ΑΡΧΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ

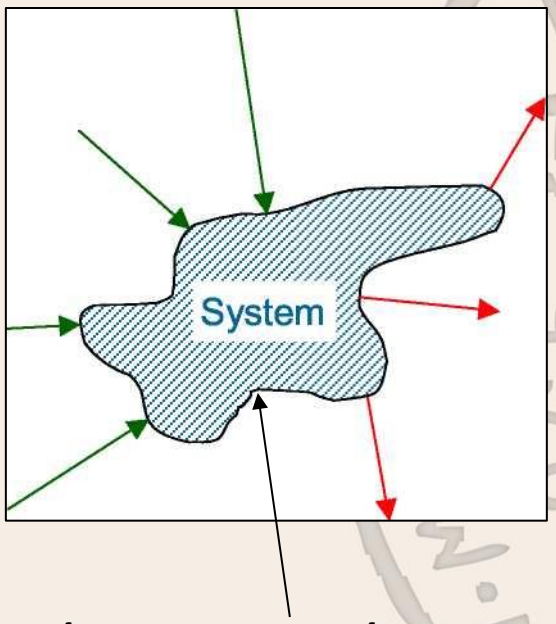
Παρουσίαση 7



Καθ. Μ. Ταξιάρχου

Ισοζύγιο Μάζας

Ισοζύγιο Μάζας είναι ο ισολογισμός των ποσοτήτων μάζας που υφίστανται αλλαγές ή διέρχονται μέσα από ένα σύστημα



Ισοζύγιο Μάζας

Τα ισοζύγια μάζας είναι θεμελιώδες εργαλείο.

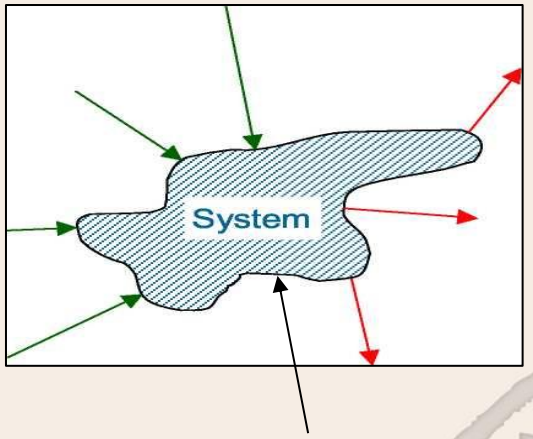
- Χρησιμοποιούνται σε όλες τις μεταλλευτικές διεργασίες.
- Αποτελούν τη βάση για υπολογισμό ανάκτησης μετάλλων/χρήσιμων συστατικών και σχεδιασμό κυκλωμάτων.

Γιατί είναι σημαντικά τα ισοζύγια;

Χρησιμοποιούνται για:

- έλεγχο παραγωγής
- σχεδιασμό μονάδων κατεργασίας
- επιλογή εξοπλισμού
- οικονομική αξιολόγηση διεργασιών και συνολικών παραγωγικών μονάδων

Γενικό Ισοζύγιο Μάζας



Όρια του συστήματος

Ρυθμός Εισόδου Μάζας εντός των ορίων του Συστήματος	=	**Ρυθμός Εξόδου** Μάζας από τα όρια του Συστήματος	-	**Ρυθμός Παραγωγής** Μάζας εντός του Συστήματος	+	**Ρυθμός Κατανάλωσης** Μάζας εντός του Συστήματος

Ρυθμός Εισόδου + **Ρυθμός Παραγωγής** = **Ρυθμός Εξόδου** + **Ρυθμός Κατανάλωσης**

Εφαρμογή Ισοζυγίου Μάζας

Σε ένα σύστημα μπορούν να πραγματοποιηθούν τριών ειδών ισοζύγια μάζας

- **Το Ολικό Ισοζύγιο Μάζας**
- **Ισοζύγιο Μάζας Ενός Συστατικού**
- **Ισοζύγιο Μάζας Ενός Χημικού Στοιχείου**

Εφαρμογή Ισοζυγίου Μάζας

Το Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

Αφορά το σύνολο της μάζας όλων των υλικών που εισέρχονται και εξέρχονται από ένα σύστημα

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

S_1: Υγραέριο



S_3: Καυσαέρια

S_2: Αέρας

M_{1+2} :	Συνολική Μαζική Ροή Εισόδου Υλικών στα Ρεύματα S_1 + S_2
$M_{1υγραερίου}$:	Μαζική Ροή Υγραερίου στο Ρεύμα S_1
$M_{2αέρα}$:	Μαζική Ροή Αέρα στο Ρεύμα S_2

M_3 :	Συνολική Μαζική Ροή Εξόδου Υλικών στο Ρεύμα S_3
$M_{3καυσαερίου}$:	Μαζική Ροή Καυσαερίου στο Ρεύμα S_3

Εφαρμογή Ισοζυγίου Μάζας

Ισοζύγιο Μάζας ενός Συστατικού

Αφορά το σύνολο της μάζας ενός μόνο συστατικού που περιέχεται σε όλα τα υλικά που εισέρχονται και εξέρχονται από ένα σύστημα

Ισοζύγιο Μάζας Συστατικού π.χ. $O_2(g)$

S_1: Υγραέριο

m_{1O_2}: $O_2(g)$

S_3: Καυσαέρια

m_{3O_2}: $O_2(g)$



S_2: Αέρας

m_{2O_2}: $O_2(g)$

m_{1O_2} : Μαζική Ροή Οξυγόνου στο Ρεύμα S_1του υγραερίου

m_{2O_2} : Μαζική Ροή Οξυγόνου στο Ρεύμα S_2 του αέρα

m_{3O_2} : Μαζική Ροή Οξυγόνου στο Ρεύμα S_3 των καυσαερίων

Ισοζύγιο Μάζας Συστατικού π.χ. $CO_2(g)$

S_1: Υγραέριο

m_{1CO2}: $CO_2(g)$

S_3: Καυσαέρια

m_{3CO2}: $CO_2(g)$



S_2: Αέρας

m_{2CO2}: $CO_2(g)$

m_{1CO2} : Μαζική Ροή διοξειδίου του άνθρακα στο Ρεύμα S_1του υγραερίου

m_{2CO2} : Μαζική Ροή διοξειδίου του άνθρακα στο Ρεύμα S_2 του αέρα

m_{3CO2} : Μαζική Ροή διοξειδίου του άνθρακα στο Ρεύμα S_3 των καυσαερίων

Ισοζύγιο Μάζας Συστατικού π.χ. $CH_4(g)$

S_1: Υγραέριο

m_{1CO2}: $CH_4(g)$



S_2: Αέρας

m_{2CO2}: $CH_4(g)$

S_3: Καυσαέρια

m_{3CO2}: $CH_4(g)$

m_{1CH4} : Μαζική Ροή Μεθανίου στο Ρεύμα S_1του υγραερίου

m_{2CH4} : Μαζική Ροή Μεθανίου στο Ρεύμα S_2 του αέρα

m_{3CH4} : Μαζική Ροή Μεθανίου στο Ρεύμα S_3 των καυσαερίων

Εφαρμογή Ισοζυγίου Μάζας

Ισοζύγιο Μάζας ενός Χημικού Στοιχείου

Αφορά το σύνολο της μάζας ενός μόνο χημικού στοιχείου που περιέχεται σε όλα τα υλικά που εισέρχονται και εξέρχονται από ένα σύστημα

