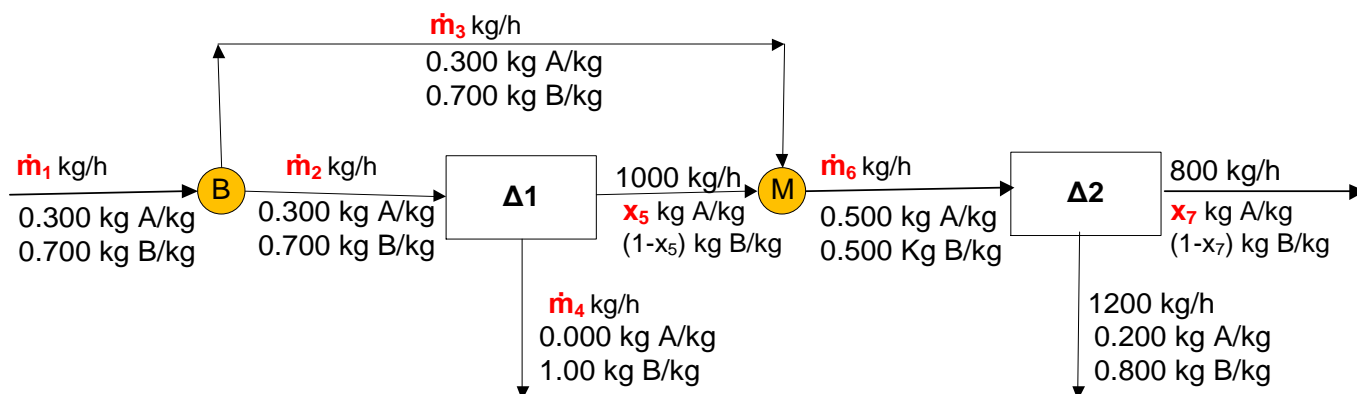
- (α) Σχεδιάστε το διάγραμμα ροής.
- (β) Προσδιορίστε τους βαθμούς ελευθερίας σε όλα τα διακριτά συστήματα στα οποία μπορούν να εφαρμοστούν ισοζύγια μάζας.
- (γ) Υπολογίστε τη ροή (kmol/h) των  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  και  $\text{CH}_3\text{OH}$  σε όλα τα ρεύματα του διαγράμματος ροής. Αποτυπώστε όλες τις ροές στο διάγραμμα ροής.
- (γ) Υπολογίστε τη συνολική μετατροπή (overall conversion) του  $\text{CO}$  στο σύστημα.

**ΔΙΑΡΚΕΙΑ: 100'**

## ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

### ΘΕΜΑ 1

(α)

