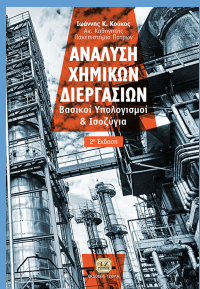




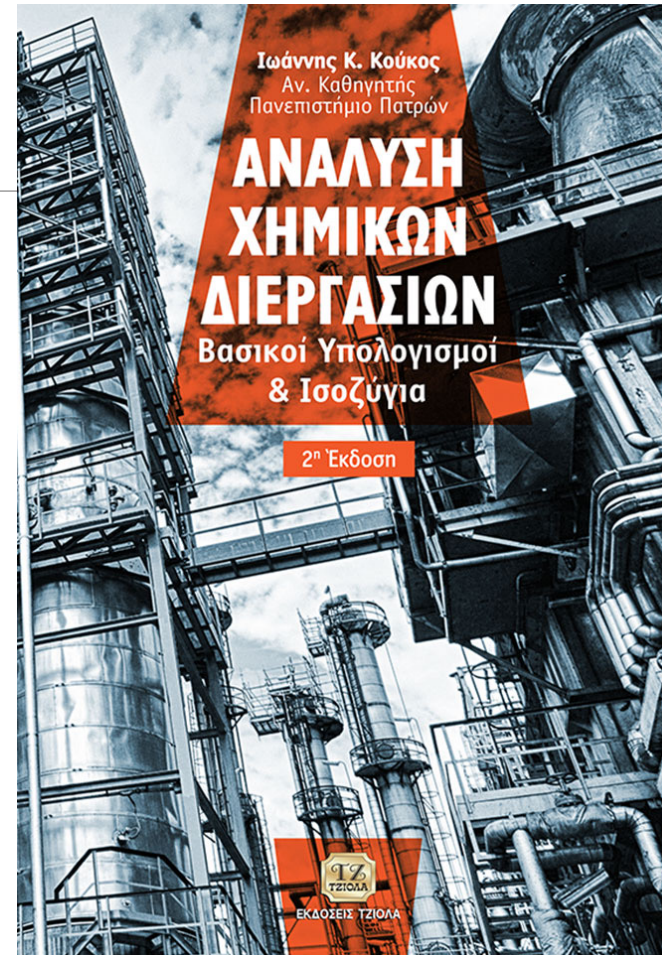
Ισοζύγια μάζας και ενέργειας 4^ο Εξαμ. ΤΧΜ ΔΜΠ 2022/23

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ Κ. ΚΟΥΚΟΣ – ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗΣ

ΜΑΘΗΜΑ 2: ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΑΙ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2



ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ



- Βάση: Αρχή διατήρησης μάζας (+ ενέργειας)
- Αρχή Lavoisier: Μάζα (+Ενέργεια) δεν δημιουργείται ούτε καταστρέφεται
- Δεν υπάρχει απόδειξη:

η απόδειξη είναι αρνητικής μορφής, ήτοι:

δεν υπάρχει διεργασία που να παραβιάζει την αρχή αυτή.

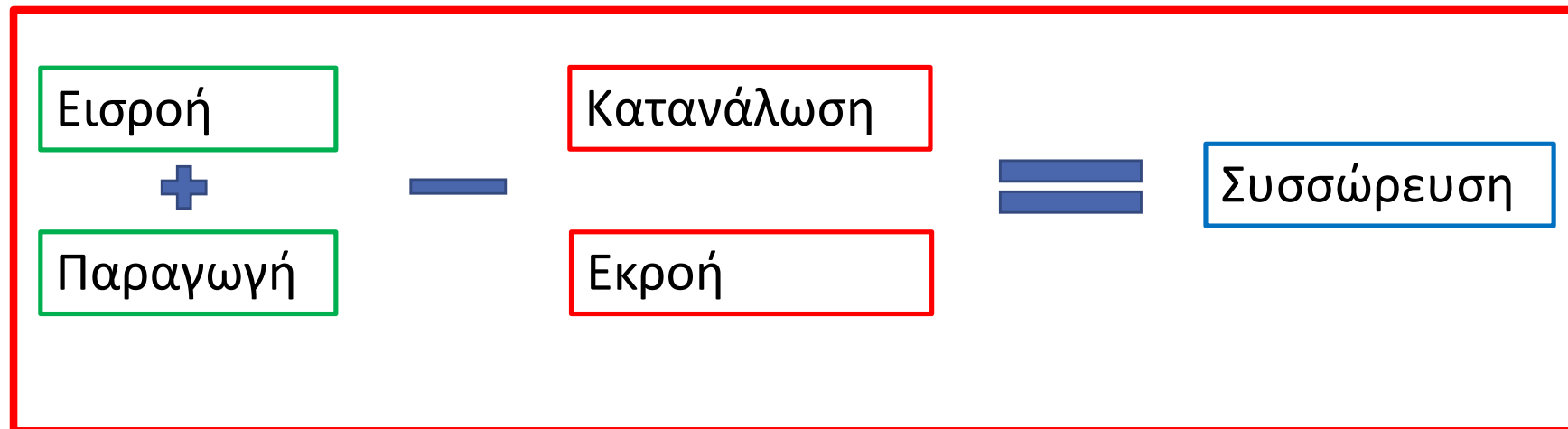
Διεργασία = φυσική ή χημική αλλαγή σε κάποιο υλικό.

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ



- Εφαρμογή διατήρησης μάζας = Ισοζύγιο υλικών – μάζας
- Ισοζύγιο ποσοτήτων που διέρχονται (ρέουν) σε ένα σύστημα και υφίστανται (φυσικές – χημικές) αλλαγές (διεργασίες)
- Απλό ισοζύγιο: Εισερχόμενα = Εξερχόμενα
- **χωρίς χημικές αντιδράσεις**
- **με σταθερές Ροές**
- Ισοζύγιο με αντίδραση: εισερχόμενα-εξερχόμενα + παραγωγή – κατανάλωση = 0 (σε σταθερή κατάσταση)

ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ



ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ



→ Σε μόνιμη κατάσταση ο όρος συσσώρευσης είναι μηδενικός

$$\text{ΕΙΣΡΟΗ} + \text{ΠΑΡΑΓΩΓΗ} - \text{ΕΚΡΟΗ} - \text{ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ} = 0$$

→ Χωρίς χημική αντίδραση οι όροι παραγωγής και κατανάλωσης είναι μηδενικοί.

$$\text{ΕΙΣΡΟΗ} - \text{ΕΚΡΟΗ} = \text{ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ}$$

■ Ιδιαίτερα, σε μόνιμη κατάσταση ισχύει:

$$\text{ΕΙΣΡΟΗ} = \text{ΕΚΡΟΗ}$$

ΟΡΟΛΟΓΙΑ



Διεργασίες

- Ασυνεχείς (διαλείποντος) / ημιδιαλείποντος (ημισυνεχείς) έργου/ συνεχείς
- Μόνιμη κατάσταση (Steady State, SS)
 - Οι μεταβλητές δεν μεταβάλλονται με το χρόνο/ σύστημα σε ισορροπία
- Μη μόνιμη κατάσταση (Unsteady State, US)
 - Μεταβολή με το χρόνο

ΟΡΟΛΟΓΙΑ



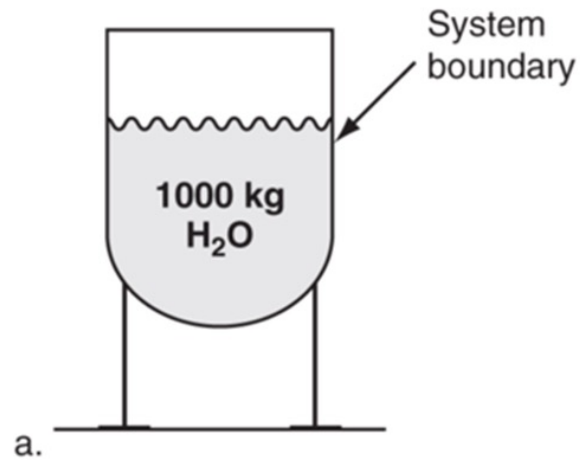
Ισοζύγια μάζας

- **Σύστημα:** Τμήμα διεργασίας ή όλη η διεργασία που επιλέγεται (αυθαίρετα) για ανάλυση. Ένας αντιδραστήρας, ένα σημείο ανάμιξης κλπ
- **Όρια συστήματος:** Νοητά όρια που περικλείουν το υπό εξέταση σύστημα
- **Ανοικτό σύστημα:** Υπάρχει ροή μάζας δια μέσου των ορίων του συστήματος (εισροή, εκροή)
- **Κλειστό σύστημα:** Δεν υπάρχει ροή μάζας δια μέσου των ορίων