Ισοζύγιο Μάζας Στοιχείου π.χ. Ο

S_1: Υγραέριο

m_{1O}: Ο

S_3: Καυσαέρια

m_{3O}: Ο



S_2: Αέρας

m_{2O}: Ο

m_{1O} : Μαζική Ροή Οξυγόνου στο Ρεύμα S_1του υγραερίου

m_{2O} : Μαζική Ροή Οξυγόνου στο Ρεύμα S_2 του αέρα

m_{3O} : Μαζική Ροή Οξυγόνου στο Ρεύμα S_3 των καυσαερίων

Ισοζύγιο Μάζας Στοιχείου π.χ. C



m_{1C} : Μαζική Ροή άνθρακα στο Ρεύμα S_1του υγραερίου

m_{2C} : Μαζική Ροή άνθρακα στο Ρεύμα S_2 του αέρα

m_{3C} : Μαζική Ροή άνθρακα στο Ρεύμα S_3 των καυσαερίων

Ισοζύγιο Μάζας Στοιχείου π.χ. Η



m_{1H}: Μαζική Ροή υδρογόνου στο Ρεύμα S_1του υγραερίου

m_{2H}: Μαζική Ροή υδρογόνου στο Ρεύμα S_2 του αέρα

m_{3H} : Μαζική Ροή υδρογόνου στο Ρεύμα S_3 των καυσαερίων

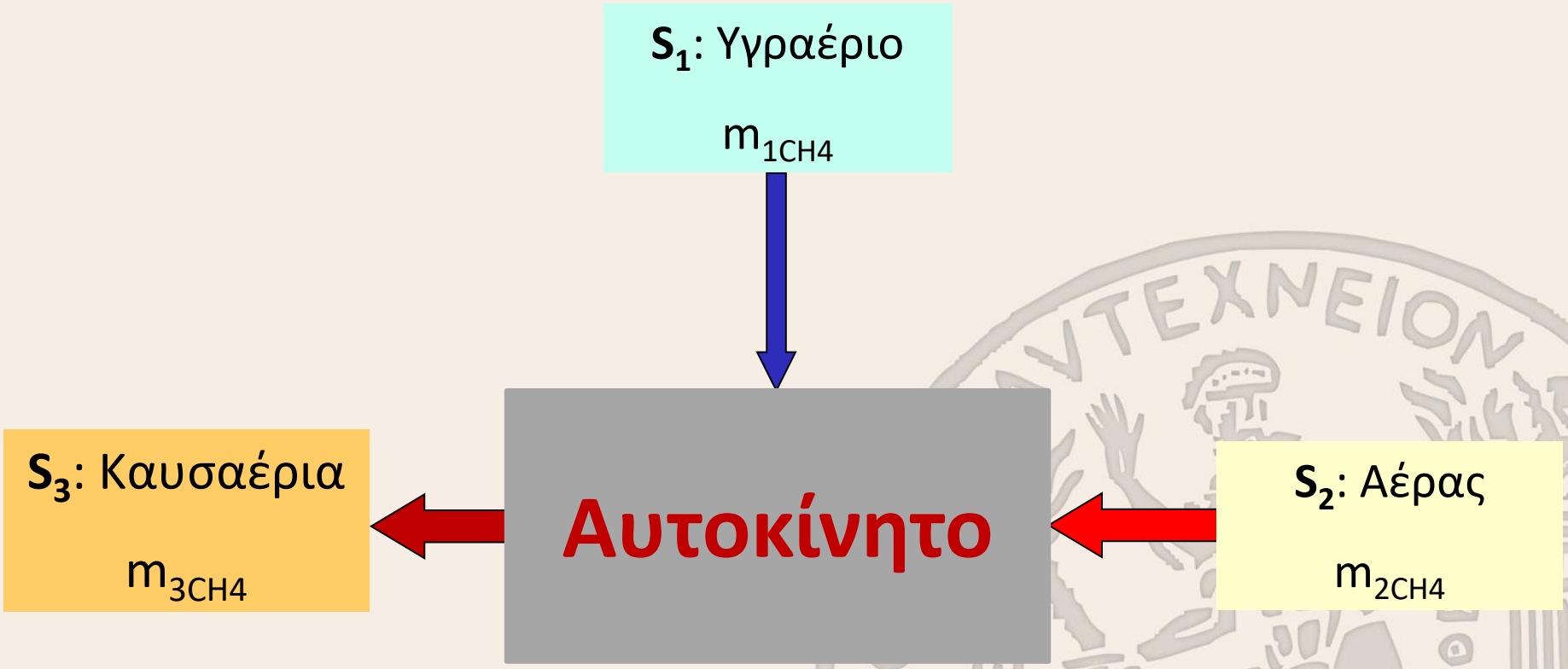
Ισοζύγια Μάζας

Τι είναι διεργασία και πως συμβολίζεται

Διάγραμμα Ροής Διεργασίας



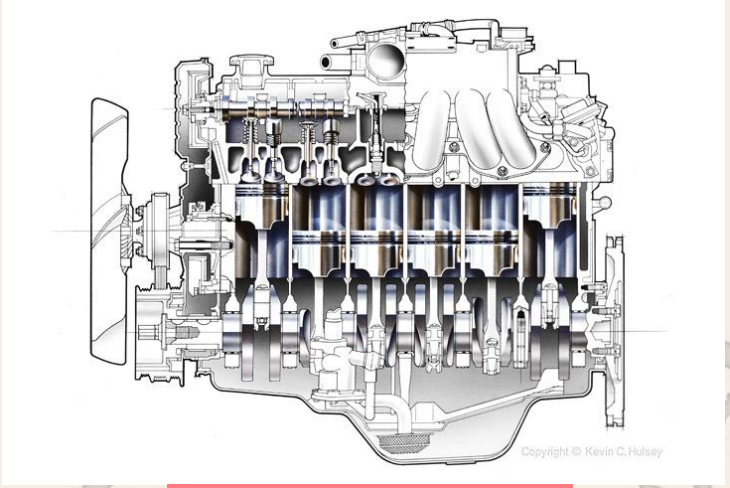
Διάγραμμα Ροής Διεργασίας



Διάγραμμα Ροής Διεργασίας



Φωτογραφία



Τομή τεχνική

S_1: Υγραέριο

m_{1CO2}

S_3: Καυσαέρια

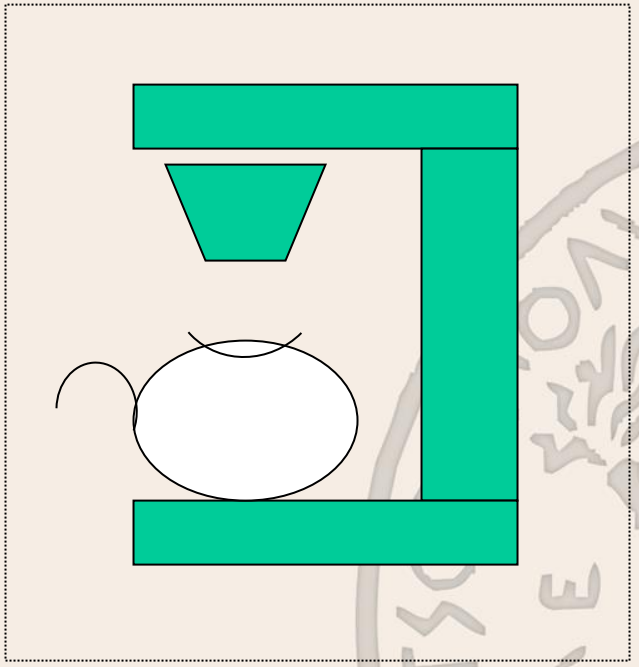
m_{3CO2}

Κινητήρας Αυτοκινήτου