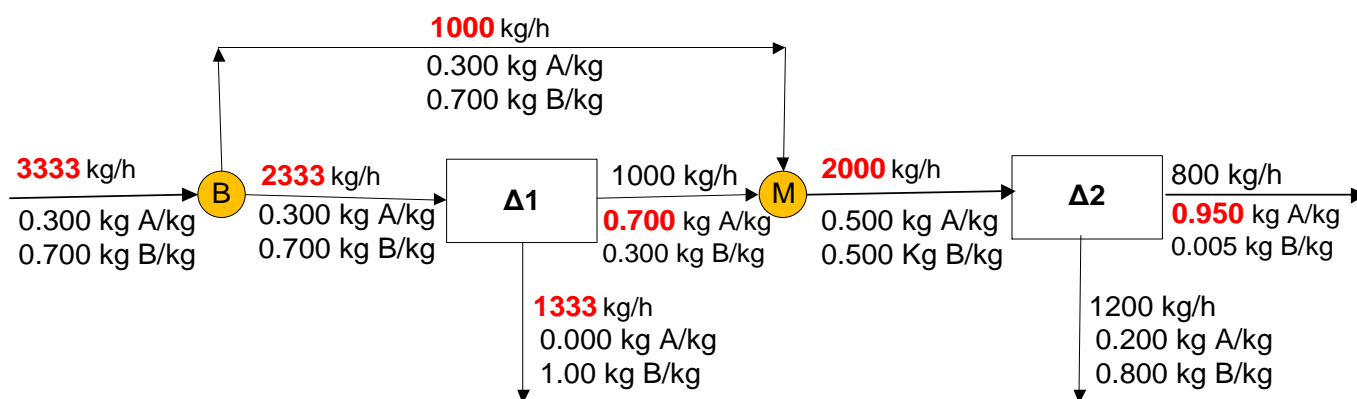


Σύστημα	Άγνωστες μεταβλητές	Ανεξάρτητα ισοζύγια (εξισώσεις)	Βαθμοί ελευθερίας
<b>Συνολικό</b>	$\dot{m}_1, \dot{m}_4, x_7$ (3)	2	<b>1</b>
<b>B</b>	$\dot{m}_1, \dot{m}_2, \dot{m}_3$ (3)	1	<b>2</b>
<b>Δ1</b>	$\dot{m}_2, \dot{m}_4, x_5$ (3)	2	<b>1</b>
<b>M</b>	$\dot{m}_3, x_5, \dot{m}_6$ (3)	2	<b>1</b>
<b>Δ2</b>	$\dot{m}_6, x_7$ (2)	2	<b>0*</b>

\*: Η επίλυση του διαγράμματος ροής θα ξεκινήσει από τη διεργασία Δ2

(β)

Δ2	$\dot{m}_6 = 800 + 1200$	Συνολικό ισοζύγιο μάζας	$\dot{m}_6 = 2000$ kg/h
	$\dot{m}_6 \cdot 0.500 = 800 \cdot x_7 + 1200 \cdot 0.200$	Ισοζύγιο μάζας A	$x_7 = 0.950$ kg A/kg
M	$\dot{m}_3 + 1000 = \dot{m}_6$	Συνολικό ισοζύγιο μάζας	$\dot{m}_3 = 1000$ kg/h
	$\dot{m}_3 \cdot 0.300 + 1000 \cdot x_5 = \dot{m}_6 \cdot 0.500$	Ισοζύγιο μάζας A	$x_5 = 0.700$ kg A/kg
Δ1	$\dot{m}_2 = \dot{m}_4 + 1000$	Συνολικό ισοζύγιο μάζας	$\dot{m}_2 = 2333$ kg/h
	$\dot{m}_2 \cdot 0.300 = \dot{m}_4 \cdot 0.000 + 1000 \cdot x_5$	Ισοζύγιο μάζας A	$\dot{m}_4 = 1333$ kg/h
B	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3$	Συνολικό ισοζύγιο μάζας	$\dot{m}_1 = 3333$ kg/h



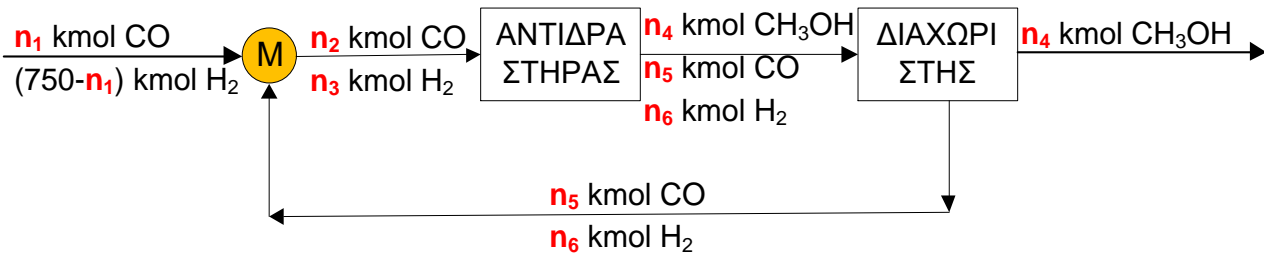
## ΘΕΜΑ 2

(α)

Χημική αντίδραση:  $\text{CO} + 2\text{H}_2 \Rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$

Λαμβάνοντας υπόψη ότι πουθενά στο σύστημα δεν απομακρύνεται (απορρίπτεται) CO ή H<sub>2</sub> και ότι ο διαχωρισμός CH<sub>3</sub>OH και (CO+H<sub>2</sub>) στον διαχωριστή είναι πλήρης, το διάγραμμα ροής και οι σχετικές μεταβλητές διαμορφώνονται όπως παρακάτω.