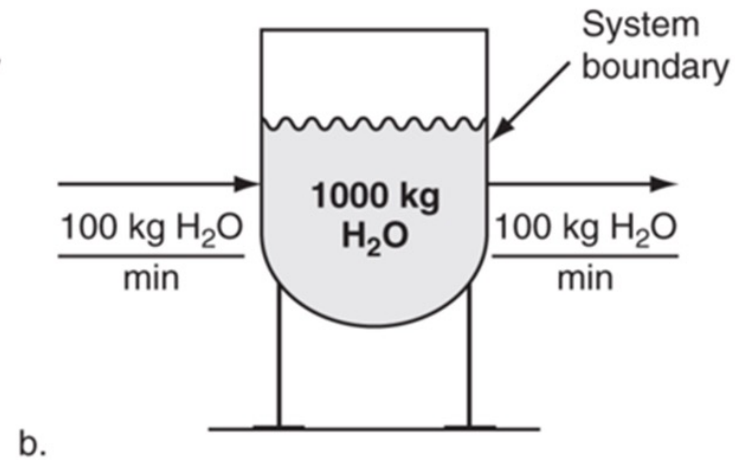
ΚΛΕΙΣΤΟ / ΑΝΟΙΧΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ



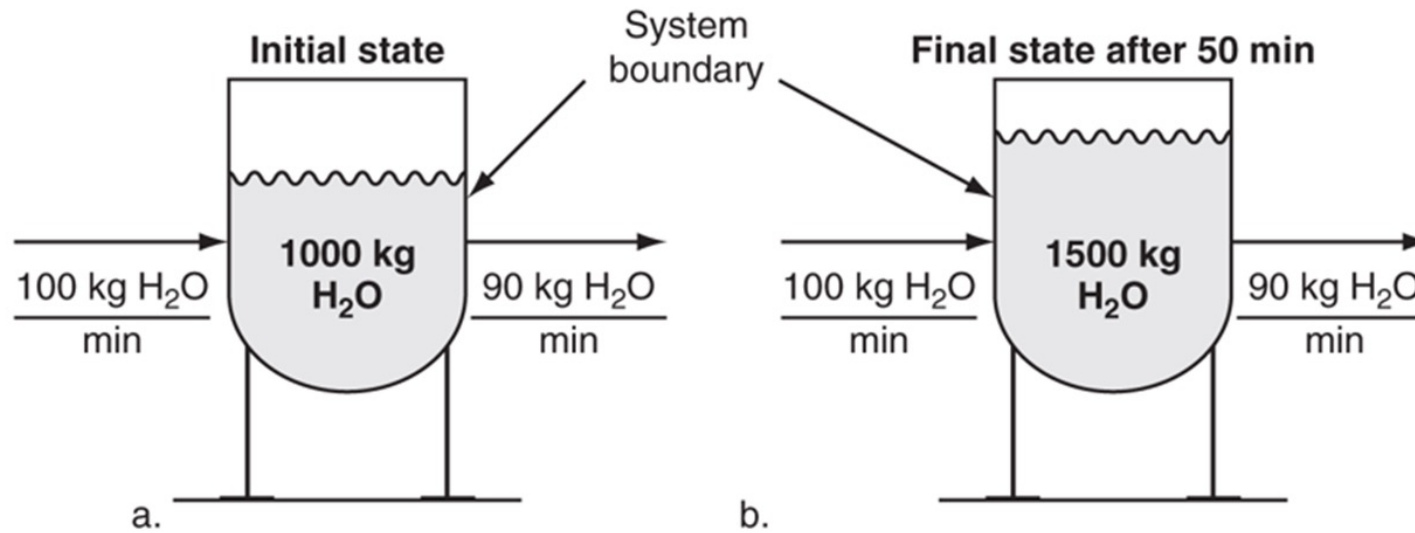
Closed system: No material enters or leaves the system



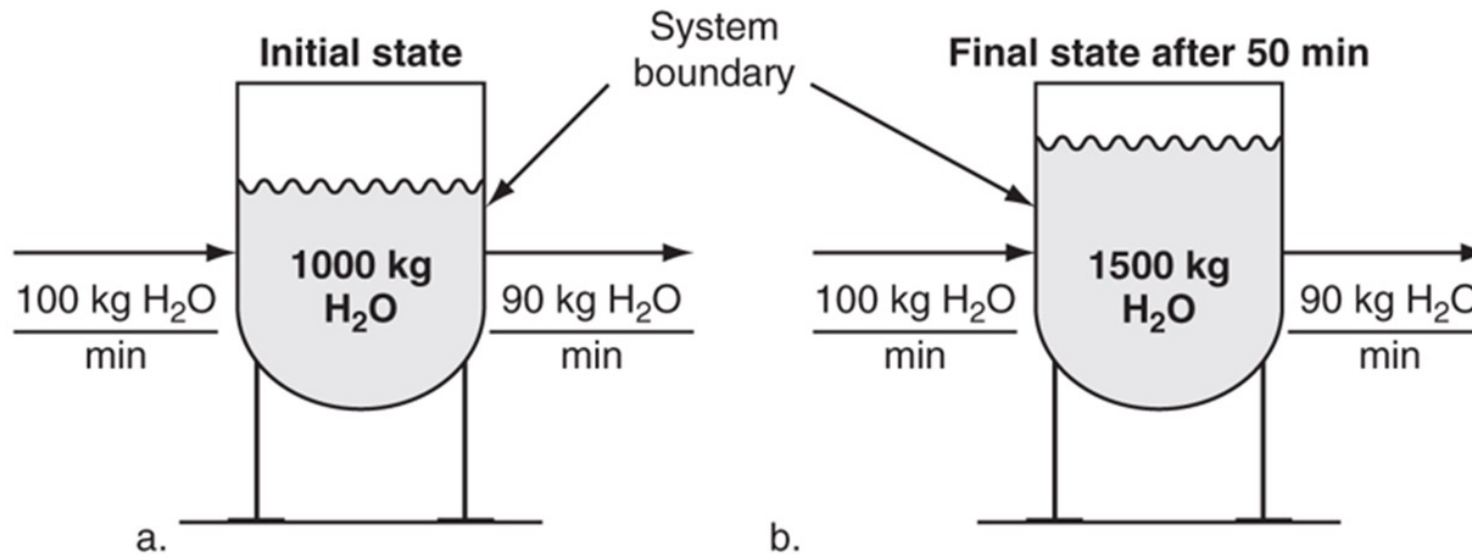
Open system (also called a flow system): Material enters and leaves the system



ΣΤΑΘΕΡΗΣ / ΑΣΤΑΘΟΥΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ



ΣΤΑΘΕΡΗΣ / ΑΣΤΑΘΟΥΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ



ΟΡΟΛΟΓΙΑ – ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



Μεταβλητές διεργασίας

Οι εντατικές μεταβλητές (ή εντατικές ιδιότητες) είναι ανεξάρτητες από το μέγεθος και την ποσότητα

- Θερμοκρασία
- Πίεση
- Πυκνότητα
- Συγκέντρωση
- Σύσταση (κλάσμα βάρους, μοριακό κλάσμα)