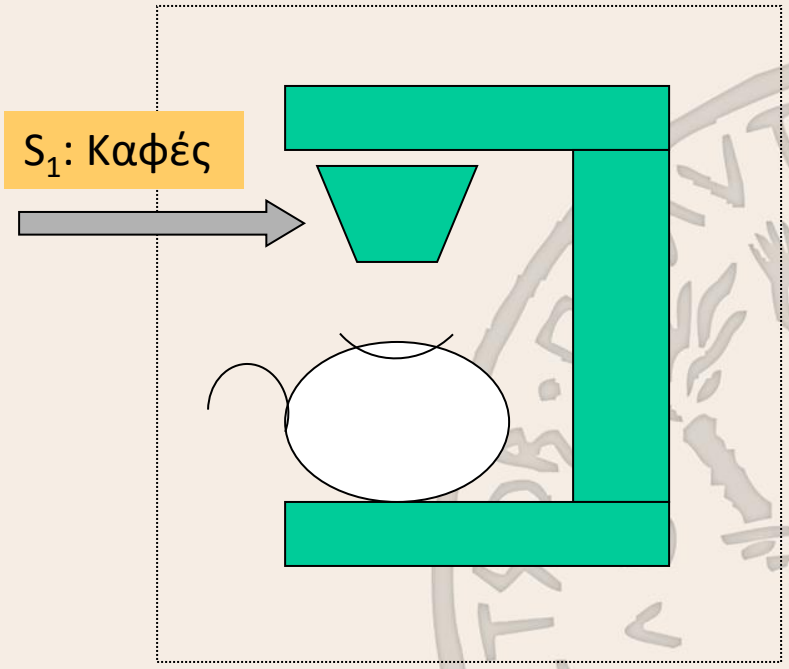
S_2: Αέρας

m_{2CO2}

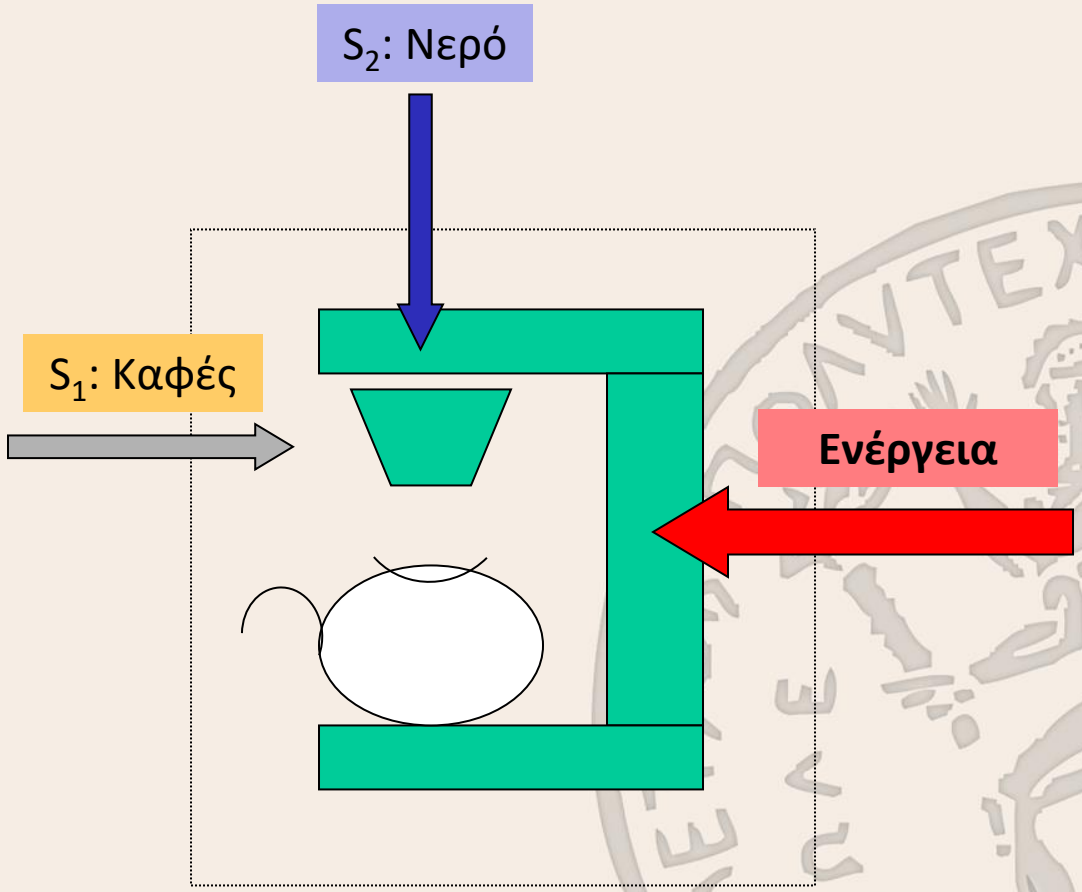
Διεργασία παραγωγής καφέ



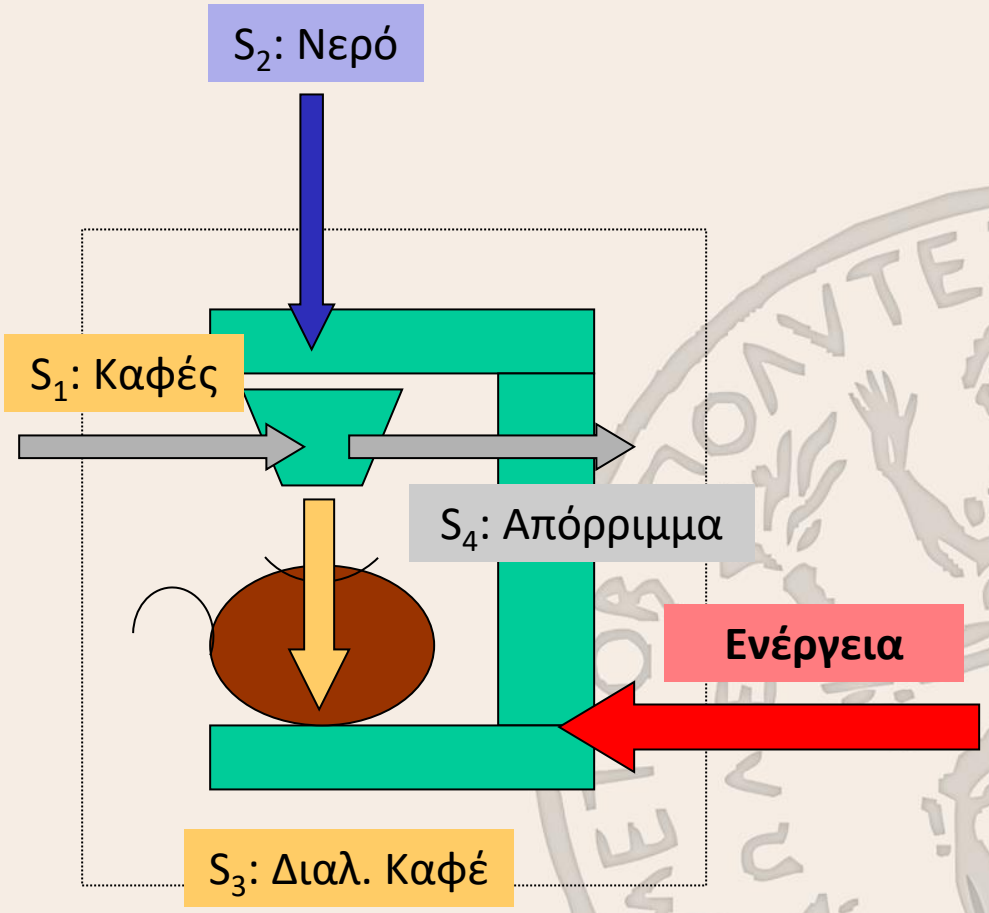
Διεργασία παραγωγής καφέ



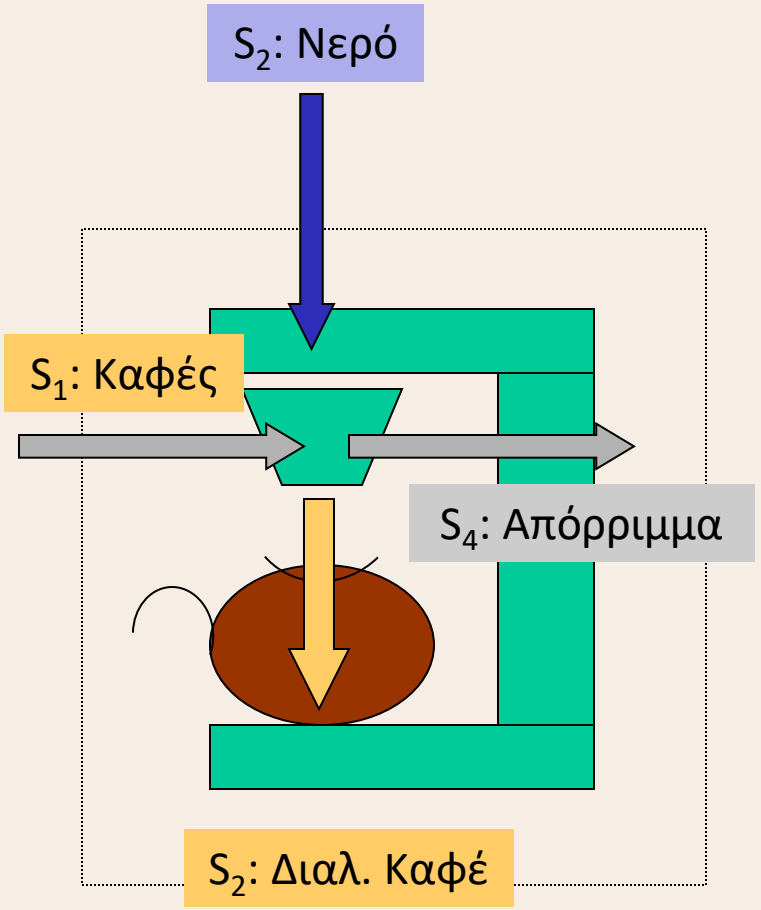
Διεργασία παραγωγής καφέ

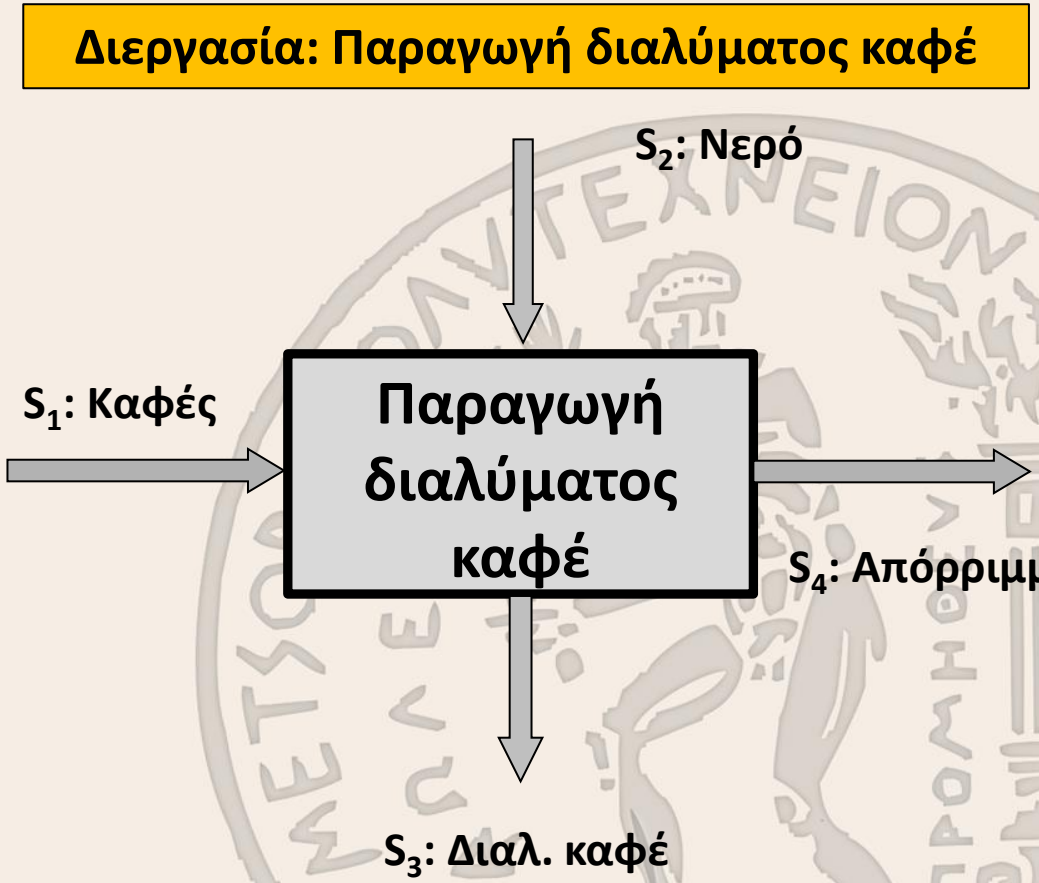


Διεργασία παραγωγής καφέ



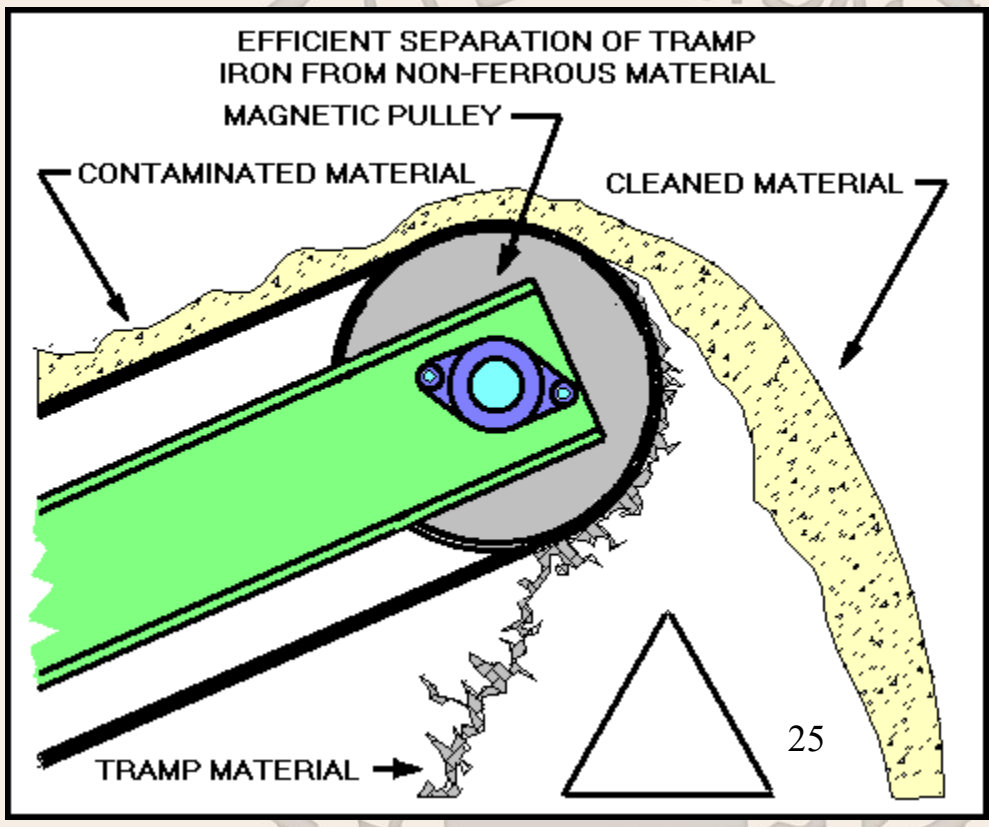
Διεργασία παραγωγής καφέ





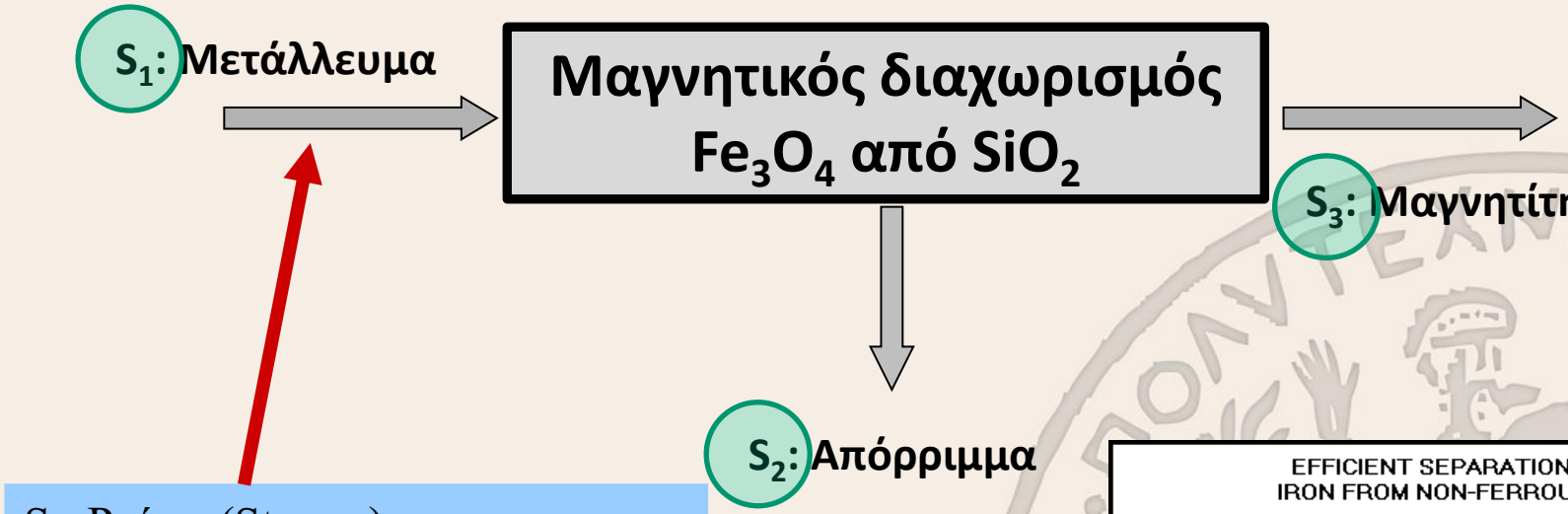
Διεργασία Μαγνητικού Διαχωρισμού

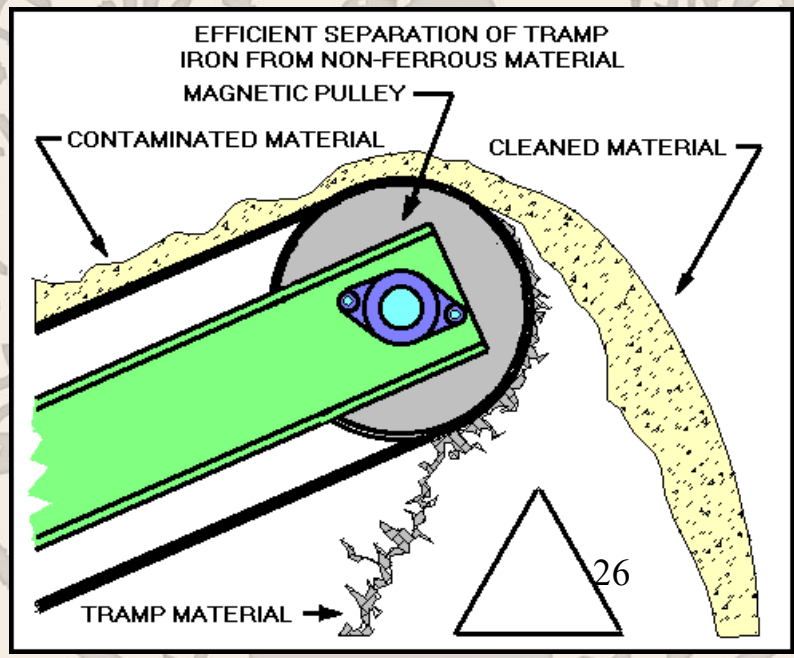




Διεργασία Μαγνητικού Διαχωρισμού

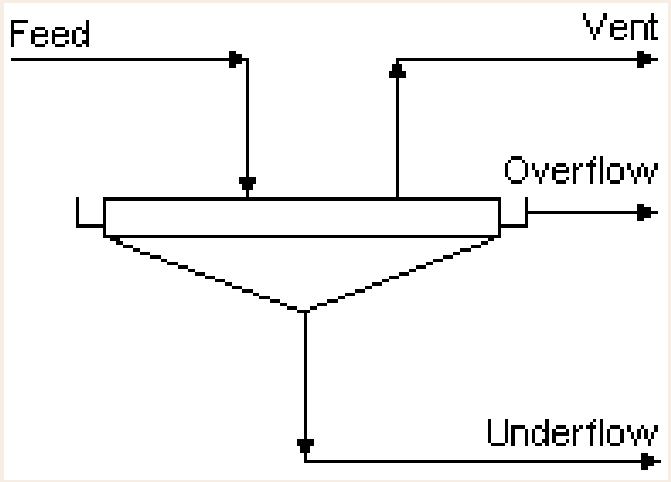
Διεργασία: Μαγνητικός διαχωρισμός

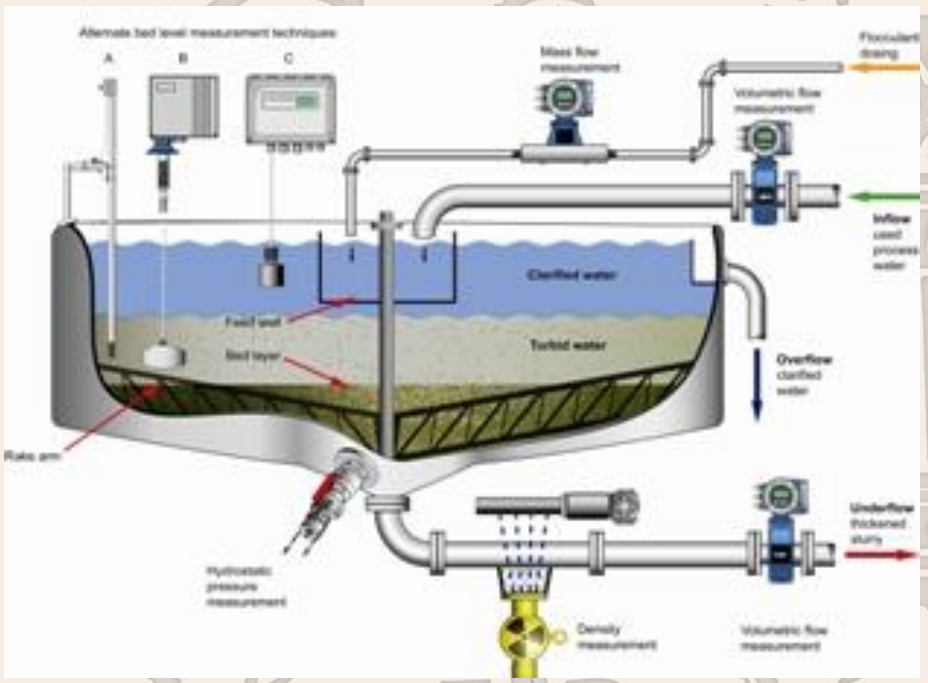




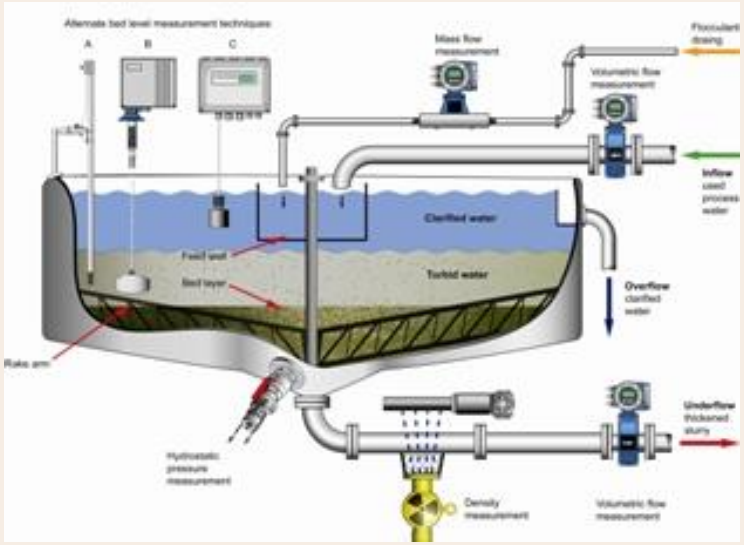
Διαχωρισμός Στερεών - Ρευστών

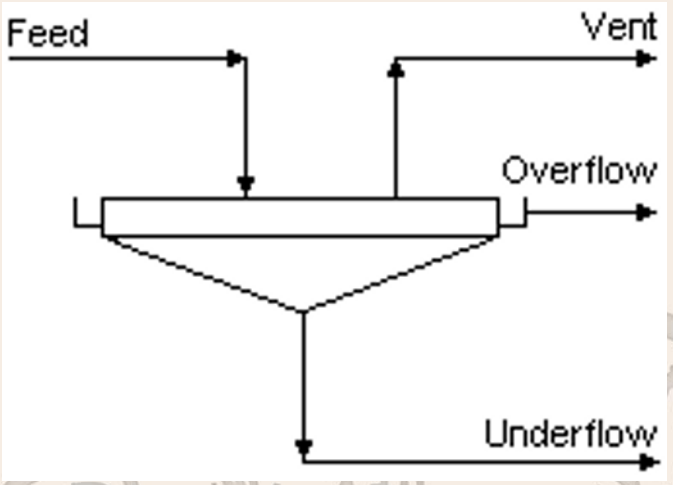






Διαχωρισμός Στερεών - Ρευστών





Διεργασία: Διαχωρισμός στερεών - ρευστών

S_2: Νερό

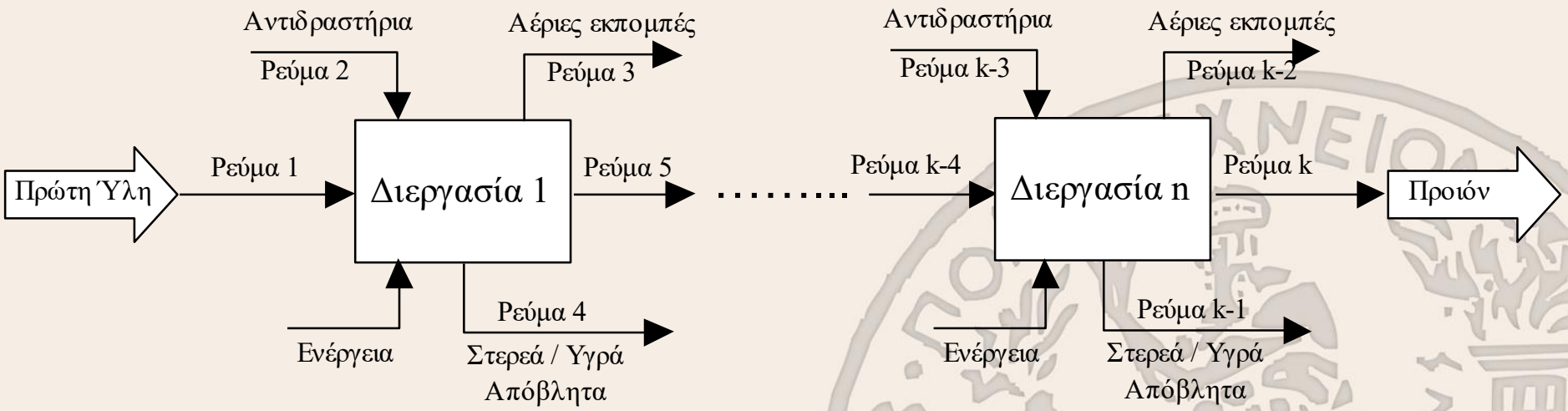
S_1: Πολφός

Διαχωρισμός Στερεών - ρευστών

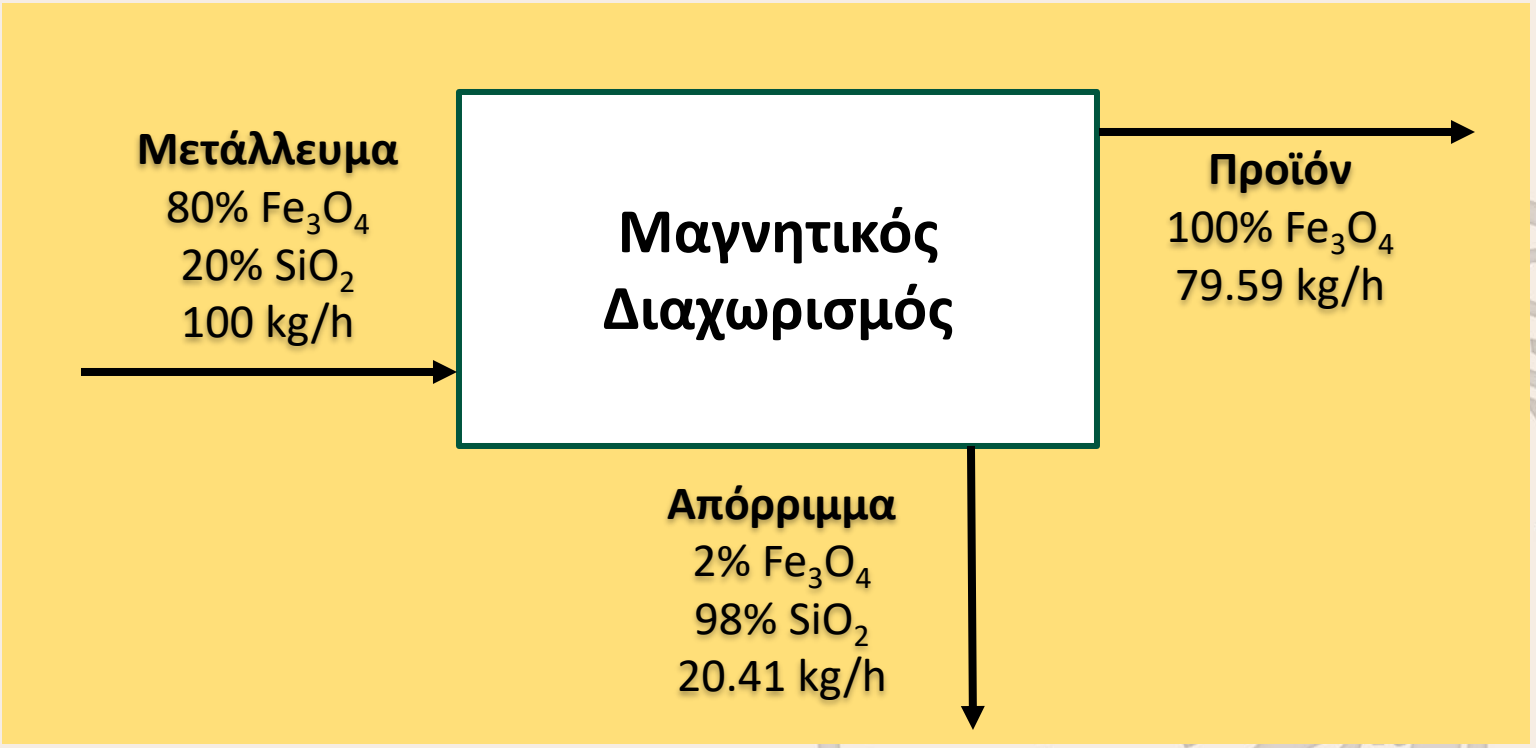
S_4: Υπερροή
(διαυγές διάλυμα)

S_3: Υπορροή
(πυκνός πολφός)