**ΒΑΣΗ: 1 h**



(β)

Σύστημα	Άγνωστες μεταβλητές	Ανεξάρτητα ισοζύγια (εξισώσεις)	Πρόσθετες εξισώσεις	Βαθμοί ελευθερίας
<b>Συνολικό</b>	$n_1, n_4$ (2)	2		<b>0*</b>
<b>M</b>	$n_1, n_2, n_3, n_5, n_6$ (5)	2	2	<b>1</b>
<b>Αντιδραστ.</b>	$n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$ (5)	2	2	<b>1</b>
<b>Διαχωριστής</b>	$n_4, n_5, n_6$ (3)	0		<b>3</b>

\*: Η επίλυση του διαγράμματος ροής θα ξεκινήσει από το συνολικό σύστημα

(γ)

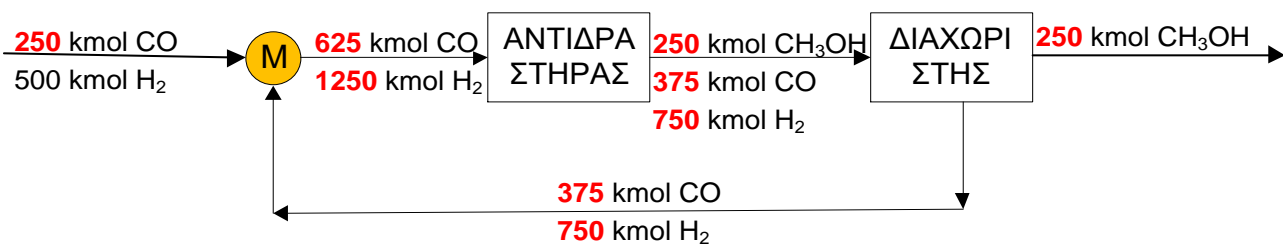
Ατομικό ισοζύγιο – Συνολικό σύστημα

$$\begin{aligned} \text{Ισοζύγιο C: } 1 \cdot n_1 &= 1 \cdot n_4 & (1) \\ \text{Ισοζύγιο H: } 2 \cdot (750 - n_1) &= 4 \cdot n_4 & (2) \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} n_1 &= 250 \text{ kmol CO} \\ n_4 &= 250 \text{ kmol CH}_3\text{OH} \end{aligned}$$

Ατομικό ισοζύγιο – Αντιδραστήρας

$$\begin{aligned} \text{Ισοζύγιο C: } 1 \cdot n_2 &= 250 + 1 \cdot n_5 & (3) \\ \text{Ισοζύγιο H: } 2 \cdot n_3 &= 1000 + 2 \cdot n_6 & (4) \\ n_2/n_3 &= n_5/n_6 & (5) \\ \text{Μετατροπή CO – αντιδραστήρας} \\ f_{\text{CO}} = (n_2 - n_5)/n_2 &= 0.400 & (6) \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} n_2 &= 625 \text{ kmol CO} \\ n_3 &= 1250 \text{ kmol H}_2 \\ n_5 &= 375 \text{ kmol CO} \\ n_6 &= 750 \text{ kmol H}_2 \end{aligned}$$

**ΒΑΣΗ: 1 h**



(δ)

Η **συνολική μετατροπή** (overall conversion) του CO στο σύστημα είναι **100%**, αφού πουθενά στο σύστημα δεν απομακρύνεται CO.