Οι εκτατικές μεταβλητές εξαρτώνται από την ποσότητα

- Μάζα
- Όγκος
- Ρυθμός ροής

ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ



- Βαθμοί ελευθερίας = Άγνωστοι – Ανεξάρτητες εξισώσεις
- $Df > 0$ τότε χρειαζόμαστε και άλλες εξισώσεις (υπο-καθορισμένο)
- $Df < 0$ τότε το σύστημα είναι υπερ-καθορισμένο, υπάρχουν συνήθως πολλές λύσεις
- $Df = 0$ μονοσήμαντη λύση

$$Df = na - neq$$

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ



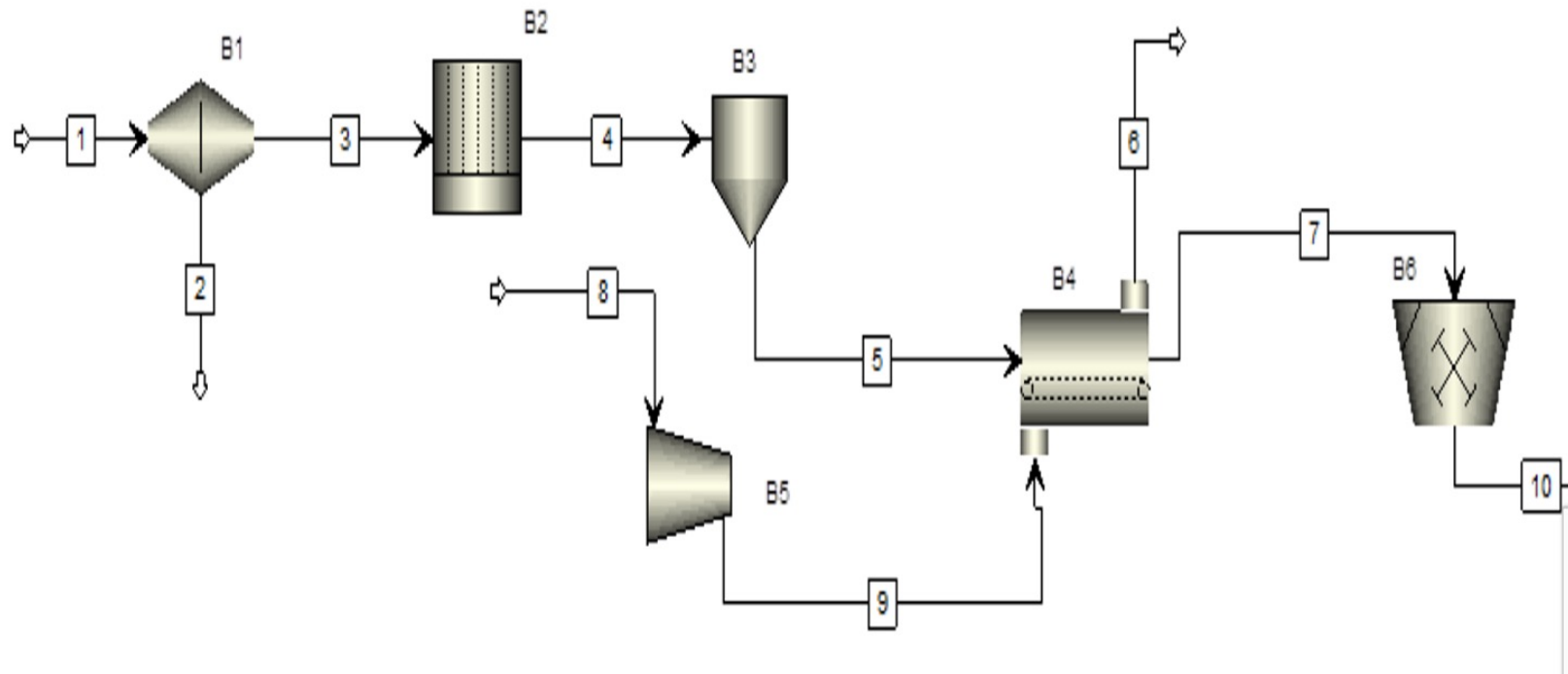
- Ισοζύγια μάζας
- Χαρακτηριστικά διεργασίας (πχ αναλογίες μαζών ή ροών)
- Φυσικοί περιορισμοί (πχ κλάσματα μάζας αθροίζονται στη μονάδα)
- Στοιχειομετρικές σχέσεις
- Καταστατικές σχέσεις (πχ νόμος ιδανικών αερίων κτλ)

ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ

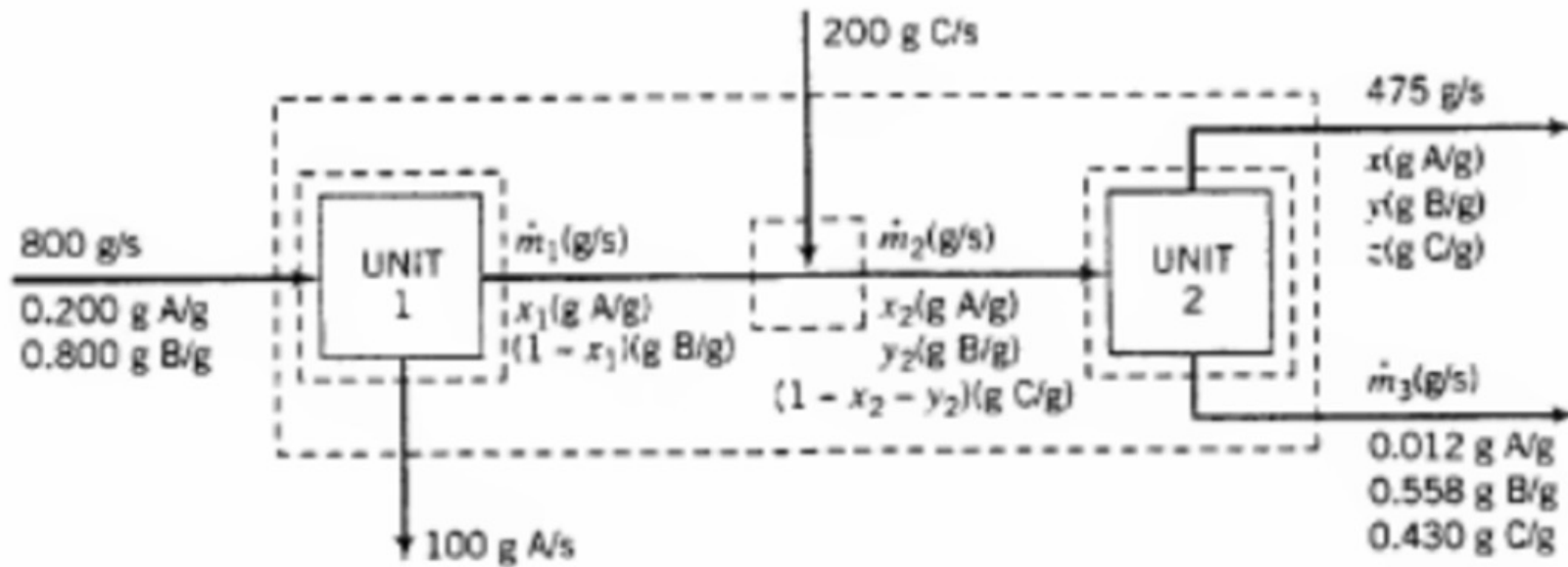


- Τοποθέτηση των τιμών των γνωστών μεταβλητών στο διάγραμμα ροής (ροές, συστάσεις)
- Έλεγχος Df , αν >0 πρέπει να βρεθεί και άλλη εξίσωση
- Σε μια διεργασία χωρίς χημική εξίσωση μπορούν να γραφούν τόσα ανεξάρτητα ισοζύγια μάζας όσα είναι και τα συστατικά που συμμετέχουν στη διεργασία
- Τα ισοζύγια μάζας αφορούν ροές μάζας ή mol
- Μετατροπές: (Όγκος \leftrightarrow Μάζα \leftrightarrow mol)
- Αν έχουμε κλάσματα μάζας και μοριακά κλάσματα τα μετατρέπουμε όλα σε κοινή βάση
- Ξεκινάμε από την επίλυση εξισώσεων με ένα άγνωστο

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ



ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑΣ



- 1 gmol C_7H_{16} αντιδρά με 11 gmoles O_2 και παράγονται 7 gmoles CO_2 και 8 gmoles H_2O
- Συνολικά, από 12 gmoles \rightarrow παράγονται 15 gmoles
- Αντίστοιχα $1 \times 100 \text{ g } \text{C}_7\text{H}_{16}$ αντιδρούν με $11 \times 32 = 352 \text{ g } \text{O}_2$ και παράγονται $7 \times 44 = 308 \text{ g } \text{CO}_2$ και $8 \times 18 = 144 \text{ g } \text{H}_2\text{O}$
- Συνολικά, από 452 g αντιδρώντων παράγονται 452 g προϊόντων

ΟΡΙΣΜΟΙ-ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑΣ



- **Περιοριστικό αντιδρών**: το αντιδρών σε ποσότητα μικρότερη της στοιχειομετρικής
- **Αντιδρών σε περίσσεια**: αντιδρών σε ποσότητα μεγαλύτερη από το περιοριστικό
- **% περίσσεια**: mol συστατικού i σε περίσσεια/mol i που απαιτούνται από το περιοριστικό αντιδρών, πχ 10% περίσσεια αέρος στην καύση σημαίνει 10% επιπλέον του στοιχειομετρικά απαιτούμενου=1,1x(στοιχειομετρικού).