Τυπική Παραγωγική Διαδικασία



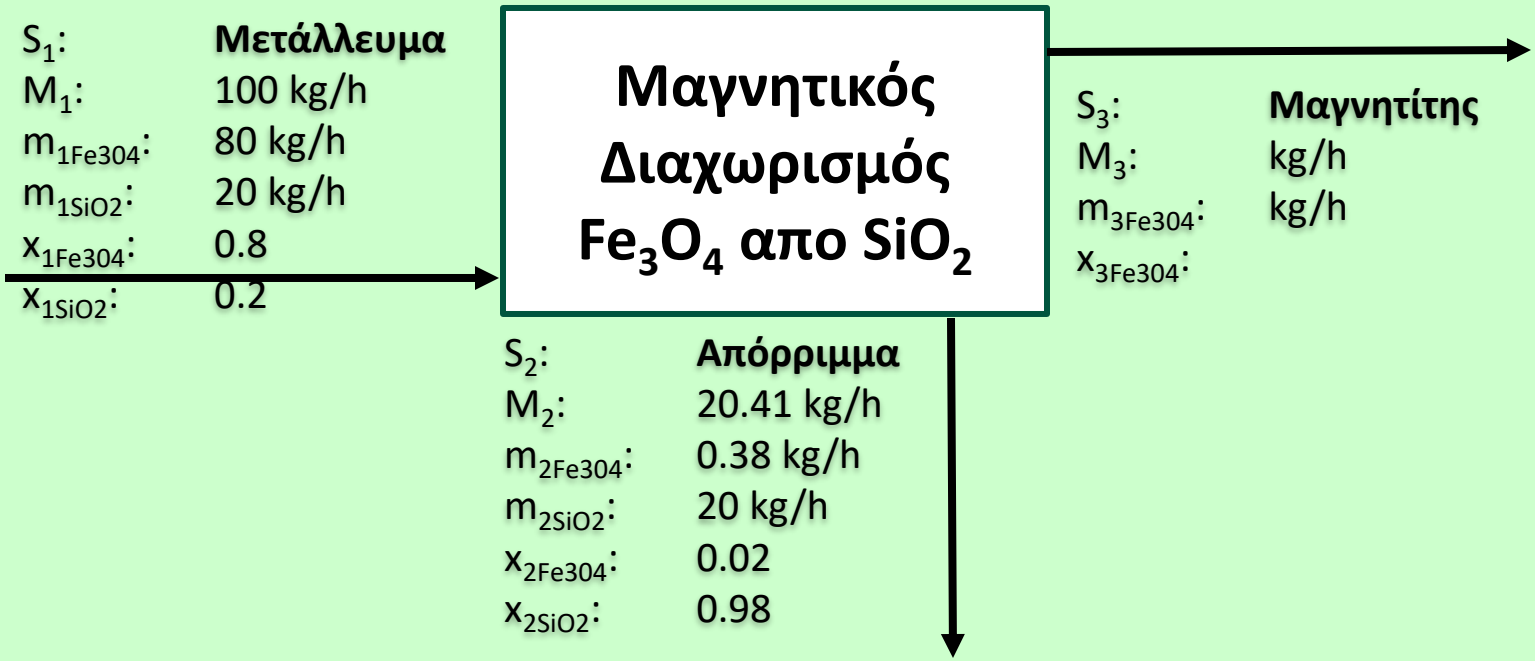
Απλοποιημένο διάγραμμα ροής



Περιλαμβάνει ποιοτικές και ποσοτικές πληροφορίες

Απλοποιημένο διάγραμμα ροής

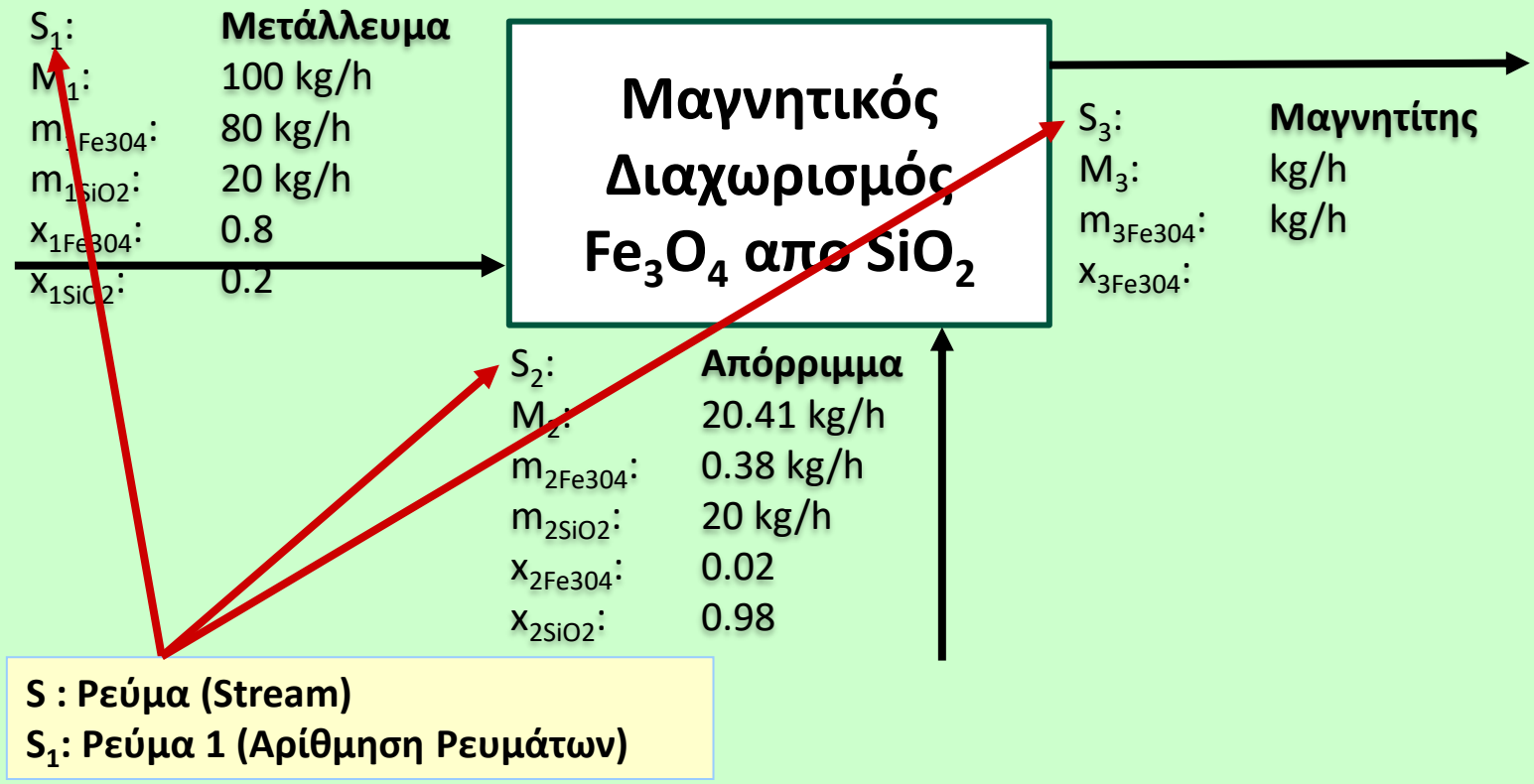
Διάγραμμα ροής: Μαγνητικός διαχωρισμός



Περιλαμβάνει ποιοτικές και ποσοτικές πληροφορίες

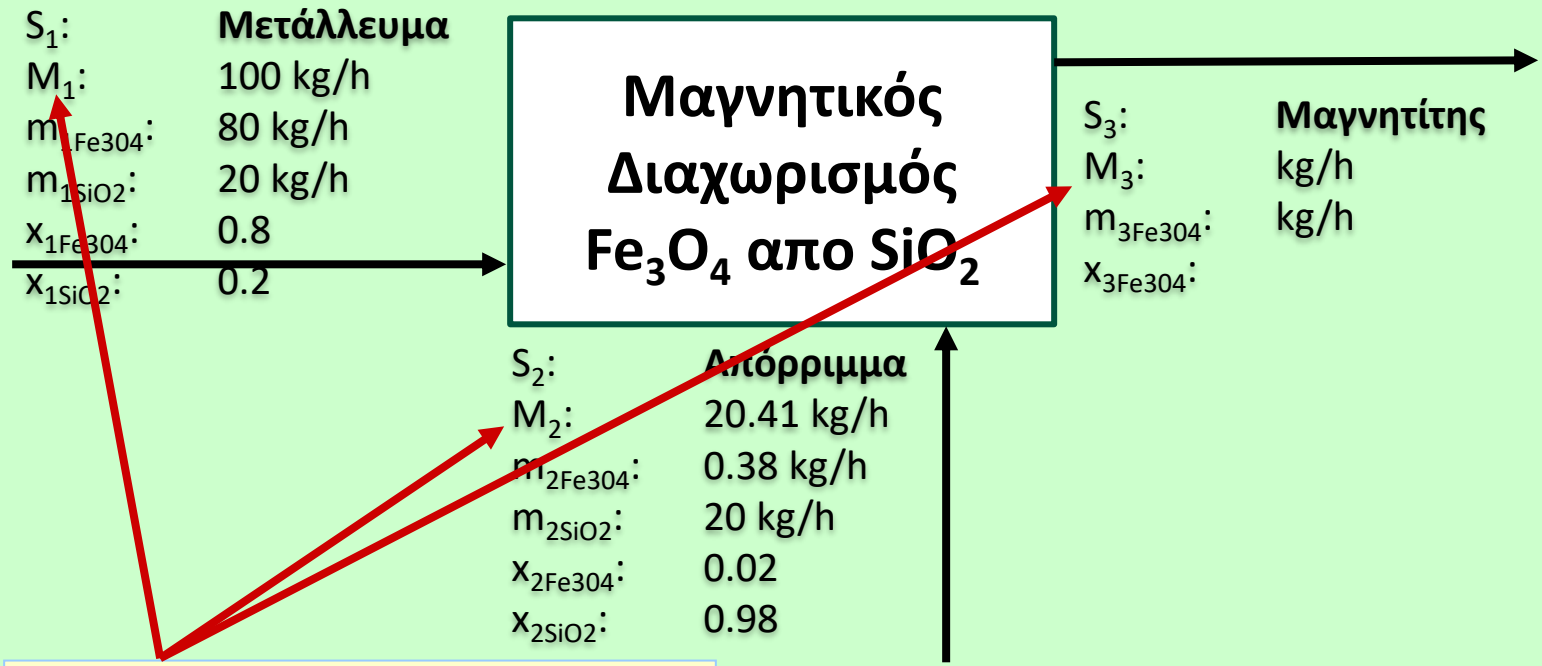
Απλοποιημένο διάγραμμα ροής

Διάγραμμα ροής: Μαγνητικός διαχωρισμός



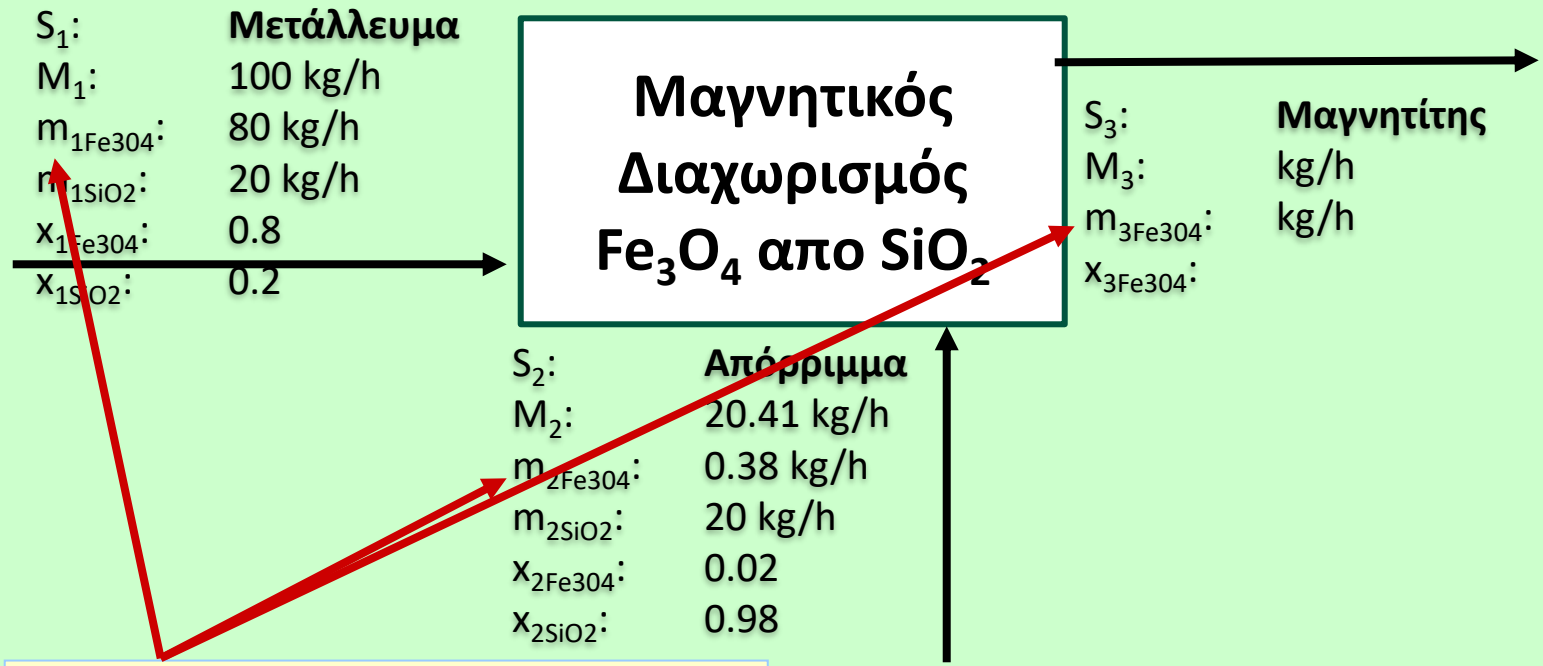
Απλοποιημένο διάγραμμα ροής

Διάγραμμα ροής: Μαγνητικός διαχωρισμός



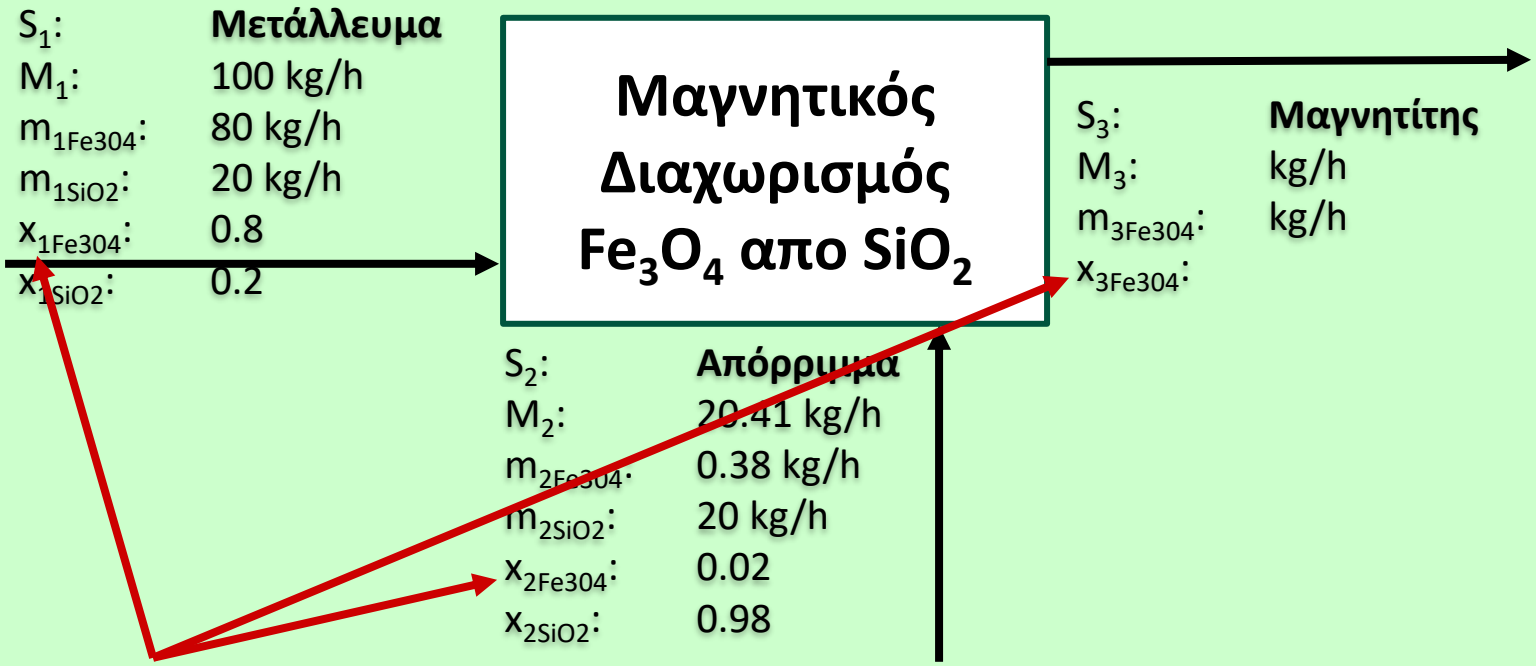
Απλοποιημένο διάγραμμα ροής

Διάγραμμα ροής: Μαγνητικός διαχωρισμός



Απλοποιημένο διάγραμμα ροής

Διάγραμμα ροής: Μαγνητικός διαχωρισμός



x(w/w) : Κατά Βάρος Περιεκτικότητα

x_{1Fe3O4}(w/w): Κατά Βάρος Περιεκτικότητα του Fe_3O_4 στο Ρεύμα S_1

Πληροφορίες που πρέπει να απεικονίζονται σε ένα ρεύμα

Θεμελιώδεις πληροφορίες	Μονάδες
Είδος ρεύματος	Στερεό (S), Υγρό (L), Αέριο (G)
Είδος συστατικών	Χημικός τύπος
Κλάσματα μάζας για κάθε συστατικό	% w/w
Κατ' όγκο περιεκτικότητα	% w/v
Γραμμομοριακά κλάσματα για κάθε συστατικό	% f/f
Συγκέντρωση συστατικού	mol/L
Μαζική ροή	kg/h
Ογκομετρική ροή	m^3/h
Γραμμομοριακή ροή	mol/h
Μαζική ροή κάθε συστατικού	kg/h
Ογκομετρική ροή κάθε συστατικού	m^3/h
Γραμμομοριακή ροή κάθε συστατικού	mol/h
Θερμοκρασία	K, C
Πίεση	bar, atm

Καύση μεθανίου με αέρα

Σε έναν καυστήρα καίγεται μεθάνιο ($CH_{4(g)}$) με ογκομετρική παροχή 10 m^3/h. Να σχεδιαστεί το διάγραμμα ροής.

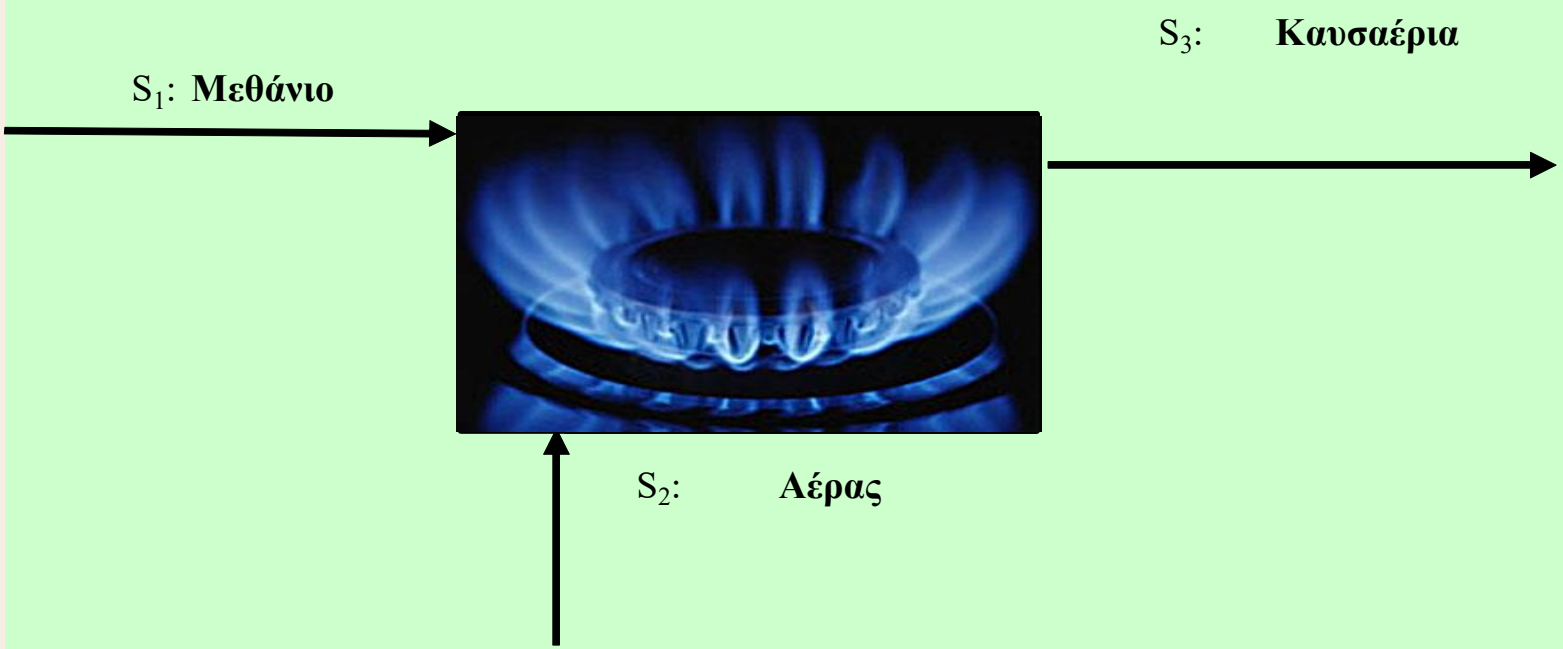




Καύση μεθανίου με αέρα

Σε έναν καυστήρα καίγεται μεθάνιο ($CH_4(g)$) με ογκομετρική παροχή 10 m^3/h. Να σχεδιαστεί το διάγραμμα ροής.

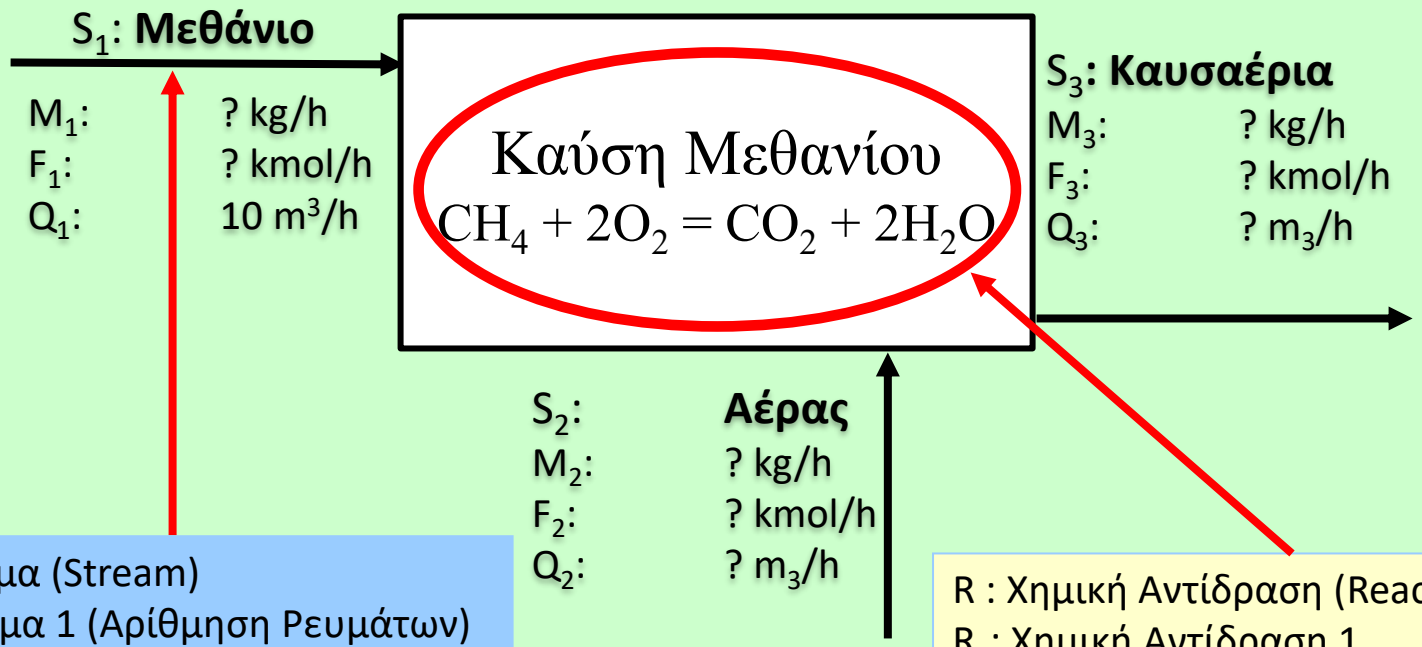
Βήμα 1ο : Σχεδιασμός διαγράμματος



Καύση μεθανίου με αέρα

Βήμα 2ο : Εισαγωγή Χημικών Αντιδράσεων

Διάγραμμα Ροής: Ατελής καύση μεθανίου με περίσσεια αέρα



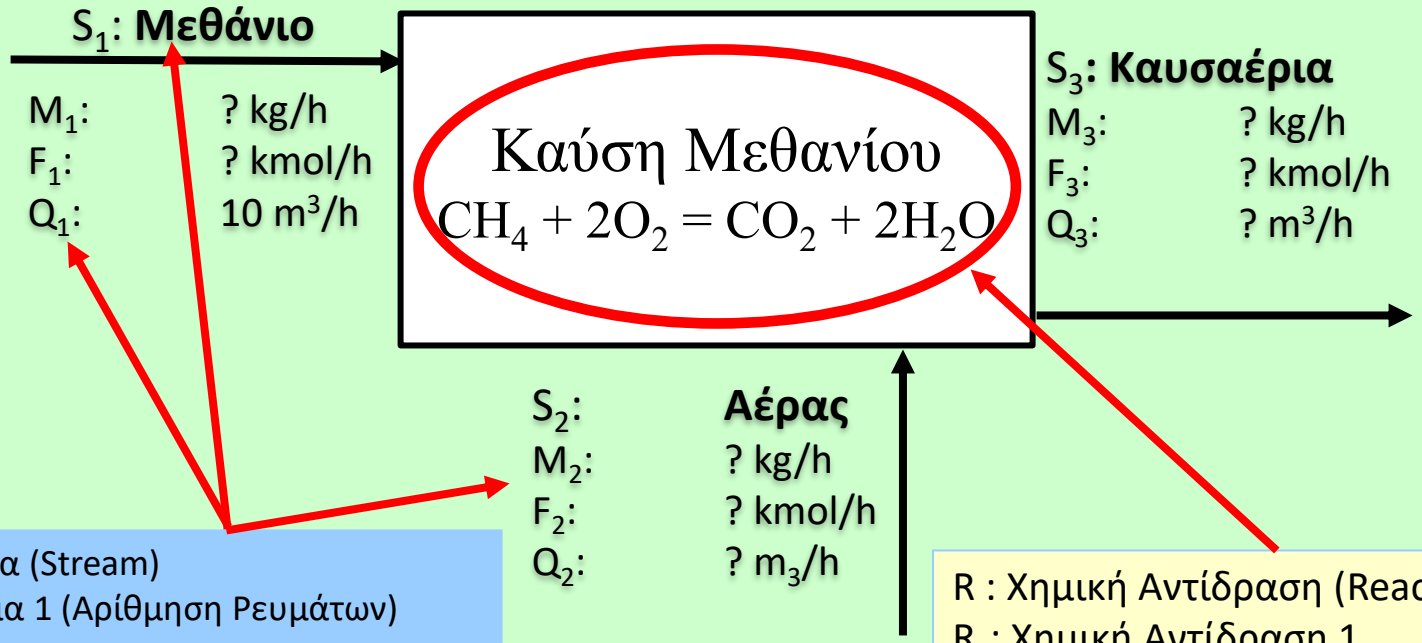
S : Ρεύμα (Stream)
S_1: Ρεύμα 1 (Αρίθμηση Ρευμάτων)
Ονομασία Ρευμάτων

R : Χημική Αντίδραση (Reaction)
R_1: Χημική Αντίδραση 1

Καύση μεθανίου με αέρα

Βήμα 2ο : Εισαγωγή Χημικών Αντιδράσεων

Διάγραμμα Ροής: Ατελής καύση μεθανίου με περίσσεια αέρα



S : Ρεύμα (Stream)
S_1: Ρεύμα 1 (Αρίθμηση Ρευμάτων)

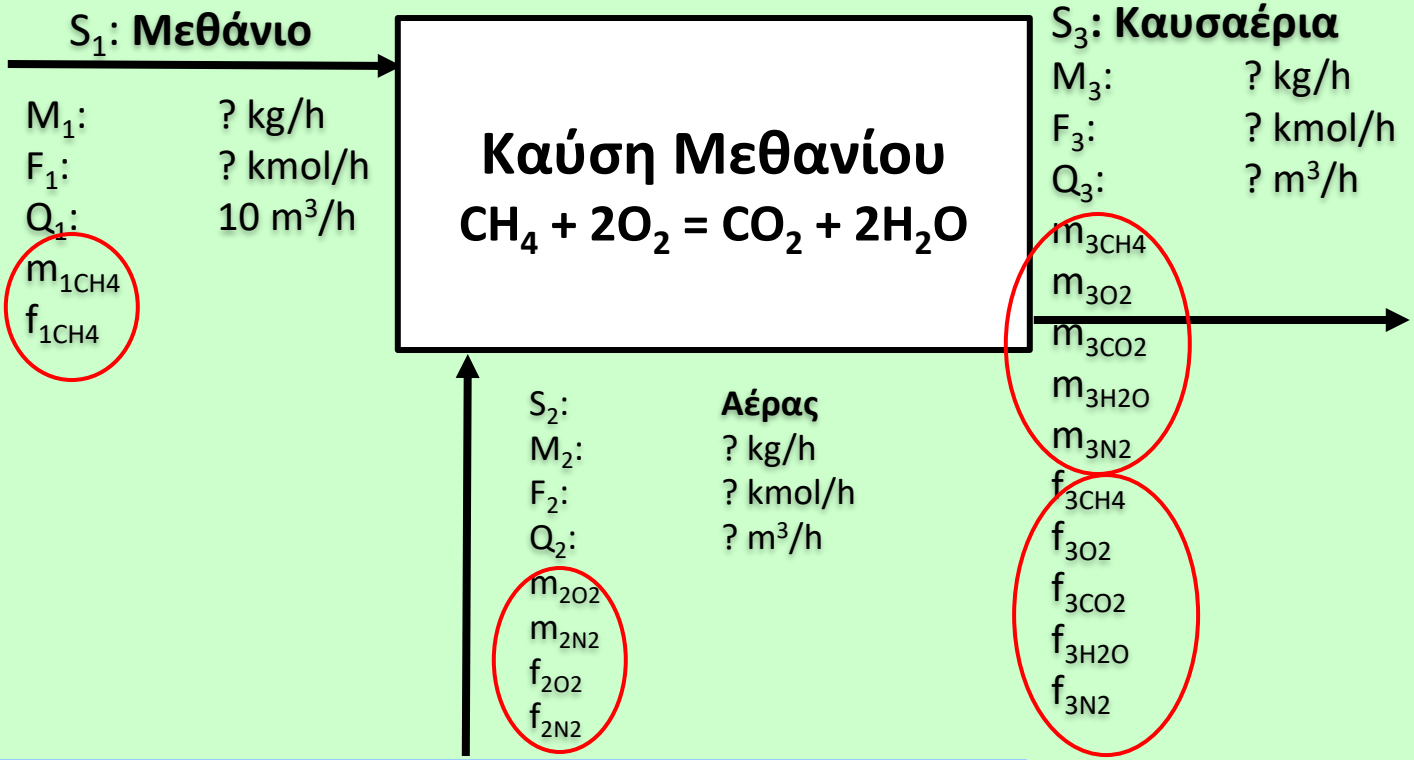
Ονομασία Ρευμάτων, Μαζική, Γραμμομοριακή, Ογκομετρική Παροχή

R : Χημική Αντίδραση (Reaction)
R_1: Χημική Αντίδραση 1

Καύση μεθανίου με αέρα

Βήμα 3ο : Εισαγωγή Παροχών Συστατικών

Διάγραμμα Ροής: Ατελής καύση μεθανίου με περίσσεια αέρα

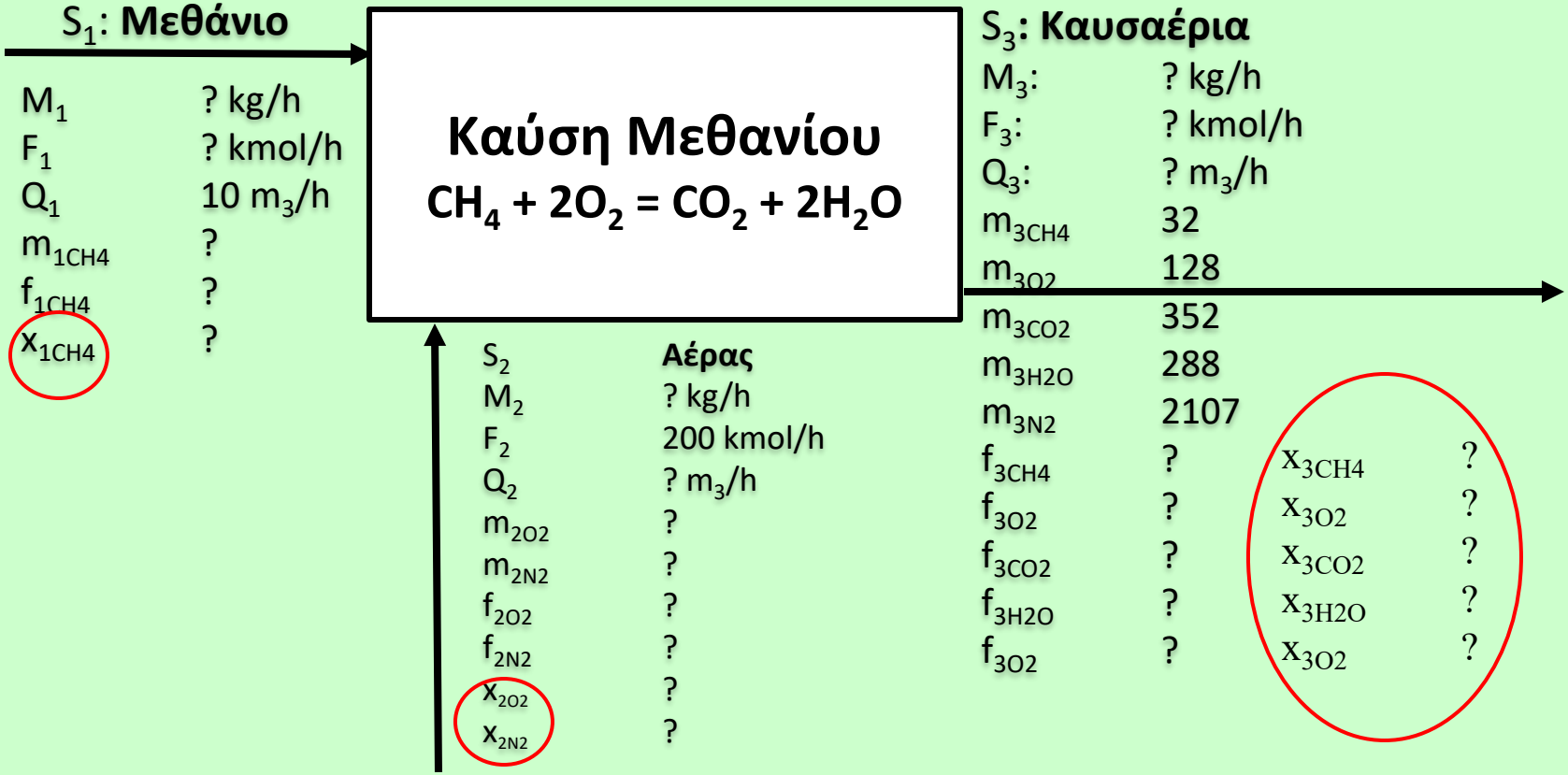


Μαζική, Γραμμομοριακή, Ογκομετρική Παροχή Συστατικών

Καύση μεθανίου με αέρα

Βήμα 4ο : Εισαγωγή Σύστασης ρευμάτων

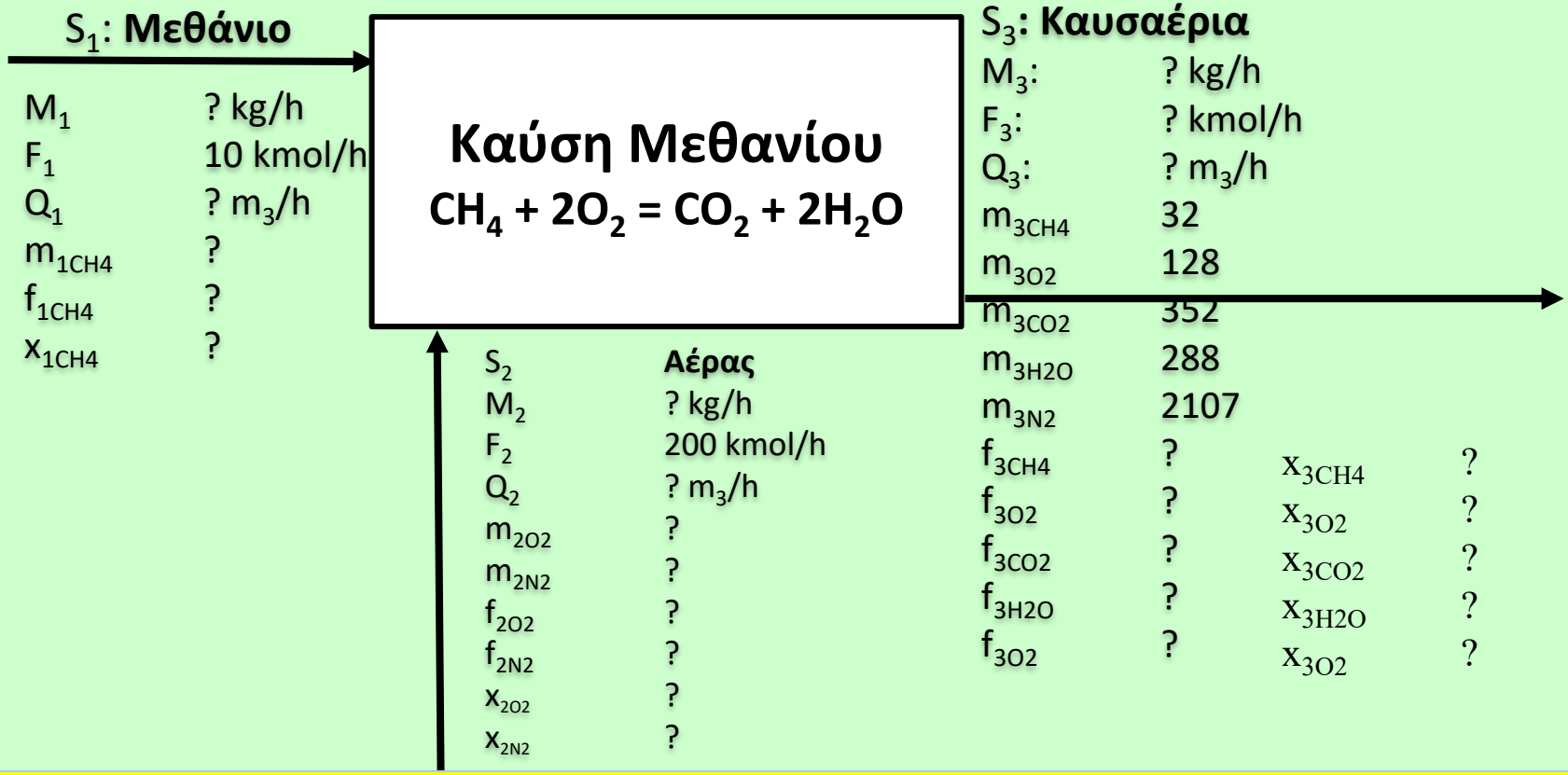
Διάγραμμα Ροής: Ατελής καύση μεθανίου με περίσσεια αέρα