ΟΡΙΣΜΟΙ-ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑΣ



- **Βαθμός μετατροπής:** % ή κλάσμα τροφοδοσίας που μετατρέπεται σε προϊόν-π.χ. 25% β. μ. =25 mol συστατικού A από τα 100 σύνολο μετατρέπονται σε προϊόν B (αντίδραση $A \rightarrow B$)
- **Εκλεκτικότητα:** επιθυμητού προϊόντος ως προς το σύνολο των προϊόντων ή κάποιου άλλου προϊόντος
- **Απόδοση:** Βάρος προϊόντος/αρχικό βάρος αντιδρώντος

ΕΚΤΑΣΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ



- Για μια ένωση ή στοιχείο που συμμετέχει σε μια χημική αντίδραση ισχύει:

$$n_i = n_{i,0} + N_i \cdot \xi$$

Όπου n_i : mol της ένωσης στο τέλος της αντίδρασης

$n_{i,0}$: mol της ένωσης πριν την αντίδραση

ξ : η έκταση της αντίδρασης (mol)

N_i : συντελεστής στοιχειομετρίας της αντίδρασης για το συστατικό n_i

- Η έκταση της αντίδρασης ξ (mol) λαμβάνει θετικές τιμές για τα προϊόντα και αρνητικές τιμές για τα αντιδρώντα.

ΙΣΟΤΗΤΑ ΕΙΣΕΡΧ./ΕΞΕΡΧ. ΥΛΙΚΩΝ (ΜΟΝΙΜΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ)



Τύπος Ισοζυγίου	Χωρίς Χημική Αντίδραση	Με Χημική Αντίδραση
Ολικό Ισοζύγιο Μάζας	Ναι	Ναι
Ολικό Ισοζύγιο mol	Ναι	Όχι
Μερικό ισοζύγιο Μάζας ένωσης	Ναι	Όχι
Μερικό ισοζύγιο mol ένωσης	Ναι	Όχι
Μερικό ισοζύγιο μάζας ατόμων στοιχείου	Ναι	Ναι
Μερικό ισοζύγιο mol ατόμων στοιχείου	Ναι	Ναι

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ



- Βασικά απαιτούμενα στοιχεία (παράμετροι – άγνωστοι του προβλήματος)
 - Μάζα ρευμάτων (στην είσοδο-έξοδο και μέσα στο σύστημα): 1 άγνωστος
 - Σύσταση ρευμάτων (εισ.-εξ. και μέσα στο σύστημα) (n άγνωστοι=αριθμος συστατικών)
- Παρουσία χημικής αντίδρασης, απαιτείται και:
 - εξίσωση της αντίδρασης
 - βαθμός μετατροπής
- Καθορισμός συστήματος
- Καθορισμός τρόπου λειτουργίας συστήματος:
 - συνεχούς λειτουργίας
 - διαλείποντος έργου (ασυνεχούς λειτουργίας)

Άρα κάθε ρεύμα μάζας χαρακτηρίζεται από $n+1$ αγνώστους

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ



Για κάθε σύστημα:

- Ένα ολικό ισοζύγιο μάζας, (1 εξίσωση)
- Ένα μερικό ισοζύγιο μάζας για κάθε συστατικό, (n εξισώσεις)
- $n+1$ εξισώσεις/σύστημα

Για ένα σύστημα n συστατικών έχουμε:

- $n+1$ εξισώσεις ισοζυγίων Μάζας (1 ολικό + n μερικά)
- Οι n είναι ανεξάρτητες
- Ο βαθμός ελευθερίας των ανεξαρτήτων εξισώσεων είναι $n =$ αριθμό συστατικών
- Σε κάθε πρόβλημα πρέπει: αριθμός εξισώσεων = αριθμό αγνώστων
- Η λύση γίνεται με χρήση οιοδήποτε από τα ολικά και μερικά ισοζύγια

*Παρουσία χημικής αντίδρασης μπορεί να γραφεί το ολικό
I.M. και I.M. για κάθε ατομικό στοιχείο ή ένωση*

ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΙΣΟΖΥΓΙΩΝ ΜΑΖΑΣ



Για κάθε σύστημα:

- Γράφονται τα ισοζύγια μάζας-(ολικό-μερικά), για κάθε συσκευή, για κάθε κόμβο και για όλη τη διεργασία
- Χρήση συμβόλων για τις άγνωστες ποσότητες
- Κάθε άγνωστος να αντιστοιχεί σε μια εξίσωση → μία λύση του προβλήματος
- Προσδιορισμός των ανεξαρτήτων εξισώσεων

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ



Για κάθε σύστημα:

- Συνδετικό συστατικό: το υλικό που περνά μεταξύ ρευμάτων ή διεργασιών χωρίς ποσοτική ή ποιοτική αλλαγή
- Παράδειγμα το N_2 του αέρα στην καύση
- Η χρήση του συνδετικού συστατικού διευκολύνει συχνά τα ΙΜ
- Διαίρεση ρευμάτων σε περισσότερα χωρίς παρεμβολή εξοπλισμού διαχωρισμού: τα ρεύματα έχουν την ίδια σύσταση
- Διαίρεση ρευμάτων σε περισσότερα με παρεμβολή εξοπλισμού διαχωρισμού: τα ρεύματα έχουν διαφορετική σύσταση
- Ανάμιξη ρευμάτων: το νέο ρεύμα έχει διαφορετική σύσταση

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ



Για κάθε σύστημα:

- Ένα μέρος του προϊόντος επαναδιοχετεύεται στην τροφοδοσία
- Μπορεί να υπάρξει διαχωρισμός ή μη του προϊόντος το οποίο επιστρέφει καθαρό ή μη, και αναμιγνύεται με την φρέσκια τροφοδοσία

Παραδείγματα:

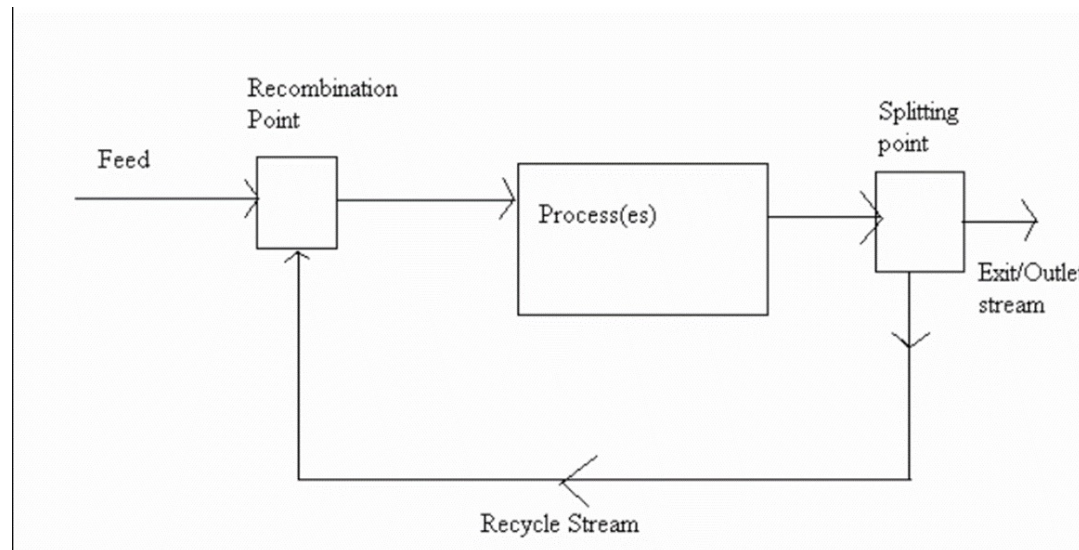
- Χημικές αντιδράσεις για αύξηση της απόδοσης
- Στήλες απόσταξης για έλεγχο των συνθηκών και ποιότητας του προϊόντος



ΡΕΥΜΑΤΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ



- Χρειάζεται ξεχωριστό ισοζύγιο μάζας στο σημείο ανακύκλωσης (διαχωρισμό με προϊόν ή και ανάμειξη με τροφοδοσία
- Οι ιδιότητές του ρεύματος ανακύκλωσης δεν προκύπτουν από το συνολικό ισοζύγιο



ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

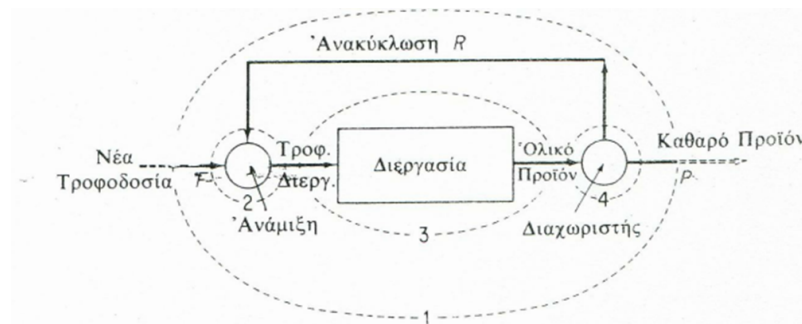


- Σε διεργασίες σε μόνιμη κατάσταση – όχι απώλεια ή συσσώρευση υλικού

Ισοζύγια που μπορούν να γίνουν:

1. Ένα για ολόκληρη τη διεργασία, 1
2. Ανάμιξη, 2
3. Διαχωρισμός, 4
4. Μόνο διεργασία, 3

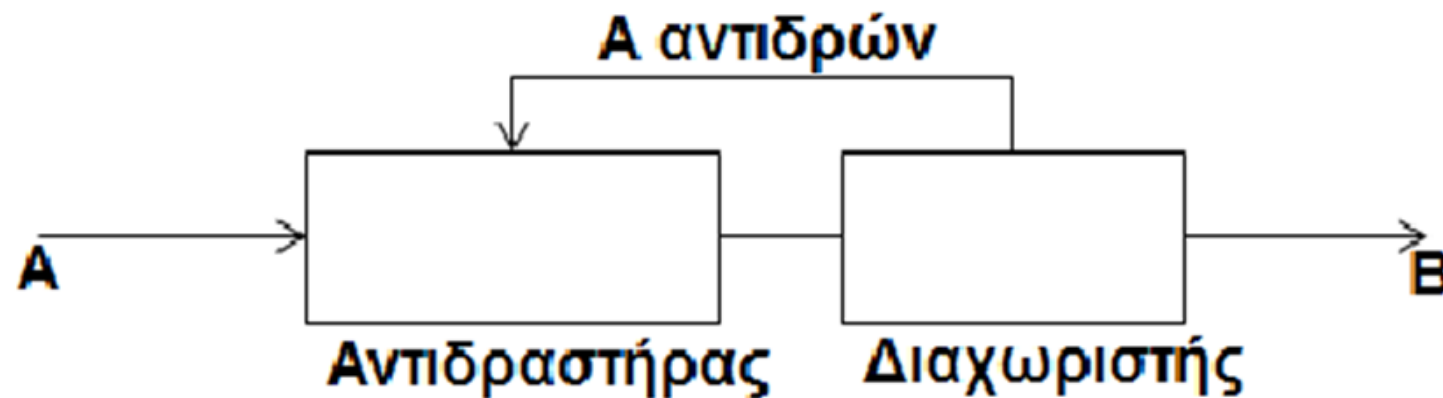
Μόνο τα 3 είναι ανεξάρτητα; Λύση κατά τα γνωστά



ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ



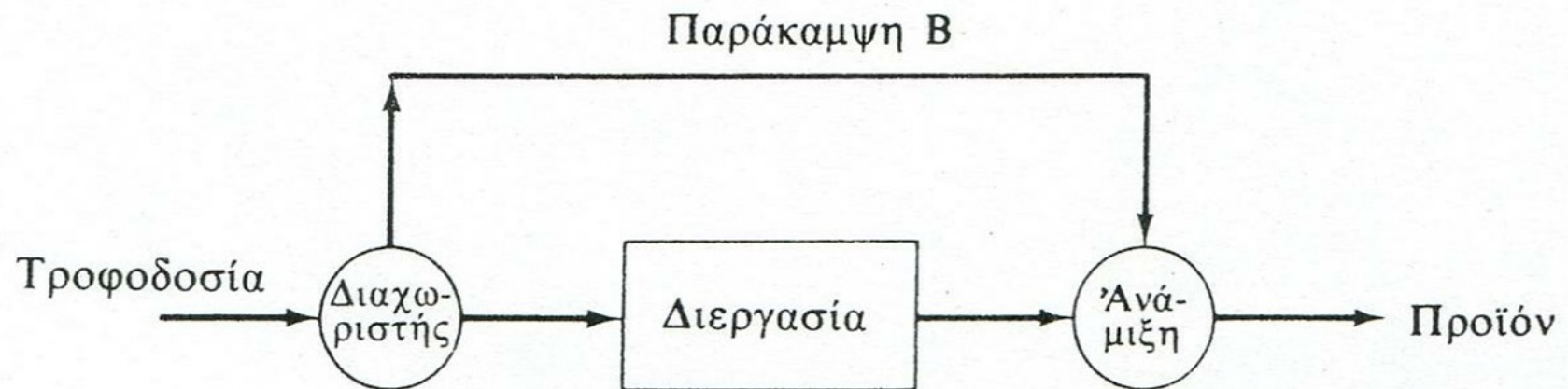
- Παράδειγμα: κλασικό σε χημικούς αντιδραστήρες: ανακυκλώνεται το αντιδρών που δεν αντέδρασε αφού διαχωριστεί από το προϊόν. Αντίδραση $A \rightarrow B$



ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ



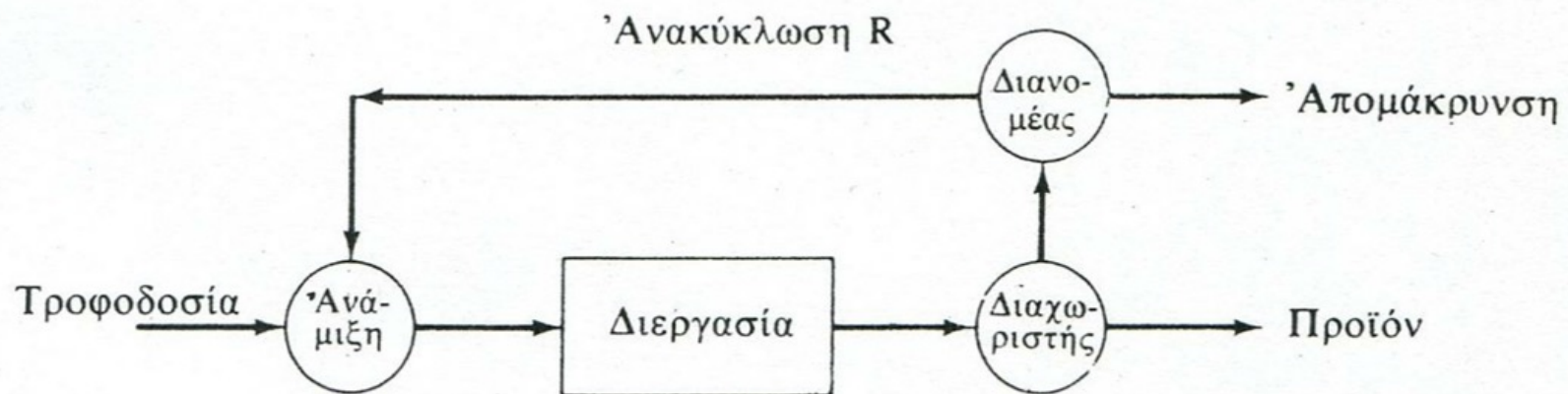
- Παράδειγμα: Παρακάμπτονται ένα ή περισσότερα στάδια της διεργασίας



ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ



- Παράδειγμα: Για να αποφευχθεί συσσώρευση αδρανών ή ανεπιθύμητων συστατικών



ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ



Παράδειγμα:

- Αντίδραση $A \rightarrow B + \Gamma$
- Ολικός βαθμός μετατροπής του A 90%
- Βαθμός μετατροπής στον αντιδραστήρα 45% (=10/200)

Στους χημικούς αντιδραστήρες θα πρέπει πάντα να δίδονται:

- Ο βαθμός μετατροπής
- Η στοιχειομετρία της αντίδρασης
- Το περιοριστικό αντιδρών

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ



Όλα τα προηγούμενα σχήματα αντιμετωπίζονται καταστρώνοντας τα ισοζύγια μάζας και επιλύοντας, όπως και σε κάθε άλλο σύστημα.