Καύση μεθανίου με αέρα

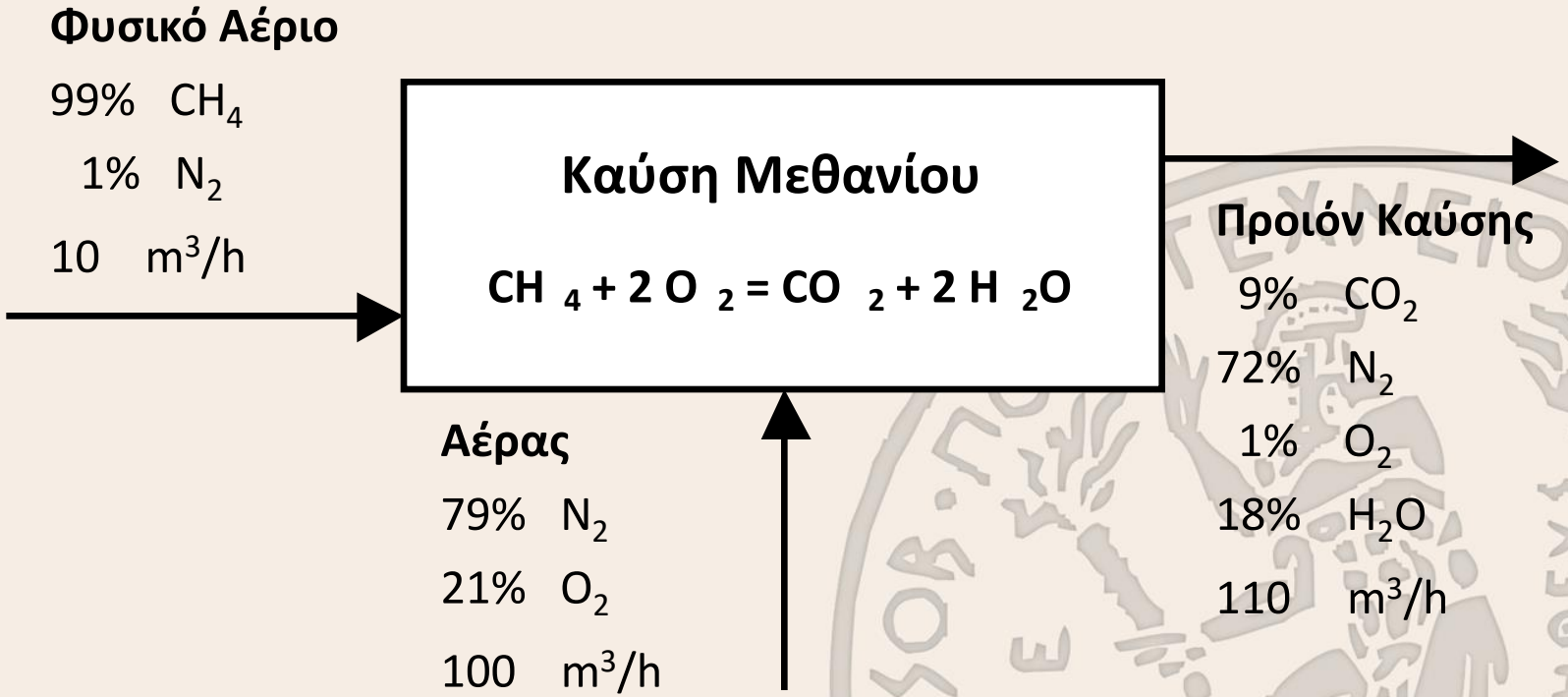
Βήμα 5ο : Εκτέλεση Προφανών Υπολογισμών

Διάγραμμα Ροής: Ατελής καύση μεθανίου με περίσσεια αέρα



Να συμπληρωθούν με αποτελέσματα οι θέσεις που έχουν ερωτηματικό

Πλήρης καύση μεθανίου με περίσσεια αέρα



Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

$$\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \sigma\upsilon\sigma\sigma\acute{\omega}\rho\epsilon\upsilon\sigma\eta\varsigma\\ \mu\acute{a}\zeta\alpha\varsigma\\ \epsilon\nu\tau\acute{o}\varsigma\ \tau o\upsilon\\ \sigma\acute{\upsilon}\sigma\tau\eta\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \epsilon\acute{\iota}\sigma o\delta o\upsilon\\ \mu\acute{a}\zeta\alpha\varsigma\\ \delta\iota\alpha\mu\acute{\epsilon}\sigma o\upsilon\ \tau\omega\nu\\ o\rho\acute{\iota}\omega\nu\ \tau o\upsilon\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\} - \left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \epsilon\xi\acute{o}\delta o\upsilon\\ \mu\acute{a}\zeta\alpha\varsigma\\ \delta\iota\alpha\mu\acute{\epsilon}\sigma o\upsilon\ \tau\omega\nu\\ o\rho\acute{\iota}\omega\nu\ \tau o\upsilon\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\}$$

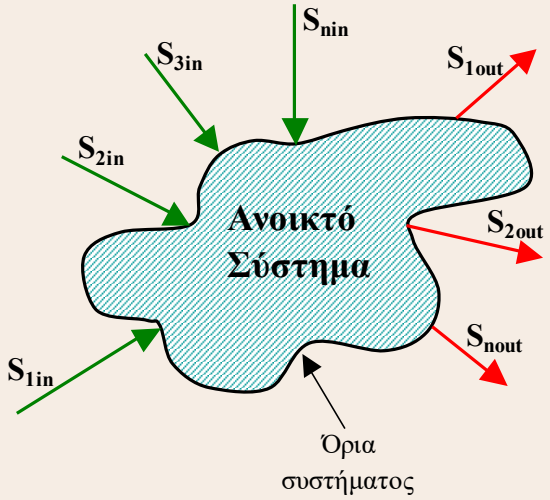
Σε σταθερή κατάσταση ο ρυθμός συσσώρευσης είναι μηδενικός

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

$$\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \epsilon\acute{\iota}\sigma o\delta o\upsilon\\ \text{μάζας}\\ \delta\iota\alpha\mu\acute{\epsilon}\sigma o\upsilon\ \tau\omega\nu\\ o\rho\acute{\iota}\omega\nu\ \tau o\upsilon\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \epsilon\xi\acute{o}\delta o\upsilon\\ \text{μάζας}\\ \delta\iota\alpha\mu\acute{\epsilon}\sigma o\upsilon\ \tau\omega\nu\\ o\rho\acute{\iota}\omega\nu\ \tau o\upsilon\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\}$$

Ισοζύγιο σε moles μπορεί να γίνει μόνο σε συστήματα στα οποία δεν συμβαίνει χημική αντίδραση

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

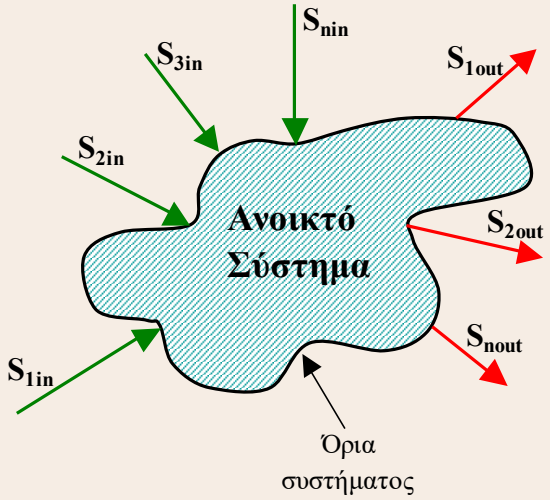


$$\left\{\begin{array}{c}\text{ρυθμός}\\ \text{είσοδου}\\ \text{μάζας}\\ \text{διαμέσου των}\\ \text{ορίων του}\\ \text{συστήματος}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{c}\text{ρυθμός}\\ \text{εξόδου}\\ \text{μάζας}\\ \text{διαμέσου των}\\ \text{ορίων του}\\ \text{συστήματος}\end{array}\right\}$$

$$\sum_i \boldsymbol{M_{iin}} = \sum_j \boldsymbol{M_{jout}}$$

Ισοζύγιο σε moles μπορεί να γίνει μόνο σε συστήματα στα οποία δεν συμβαίνει χημική αντίδραση

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας



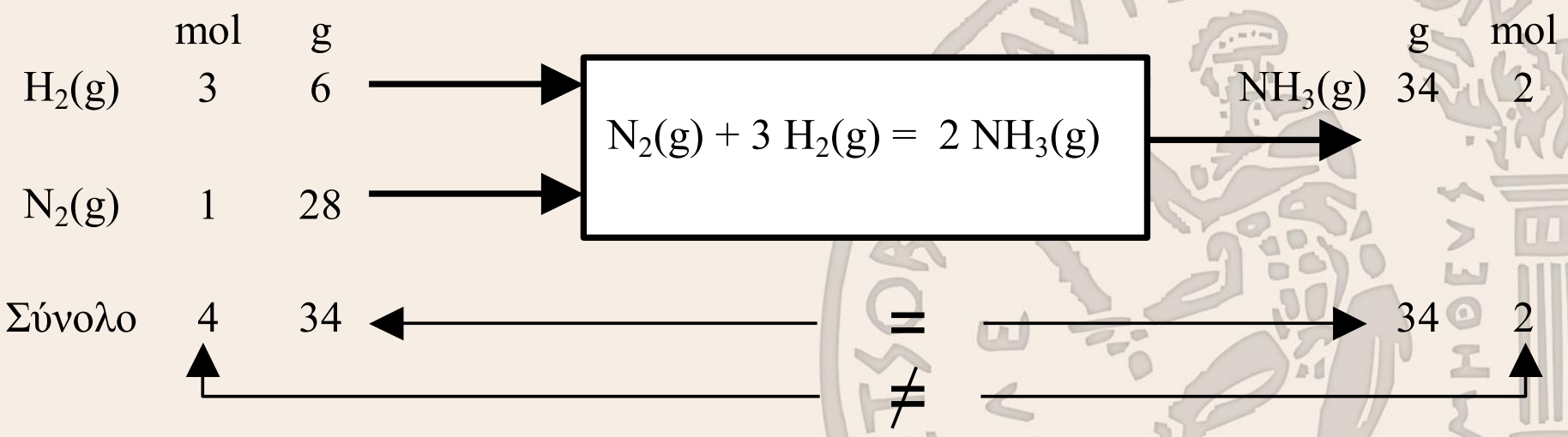
$$\sum_i \mathrm{M}_{iin} = \sum_j \mathrm{M}_{jout}\ \textit{εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε σύστημα}$$

$$\sum_i F_{iin} = \sum_j F_{jout}\ \textit{εφαρμόζεται μόνο σε συστήματα χωρίς χημική αντίδραση}$$

Ισοζύγιο σε moles μπορεί να γίνει μόνο σε συστήματα στα οποία δεν συμβαίνει χημική αντίδραση

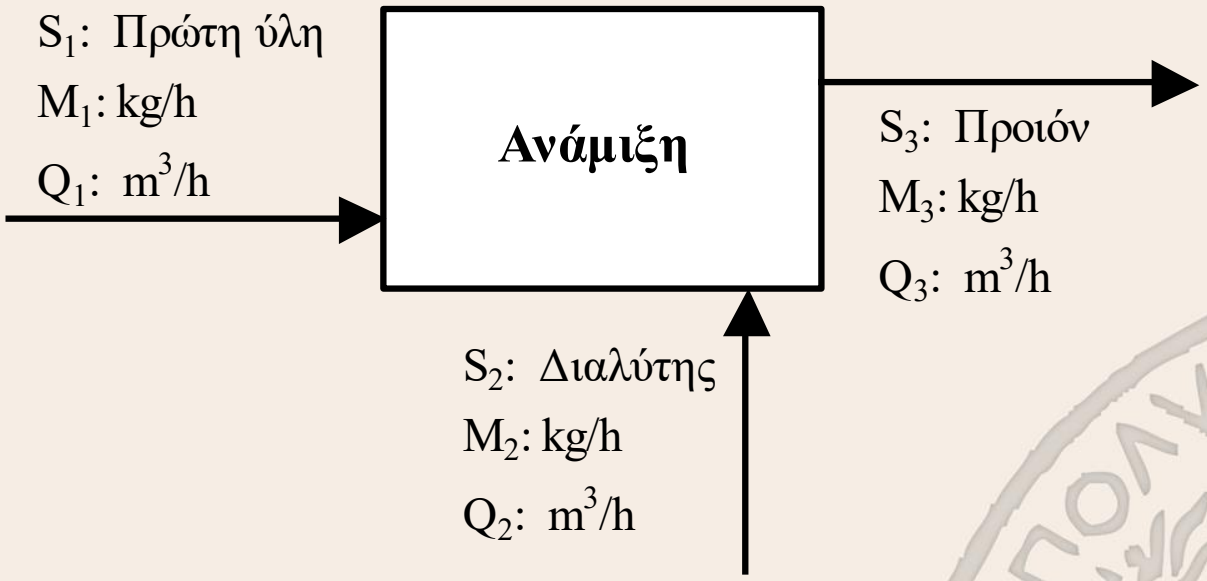
Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

Ας υποθέσουμε ότι σε έναν αντιδραστήρα εισέρχονται 1 mol $N_2(g)$ (28 g) και 3 mol $H_2(g)$ (6 g) για να παραχθούν 2 mol αμμωνία $NH_3(g)$ (34 g) σύμφωνα με τη χημική αντίδραση: $N_2(g) + 3\ H_2(g) = 2\ NH_3(g)$



Ισοζύγιο σε moles μπορεί να γίνει μόνο σε συστήματα στα οποία δεν συμβαίνει χημική αντίδραση

Εφαρμογή Ισοζυγίου Μάζας



$$\sum_i M_{iin} = \sum_j M_{jout}$$

$$\sum_i Q_{iin}\rho_{iin} = \sum_j Q_{jout}\rho_{jout}$$

Ολικό ισοζύγιο μάζας: $M_1 + M_2 = M_3$

$Q_1\rho_1 + Q_2\rho_2 = Q_3\rho_3$

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας: Παράδειγμα 1

Αραίωση φωσφορικού οξέος με νερό, ολικό ισοζύγιο μάζας σε kg/h

1.4 kg/h διαλύματος φωσφορικού οξέος (H_3PO_4) αραιώνονται με 2.3 kg/h νερού. Πόση είναι η μαζική παροχή του διαλύματος που προκύπτει;