ΕΠΙΛΥΣΗ ΙΣΟΖΥΓΙΩΝ - ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ



- Διαβάστε και κατανοείτε την εκφώνηση
- Απεικονίστε σχηματικά τη διεργασία και καθορίστε τα όρια του συστήματος
- Ονομάστε τις άγνωστες μεταβλητές και τις τιμές των αγνώστων στο σχήμα
- Αποκτήστε τα απαιτούμενα δεδομένα που δεν αναφέρονται
- Επιλέξτε μια βάση υπολογισμού
- Προσδιορίστε τον αριθμό των αγνώστων
- Ανάλυση βαθμών ελευθερίας
- Διατυπώστε τις εξισώσεις που πρέπει να επιλυθούν
- Επίλυση εξισώσεων
- Έλεγχος απαντήσεων

ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ «ΥΛΙΚΩΝ»



$$\left\{ \begin{array}{c} \text{Ποσότητα Υλικών} \\ \text{στο χρόνο} \\ t + \delta t \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} \text{Ποσότητα Υλικών} \\ \text{στο χρόνο} \\ t \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c} \text{Παραλαβές} \\ \text{ή "εισροές"} \\ \text{μεταξύ} \\ \text{χρόνου } t \\ \text{και } t + \delta t \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{c} \text{Παραδώσεις} \\ \text{ή "εκροές"} \\ \text{μεταξύ} \\ \text{χρόνου } t \\ \text{και } t + \delta t \end{array} \right\} \\
 + \left\{ \begin{array}{c} \text{Παραγωγή} \\ \text{υλικών} \\ \text{μεταξύ} \\ \text{χρόνου } t \\ \text{και } t + \delta t \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{c} \text{Κατανάλωση} \\ \text{υλικών} \\ \text{μεταξύ} \\ \text{χρόνου } t \\ \text{και } t + \delta t \end{array} \right\}$$

$$\Psi_{t+\delta t} = \Psi_t + \Psi_{t \rightarrow t+\delta t}^{in} - \Psi_{t \rightarrow t+\delta t}^{out} + \Psi_{t \rightarrow t+\delta t}^{gen} - \Psi_{t \rightarrow t+\delta t}^{cons}$$

ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ



$$\Psi_{t \rightarrow t+\delta t} = \int_t^{t+\delta t} \dot{\Psi}(t) dt = \dot{\Psi}(\xi) \int_t^{t+\delta t} dt \approx \dot{\Psi}(t) \delta t$$

$$\Psi_{t+\Delta t} = \Psi_t + (\dot{\Psi}_t^{in} - \dot{\Psi}_t^{out} + \dot{\Psi}_t^{gen} - \dot{\Psi}_t^{cons}) \delta t$$

$$\Rightarrow \frac{\Psi(t+dt) - \Psi(t)}{\delta t} = \dot{\Psi}_{in}(t) - \dot{\Psi}_{out}(t) + \dot{\Psi}_{gen}(t) - \dot{\Psi}_{cons}(t)$$

$$\Rightarrow \frac{d\Psi(t)}{dt} = \dot{\Psi}_{in}(t) - \dot{\Psi}_{out}(t) + \dot{\Psi}_{gen}(t) - \dot{\Psi}_{cons}(t)$$

ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ



$$\frac{d\Psi(t)}{dt} = \dot{\Psi}_{in}(t) - \dot{\Psi}_{out}(t) + \dot{\Psi}_{gen}(t) - \dot{\Psi}_{cons}(t)$$

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

ΕΙΣΡΟΗ

ΕΚΡΟΗ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

ΚΑΘΑΡΗ ΕΙΣΡΟΗ
(ΡΥΘΜΟΣ)

ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
(ΡΥΘΜΟΣ)

ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ = 0
ΓΙΑ ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ

ΟΛΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ($\Psi=M$)



$$\frac{dM(t)}{dt} = \dot{M}_{in}(t) - \dot{M}_{out}(t) + \dot{M}_{gen}(t) - \dot{M}_{cons}(t)$$

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

ΕΙΣΡΟΗ

ΕΚΡΟΗ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

ΚΑΘΑΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΜΑΖΑΣ

ΚΑΘΑΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΑΖΑΣ

ΟΛΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ (Ψ=M)



$$\frac{dM(t)}{dt} = \dot{M}_{in}(t) - \dot{M}_{out}(t) + \dot{M}_g(t) - \dot{M}_l(t)$$

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

ΕΙΣΡΟΗ

ΕΚΡΟΗ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ = 0

ΜΑΖΑ ΛΩΣΗ = 0

ΚΑΘΑΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΜΑΖΑΣ

ΚΑΘΑΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΑΖΑΣ
= 0

Η ΜΑΖΑ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ

ΟΛΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ($\Psi=M$)



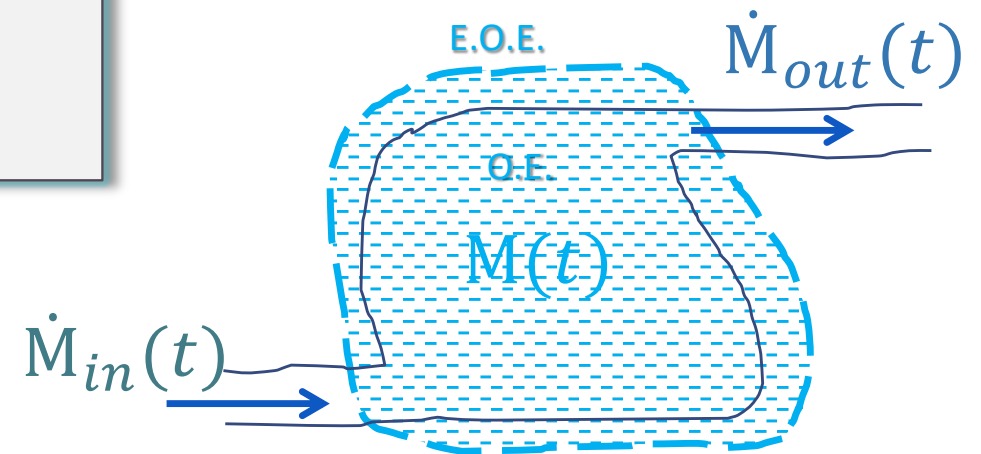
$$\frac{dM(t)}{dt} = \dot{M}_{in}(t) - \dot{M}_{out}(t)$$

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

ΕΙΣΡΟΗ

ΕΚΡΟΗ

ΚΑΘΑΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΜΑΖΑΣ



ΟΛΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ($\Psi=M$)



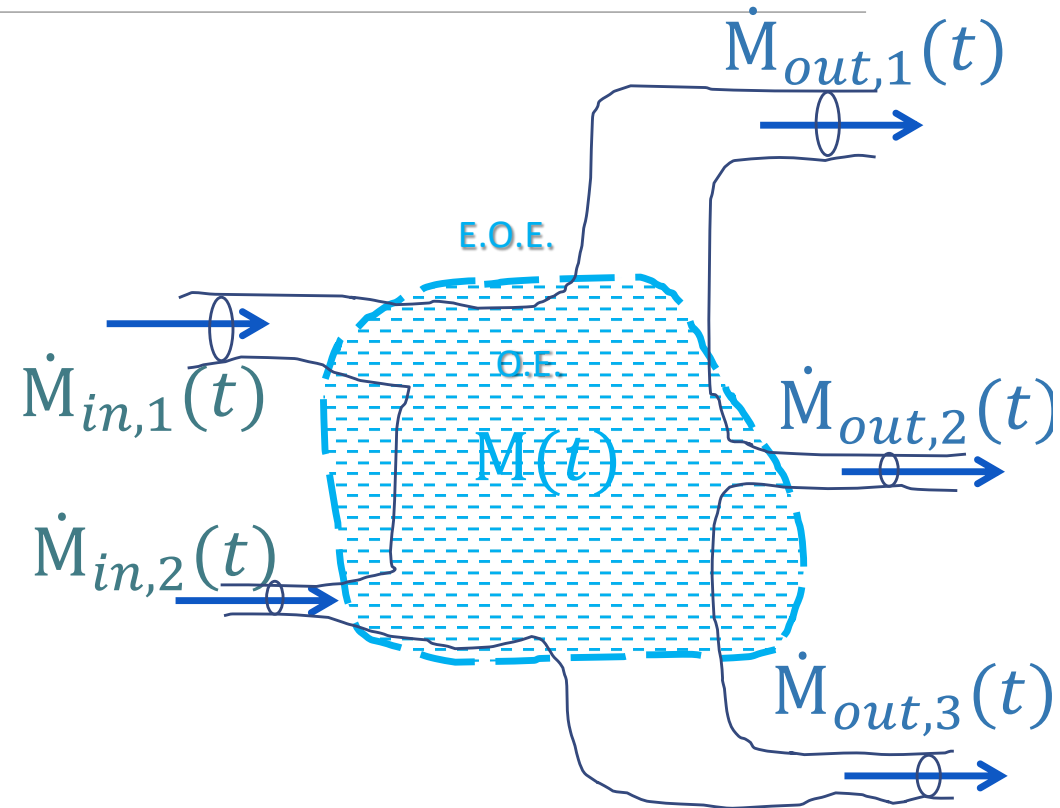
$$\frac{dM(t)}{dt} = \sum_i \dot{M}_{in,i}(t) - \sum_o \dot{M}_{in,o}(t)$$

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

ΕΙΣΡΟΗ

ΕΚΡΟΗ

ΚΑΘΑΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΜΑΖΑΣ



ΟΛΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ (Ψ=M)



$$\frac{dM(t)}{dt} = \sum_i \dot{M}_{in,i}(t) - \sum_o \dot{M}_{in,o}(t)$$

Παροχές μάζας: kg/s

$$\sum_i \dot{M}_{in,i}(t) = \sum_o \dot{M}_{in,o}(t)$$

Μόνιμες Συνθήκες

$$\frac{dN(t)}{dt} = \sum_i \dot{N}_{in,i}(t) - \sum_o \dot{N}_{in,o}(t)$$

Γραμμομοριακές Παροχές μάζας: kmol/s

$$\sum_i \dot{N}_{in,i}(t) = \sum_o \dot{N}_{in,o}(t)$$

Μόνιμες Συνθήκες

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟΥ j ($\Psi=m_j$)



$$\frac{dm_j(t)}{dt} = \dot{m}_{in,j}(t) - \dot{m}_{out,j}(t) + \dot{m}_{gen,j}(t) - \dot{m}_{cons,j}(t)$$

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

ΕΙΣΡΟΗ

ΕΚΡΟΗ

ΚΑΘΑΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΜΑΖΑΣ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ = 0

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ = 0

ΚΑΘΑΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΑΖΑΣ
ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ = 0

Η ΜΑΖΑ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟΥ **ΔΕΝ** ΕΙΝΑΙ
ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟΥ ($\Psi=m_j$)



$$\frac{dm_j(t)}{dt} = \dot{m}_{in,j}(t) - \dot{m}_{out,j}(t)$$

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

ΕΙΣΡΟΗ

ΕΚΡΟΗ

ΚΑΘΑΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΜΑΖΑΣ

ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΗΜΙΚΗΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ

$$\dot{m}_{in,j}(t) = \dot{m}_{out,j}(t)$$

ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΗΜΙΚΗΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ &
ΜΟΝΙΜΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟΥ ($\Psi=m_j$)



$$\frac{dm_j}{dt} = \dot{m}_{in,j} - \dot{m}_{out,j}$$

$$\dot{m}_j = \dot{M}w_j = \dot{F}c_j$$

$$\frac{dMw_j}{dt} = \dot{M}_{in} w_{in,j} - \dot{M}_{out} w_j$$

$$w_j = \frac{m_j}{M}$$

$$\frac{d(Vc_j)}{dt} = \dot{F}_{in} c_{in,j} - \dot{F}_{out} c_j$$

$$c_j = \frac{m_j}{V}$$

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟΥ ($\Psi = n_j = m_j / MW$)



$$\frac{dn_j(t)}{dt} = \dot{n}_{in,j}(t) - \dot{n}_{out,j}(t)$$

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

ΕΙΣΡΟΗ

ΕΚΡΟΗ

ΚΑΘΑΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΜΑΖΑΣ

$$\dot{n}_{in,j}(t) = \dot{n}_{out,j}(t)$$

ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΗΜΙΚΗΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ

ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΗΜΙΚΗΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ &
ΜΟΝΙΜΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟΥ ($\Psi=m_j$)



$$\frac{dn_j}{dt} = \dot{n}_{in,j} - \dot{n}_{out,j}$$

$$\dot{n}_j = \dot{N}x_j = \dot{F}c_j$$

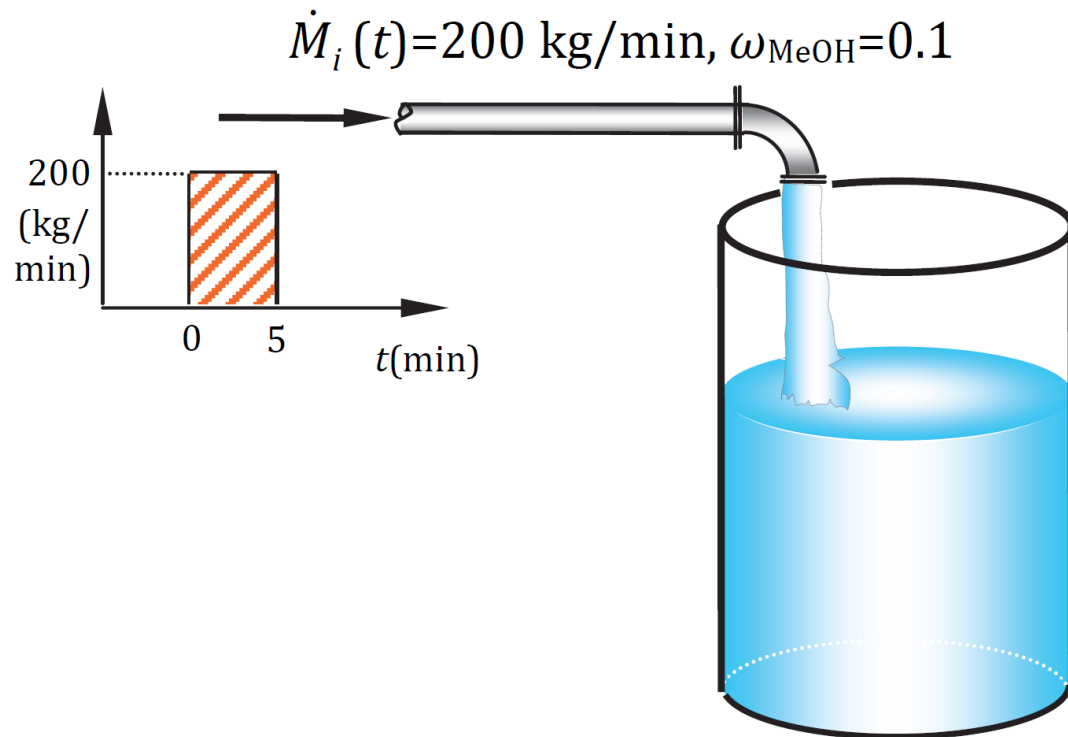
$$\frac{d(Nx_j)}{dt} = \dot{N}_{in} x_{in,j} - \dot{N}_{out} x_j$$

$$x_j = \frac{n_j}{N}$$

$$\frac{d(Vc_j)}{dt} = \dot{F}_{in} c_{in,j} - \dot{F}_{out} c_j$$

$$c_j = \frac{n_j}{V}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



$$M(t) = ?$$
$$\omega_{\text{MeOH}} = ?$$

Λύση



$$\frac{dM(t)}{dt} = \sum_i \dot{M}_{in,i}(t) - \sum_o \dot{M}_{out,o}(t) = \dot{M}_{in} = \text{const}$$