Δεδομένα: $M_1 = 1.4$ *kg π. διαλ.* H_3PO_4 */h*

$M_2 = 2.3$ *kg* H_2O*/h*

Ζητούνται: $M_3 = ?$ *kg αρ. διαλ.* H_3PO_4*/h*

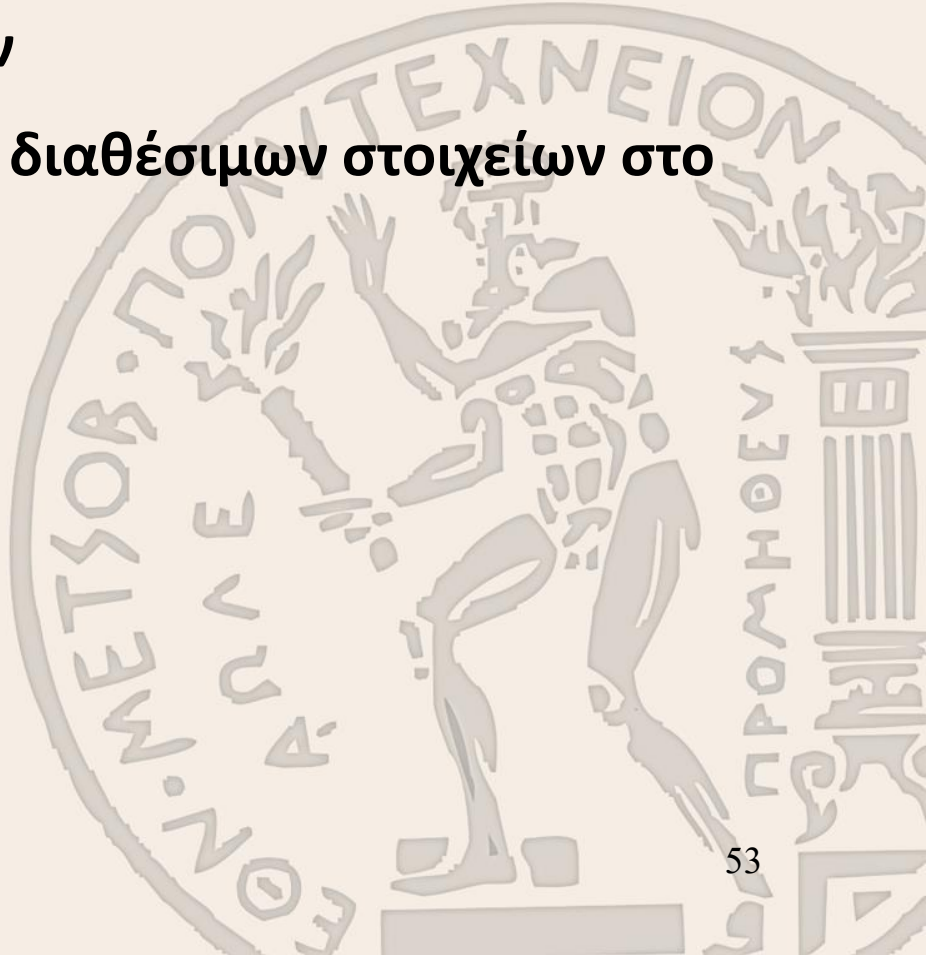
Ολικό Ισοζύγιο Μάζας: Παράδειγμα 1

Αραίωση φωσφορικού οξέος με νερό, ολικό ισοζύγιο μάζας σε kg/h

Στάδιο 1: Κατασκευή διαγράμματος ροής

Στάδιο 2: Αρίθμηση ρευμάτων

Στάδιο 3: Σημείωση όλων των διαθέσιμων στοιχείων στο διάγραμμα



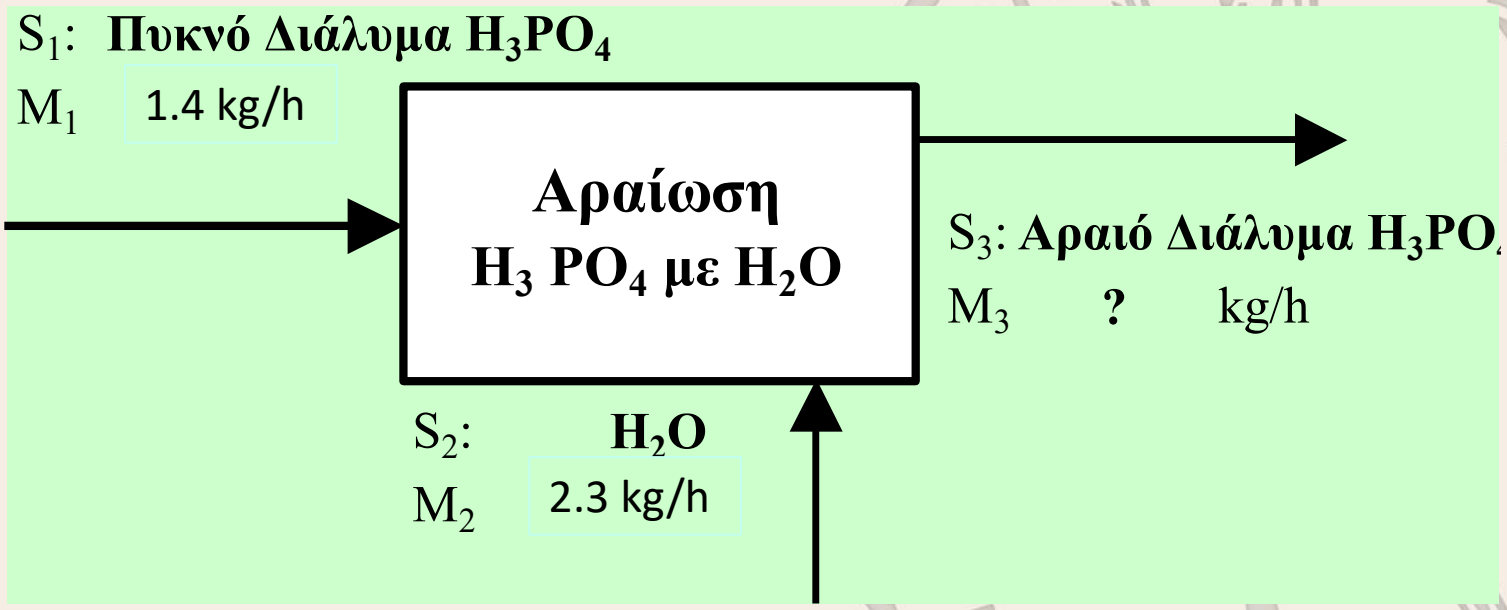
Ολικό Ισοζύγιο Μάζας: Παράδειγμα 1

Αραίωση φωσφορικού οξέος με νερό, ολικό ισοζύγιο μάζας σε kg/h

Στάδιο 1: Κατασκευή διαγράμματος ροής

Στάδιο 2: Αρίθμηση ρευμάτων

Στάδιο 3: Σημείωση όλων των διαθέσιμων στοιχείων στο διάγραμμα

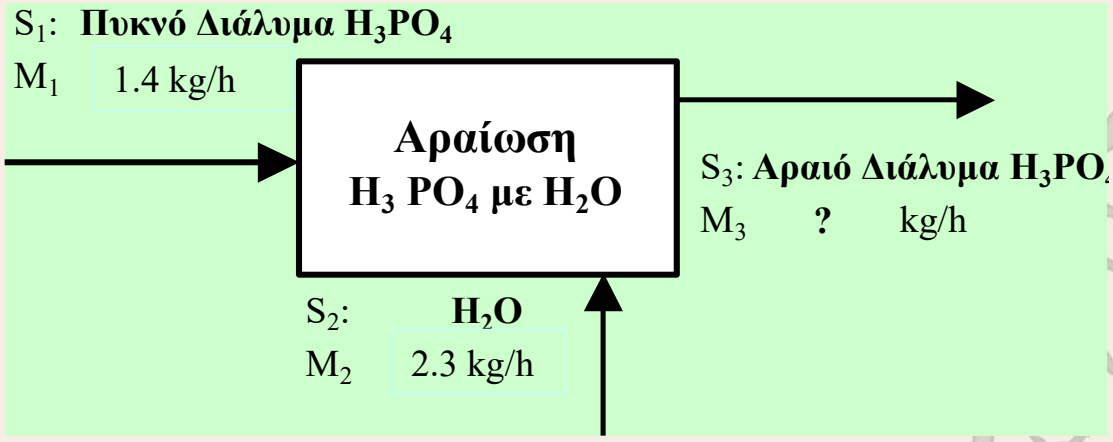


Ολικό Ισοζύγιο Μάζας: Παράδειγμα 1

Αραίωση φωσφορικού οξέος με νερό, ολικό ισοζύγιο μάζας σε kg/h

Στάδιο 4: Εξισώσεις ισοζυγίων μάζας

Στάδιο 5: Αντικατάσταση μεταβλητών και εκτέλεση υπολογισμών



Ολικό ισοζύγιο μάζας: $M_1 + M_2 = M_3$

$M_3 = M_1 + M_2$ = 1.40 kg π.H_3PO_4 /h + 2.30 kg H_2O /h = 3.70 kg αρ. διαλ. H_3PO_4 /h

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας: Παράδειγμα 2

Αραίωση θειικού οξέος με νερό, ολικό ισοζύγιο μάζας σε kmol/h

2.40 kmol/h καθαρού θειικού οξέος (H_2SO_4) αραιώνονται με 15.20 kmol/h νερού. Προσδιορίστε τις παροχές (μαζική, γραμμομοριακή και ογκομετρική) όλων των ρευμάτων καθώς και την κατά βάρος και κατ' όγκο περιεκτικότητα τους και απεικονίστε τα αποτελέσματα σε ένα διάγραμμα ροής.

Δεδομένα: F_1 = 2.40 kmol- H_2SO_4/h MB_{H2SO4} = 98.09 kg/kmol
F_2 = 15.20 kmol-H_2O/h MB_{H2O} = 18.01 kg/kmol

S_1:	M_1	=	??			Q_1	=	??	$x_{1\ H2SO4}$	=	??	x_{1H2O}	=	??
S_2:	M_2	=	??			Q_2	=	??	$x_{2\ H2SO4}$	=	??	x_{2H2O}	=	??
S_3:	M_3	=	??	F_3	=	??	Q_3	=	??	$x_{3\ H2SO4}$	=	??	x_{3H2O}	=	??

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας: Παράδειγμα 2

Αραίωση θειικού οξέος με νερό, ολικό ισοζύγιο μάζας σε kmol/h

Στάδιο 1: Κατασκευή διαγράμματος ροής

Στάδιο 2: Αρίθμηση ρευμάτων

Στάδιο 3: Σημείωση όλων των διαθέσιμων στοιχείων στο διάγραμμα

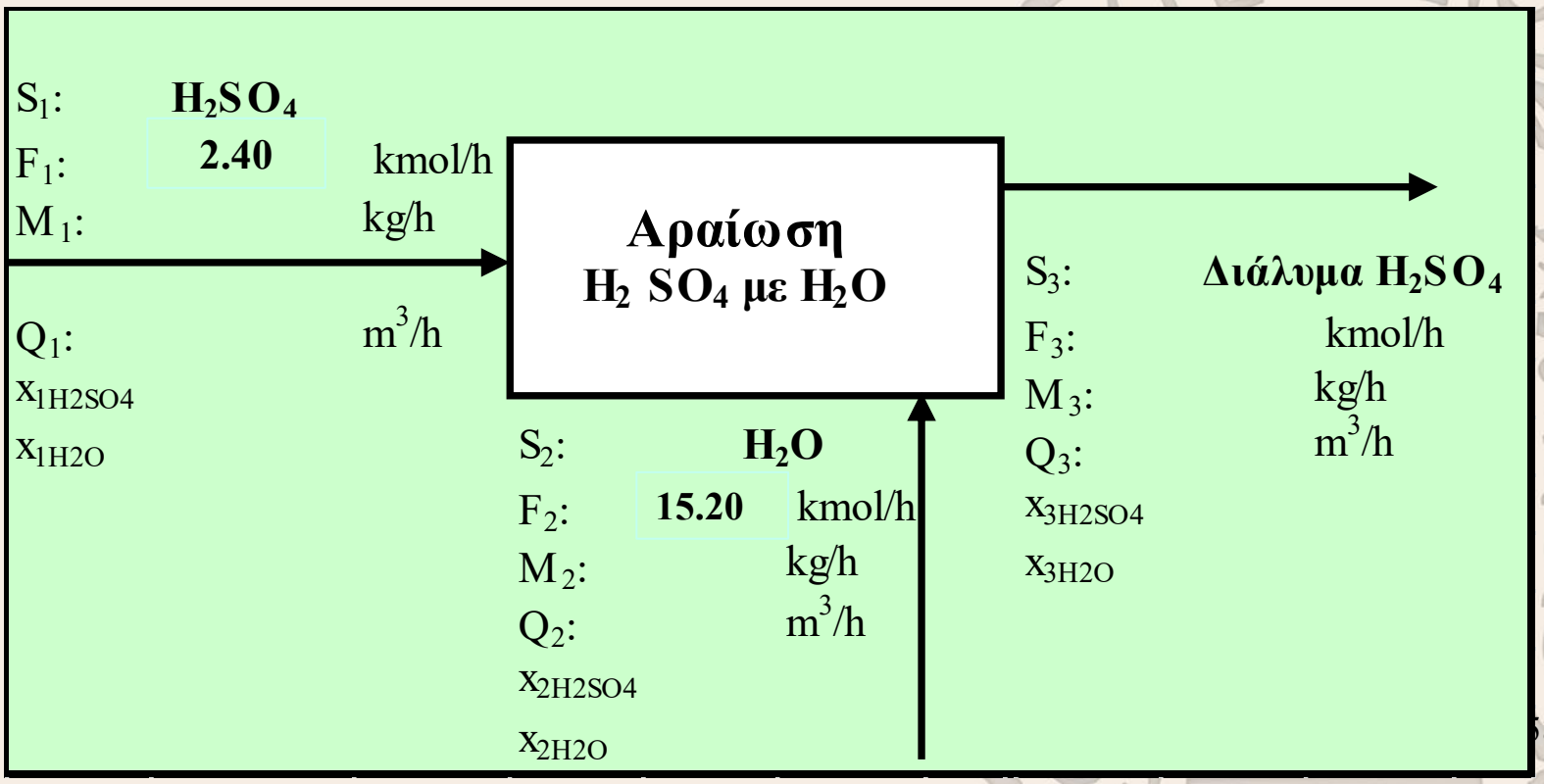
Ολικό Ισοζύγιο Μάζας: Παράδειγμα 2

Αραίωση θειικού οξέος με νερό, ολικό ισοζύγιο μάζας σε kmol/h

Στάδιο 1: Κατασκευή διαγράμματος ροής

Στάδιο 2: Αρίθμηση ρευμάτων

Στάδιο 3: Σημείωση όλων των διαθέσιμων στοιχείων στο διάγραμμα



Ολικό Ισοζύγιο Μάζας: Παράδειγμα 2

Αραίωση θειικού οξέος με νερό, ολικό ισοζύγιο μάζας σε kmol/h

Στάδιο 4: **Εξισώσεις ισοζυγίων μάζας**

Στάδιο 5: **Άλλες εξισώσεις (ρεύματα διεργασίας)**

Στάδιο 6: **Αντικατάσταση μεταβλητών και εκτέλεση υπολογισμών**

Προσοχή!!!!! **αφού στο σύστημα δεν συμβαίνει χημική αντίδραση το ολικό ισοζύγιο μάζας μπορεί να γίνει και σε kmol και σε kg**

Ολικό ισοζύγιο μάζας kmol: $F_1 + F_2 = F_3$

Ολικό ισοζύγιο μάζας kg: $M_1 + M_2 = M_3$

Εξισώσεις				Αντικατάσταση Μεταβλητών						Αποτελέσματα	
F_3	=	$F_1 + F_2$	=	2,40	kmol H_2SO_4 /h	+	15,20	kmol H_2O /h	=	17,60	kmol διαλ. H_2SO_4/h
M_1	=	F_1 x MB_{H2SO4}	=	2,40	kmol H_2SO_4 /h	x	98,09	kg/kmol	=	235,416	kg H_2SO_4/h
M_2	=	F_2 x MB_{H2O}	=	5,20	kmol H_2O /h	x	18,01	kg/kmol	=	93,652	kg H_2O/h
M_3	=	$M_1 + M_2$	=	235,42	kg H_2SO_4 /h	+	93,65	kg H_2O /h	=	329,07	kg διαλ. H_2SO_4/h

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας: Παράδειγμα 2

Αραίωση θειικού οξέος με νερό, ολικό ισοζύγιο μάζας σε kmol/h

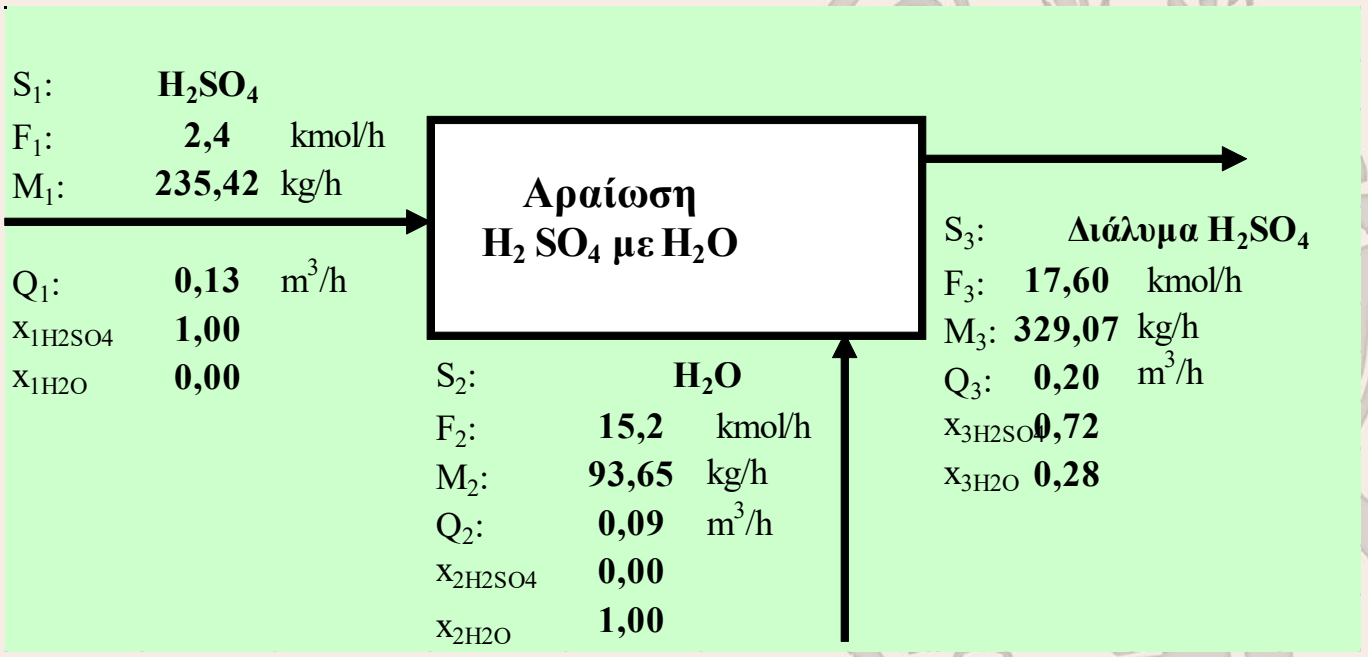
Εξισώσεις				Αντικατάσταση Μεταβλητών							Αποτελέσματα
$x_{1H2SO4}(w/w)$	=	m_{1H2SO4} / M_1	=	235,42	kg H_2SO_4 /h	/	235,42	kg H_2SO_4 /h	=	1,000
$x_{2H2O}(w/w)$	=	m_{2H2O} / M_2	=	93,65	kg H_2O /h	/	93,65	kg H_2O /h	=	1,000
$x_{3H2SO4}(w/w)$	=	m_{3H2SO4} / M_3	=	235,42	kg H_2SO_4 /h	/	329,07	kg H_2SO_4 /h	=	0,715
$x_{3H2O}(w/w)$	=	m_{3H2O} / M_3	=	93,65	kg H_2O /h	/	329,07	kg H_2O /h	=	0,285