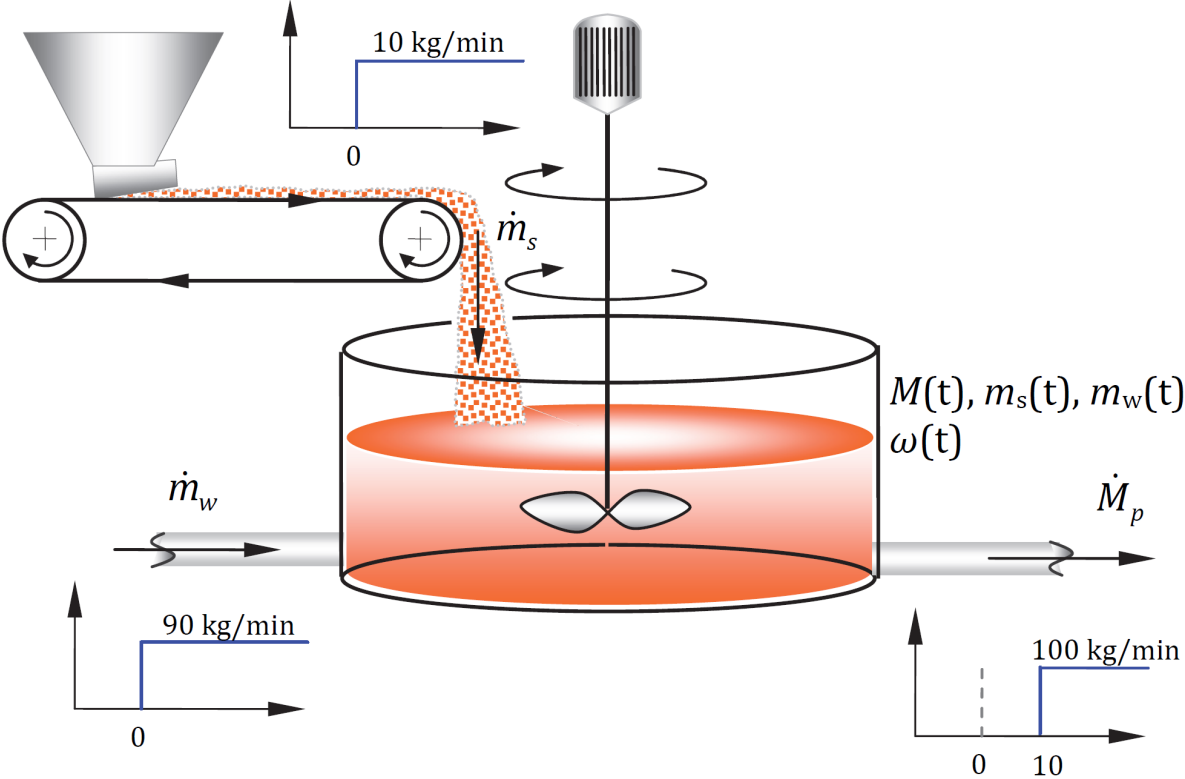
$$\Rightarrow \frac{dM(t)}{dt} = \dot{M}_{in} \Rightarrow dM(t) = \dot{M}_{in} dt \Rightarrow M(t) = M(0) + \dot{M}_{in} t$$

$$\frac{dm_{MeOH}(t)}{dt} = \sum_i \dot{M}_{in,i} \omega_{in,MeOH} - \sum_o \dot{M}_{out,o} \omega_{out,MeOH} = \dot{M}_{in} \omega_{in,MeOH}$$

$$\Rightarrow \frac{dm_{MeOH}(t)}{dt} = \dot{M}_{in} \omega_{in,MeOH} \Rightarrow m_{MeOH}(t) = [\dot{M}_{in} \omega_{in,MeOH}] \cdot t$$

$$\omega_{MeOH}(t) = \frac{m_{MeOH}(t)}{M(t)} = \frac{\dot{M}_{in} t}{M(0) + \dot{M}_{in} t} \omega_{in,MeOH}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



$$\frac{dM(t)}{dt} = \sum_i \dot{M}_{in,i}(t) - \sum_o \dot{M}_{in,o}(t) = \begin{cases} \dot{m}_s + \dot{m}_w, & 0 \leq t < 10 \text{ min} \\ \dot{m}_s + \dot{m}_w - \dot{M}_p, & 10 \text{ min} \leq t \end{cases}$$

$$\frac{dm_s(t)}{dt} = \begin{cases} \dot{m}_s, & 0 \leq t < 10 \text{ min} \\ \dot{m}_s - \dot{M}_p \omega, & 10 \text{ min} \leq t \end{cases}$$

$$\omega = \frac{m_s}{M}$$

HOME PLOTS APPS EDITOR PUBLISH VIEW

Search Documentation Sign In

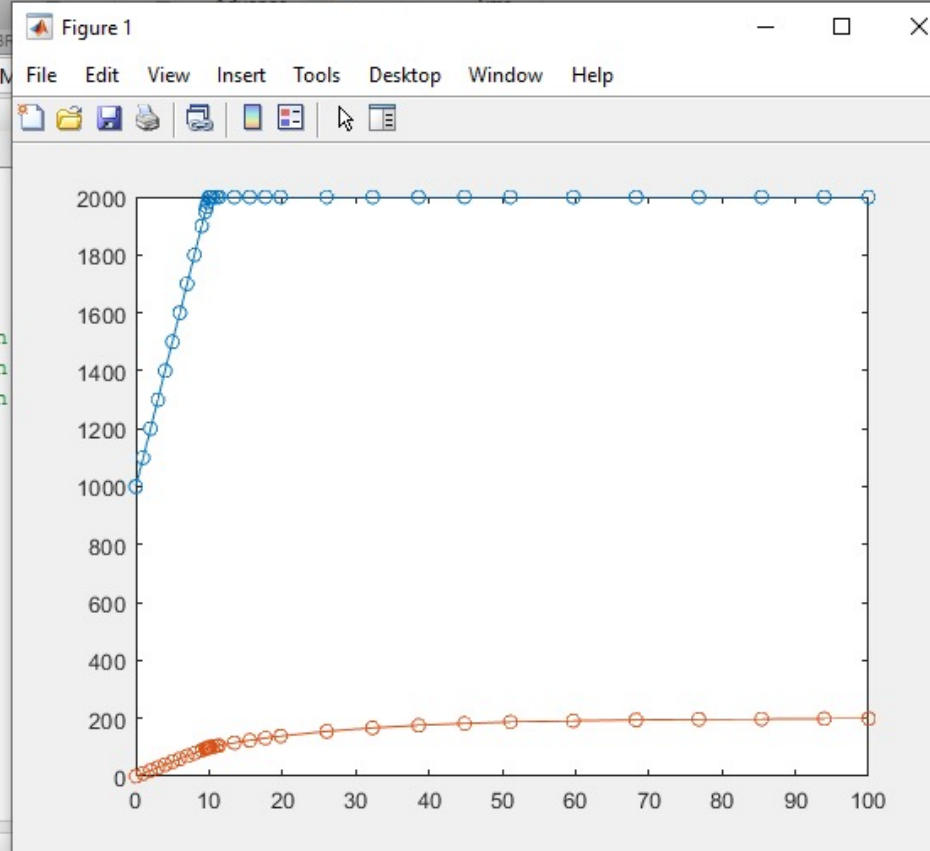
New Open Save Find Files Compare Print

Go To Find Comment Indent

Breakpoints Run Run and Advance Run and

```

C:\Users\ikook\OneDrive\Documents\MATLAB\example2_2.m
example2_2.m x +
1 function dxdt=example2_2(t,x)
2
3 M = x(1); % total mass
4 ms = x(2); % mass of salt
5
6 mdot_s = 10; % mass flowrate of salt in kg/min
7 mdot_w = 90; % mass flowrate of water in kg/min
8 Mdot_p = 100; % product mass flowrate in kg/min
9
10 ws = ms/M;
11
12 if (t<10)
13     dxdt(1) = mdot_s+mdot_w;
14     dxdt(2) = mdot_s;
15 else
16     dxdt(1) = mdot_s+mdot_w-Mdot_p;
17     dxdt(2) = mdot_s - Mdot_p*ws;
18 end
19
20 dxdt=dxdt(:);
    
```



Command Window

New to MATLAB? See resources for [Getting Started.](#)

```

>> ode15s(@example2_2,[0 100],[1000;0])
fx >>
    
```