Εξισώσεις				Αντικατάσταση Μεταβλητών						Αποτελέσματα	
$\mathbf{Q_1}$	=	M_1 / ρ_1	=	235,42	kg H_2SO_4 /h	/	1830,50	kg/m^3	=	0,129	m^3 H_2SO_4 /h
$\mathbf{Q_2}$	=	M_2 / ρ_2	=	93,65	kg H_2O /h	/	998,20	kg/m^3	=	0,094	m^3 H_2O /h
$\mathbf{Q_3}$	=	M_3 / ρ_3	=	329,07	kg διαλ. H_2SO_4 /h	/	1627,90	kg/m^3	=	0,202	m^3 διαλ. H_2SO_4 /h

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας: Παράδειγμα 2

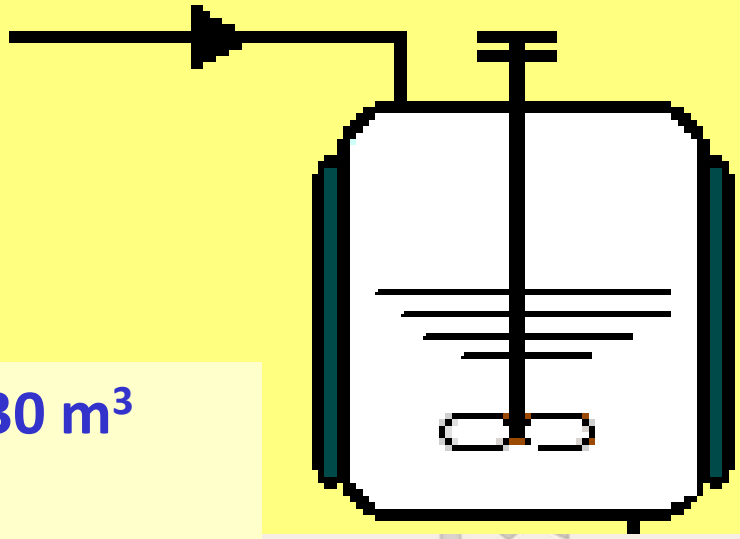
Αραίωση θειικού οξέος με νερό, ολικό ισοζύγιο μάζας σε kmol/h

		M	kg/h	F	kmol/h	Q	m^3/h	x_{H2SO4}	w/w	x_{H2O}	w/w
S_1:	H_2SO_4(l)	M_1 =	235,42	F_1 =	2,40	Q_1 =	0,13	x_{1H2SO4} =	1,00	x_{1H2O} =	0,00
S_2:	H_2O(l)	M_2 =	93,65	F_2 =	15,20	Q_2 =	0,09	x_{2H2SO4} =	0,00	x_{2H2O} =	1,00
S_3:	διαλ. H_2SO_4(l)	M_3 =	329,07	F_3 =	17,60	Q_3 =	0,20	x_{3H2SO4} =	0,72	x_{3H2O} =	0,28



Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

$Q_o = 2\ m^3/min$



$V_{tank} = 30\ m^3$

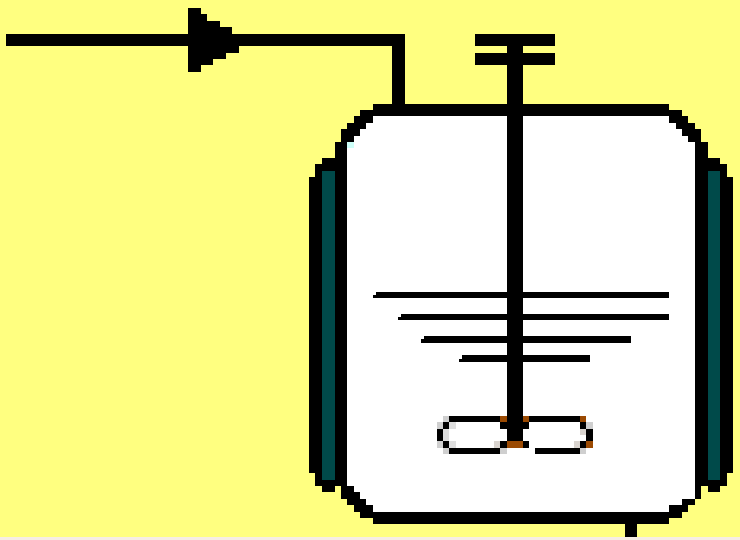
$V_0 = 10\ m^3$

Σε πόσο χρόνο θα γεμίσει το δοχείο

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

Σε πόσο χρόνο θα γεμίσει το δοχείο

$Q_o = 2\ m^3/min$



$V_o = 10\ m^3$

$V_{tank} = 30\ m^3$

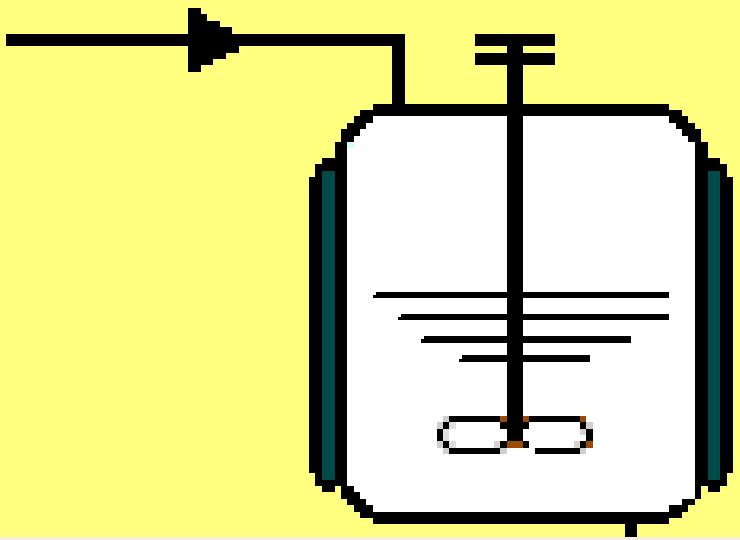
Ολικό ισοζύγιο μάζας:

$$M_{in} = M_{out} + M_{accum}$$

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

Σε πόσο χρόνο θα γεμίσει το δοχείο

$Q_o = 2\ m^3/min$



$V_o = 10\ m^3$

$V_{tank} = 30\ m^3$

Ολικό ισοζύγιο μάζας:

$$M_{in} = M_{out} + M_{accum}$$

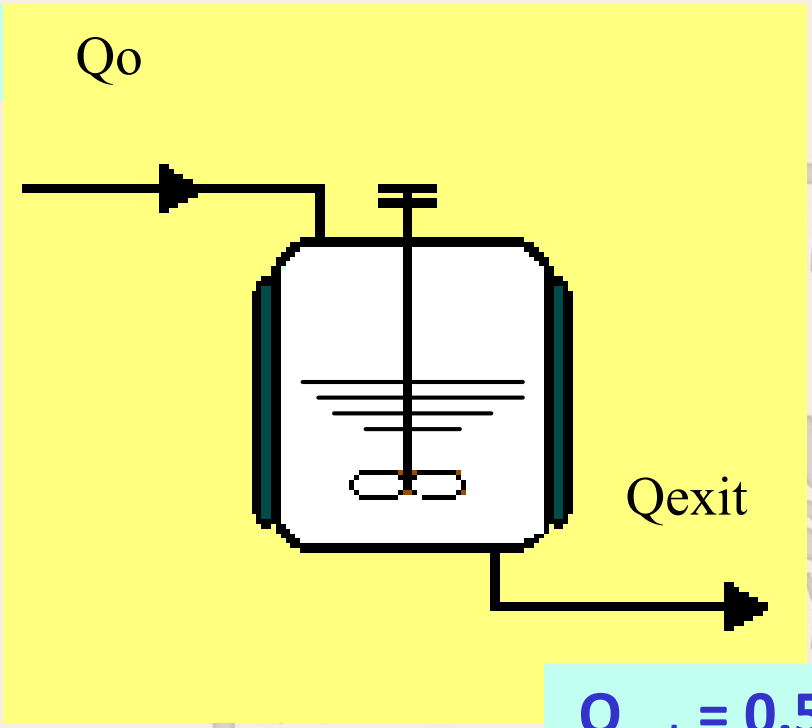
$$Q_{in}\,\rho = Q_{out}\,\rho + \rho\, dV/dt$$

$$Q_{in} = dV/dt$$

$$V = V_o + Q_{in}\,t$$

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

$Q_{in} = 2\ m^3/min$



$V_{tank} = 30\ m^3$

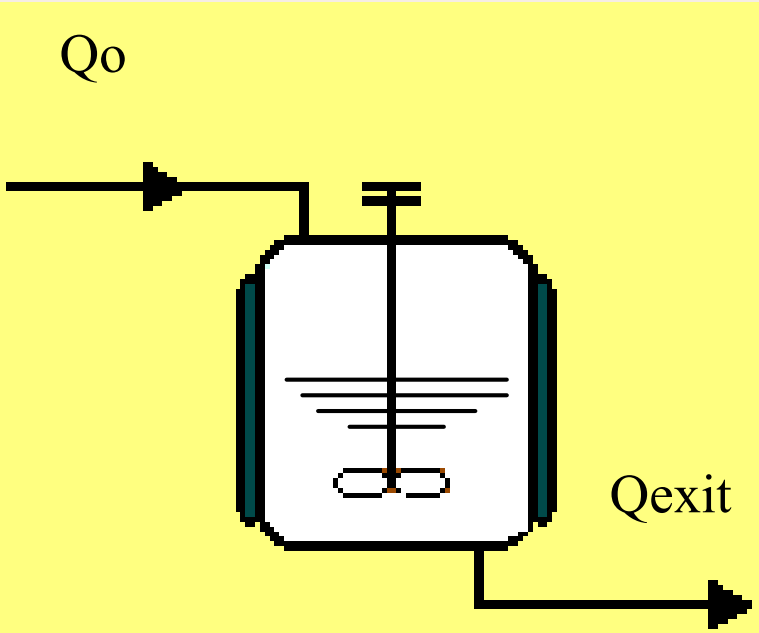
$V_0 = 10\ m^3$

$Q_{out} = 0.5\ m^3/min$

Σε πόσο χρόνο θα γεμίσει το δοχείο

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας

$Q_{in} = 2\ m^3/min$



$Q_{out} = 0.5\ m^3/min$

$V_{tank} = 30\ m^3$

$V_0 = 10\ m^3$

Ολικό ισοζύγιο μάζας:

$$M_{in} = M_{out} + M_{accum}$$

$$Q_{in}\,\rho = Q_{out}\,\rho + \rho\, dV/dt$$

$$Q_{in} - Q_{out} = dV/dt$$

$$V = V_o + (Q_{in} - Q_{out})\,t$$

Σε πόσο χρόνο θα γεμίσει το δοχείο

Ισοζύγιο Μάζας Χημικών Στοιχείων

Ισοζύγιο Μάζας Χημικού Στοιχείου

$$\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \sigma\upsilon\sigma\sigma\acute{\omega}\rho\epsilon\upsilon\sigma\eta\varsigma\\ \sigma\tau o\iota\chi\epsilon\acute{\iota}ou\\ \mu\acute{\epsilon}\sigma\alpha\ \sigma\tau o\\ \sigma\acute{\upsilon}\sigma\tau\eta\mu\alpha\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\epsilon\acute{\iota}\sigma o\delta ou\\ \text{στοιχείου}\\ \delta\iota\alpha\mu\acute{\epsilon}\sigma ou\ \tau\omega\nu\\ o\rho\acute{\iota}\omega\nu\ \tau ou\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\} - \left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\ \epsilon\xi\acute{o}\delta ou\\ \text{στοιχείου}\\ \delta\iota\alpha\mu\acute{\epsilon}\sigma ou\ \tau\omega\nu\\ o\rho\acute{\iota}\omega\nu\ \tau ou\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\}$$

Ισοζύγιο χημικού στοιχείου σε μη σταθερή κατάσταση

Ισοζύγιο Μάζας Χημικού Στοιχείου

Ισοζύγιο χημικού στοιχείου σε σταθερή κατάσταση

$$\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \epsilon\acute{\iota}\sigma o\delta o\upsilon\\ \text{μάζας}\\ \delta\iota\alpha\mu\acute{\epsilon}\sigma o\upsilon\ \tau\omega\nu\\ o\rho\acute{\iota}\omega\nu\ \tau o\upsilon\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \epsilon\xi\acute{o}\delta o\upsilon\\ \text{μάζας}\\ \delta\iota\alpha\mu\acute{\epsilon}\sigma o\upsilon\ \tau\omega\nu\\ o\rho\acute{\iota}\omega\nu\ \tau o\upsilon\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\}$$

Ισοζύγιο μάζας χημικού στοιχείου μπορεί να γίνει σε όλα τα συστήματα σε moles ή σε kg
ανεξάρτητα αν στο σύστημα συμβαίνει χημική αντίδραση

Χρησιμοποιείται και για τον έλεγχο της ορθότητας των υπολογισμών

Ισοζύγιο Μάζας Χημικού Στοιχείου: Παράδειγμα

Ηλεκτρόλυση νερού: ισοζύγιο μάζας σε mol/h και g/h

Ένας σπουδαστής ισχυρίζεται ότι σχεδίασε μια συσκευή ηλεκτρόλυσης νερού η οποία μπορεί να κατεργάζεται **90 g H_2O/h** και να παράγει **120 L/h H_2** και **56 L/h O_2** σε κανονικές συνθήκες. Ελέγξτε την ορθότητα των ισχυρισμών του διενεργώντας το ισοζύγιο του υδρογόνου και του οξυγόνου στα ρεύματα εισόδου και εξόδου.

Δεδομένα:

$M_1 = 90$ g-H_2O/h $Q_2 = 120$ L-H_2/h $Q_3 = 56$ L-O_2/h $V_m = 22.4$ L/mol

$MB_{H2} = 2$ g/mol $MB_{O2} = 16$ g/mol $MB_{H2O} = 18$ g/mol

Ζητούνται:

$m_{1H2} = ?$ $m_{1O2} = ?$ $m_{2H2} = ?$ $m_{3O2} = ?$

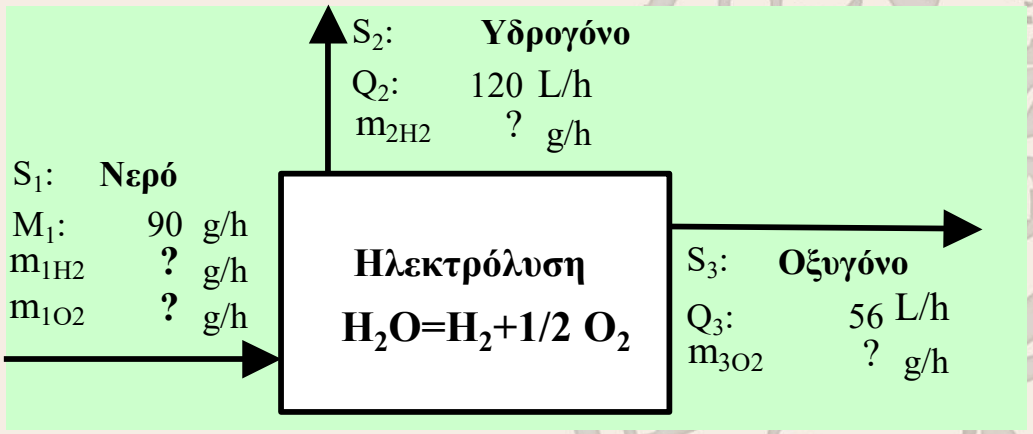
Ισοζύγιο Μάζας Χημικού Στοιχείου: Παράδειγμα

Ηλεκτρόλυση νερού: ισοζύγιο μάζας σε mol/h και g/h

Στάδιο 1: Κατασκευή διαγράμματος Ροής

Στάδιο 2: Αρίθμηση ρευμάτων

Στάδιο 3: Σημείωση όλων των διαθέσιμων στοιχείων στο διάγραμμα



Ισοζύγιο Μάζας Χημικού Στοιχείου: Παράδειγμα

Ηλεκτρόλυση νερού: ισοζύγιο μάζας σε mol/h και g/h

Στάδιο 4: Εξισώσεις ισοζυγίων μάζας

Στάδιο 5: Άλλες εξισώσεις (ρεύματα διεργασίας)

Στάδιο 6: Αντικατάσταση μεταβλητών και εκτέλεση υπολογισμών

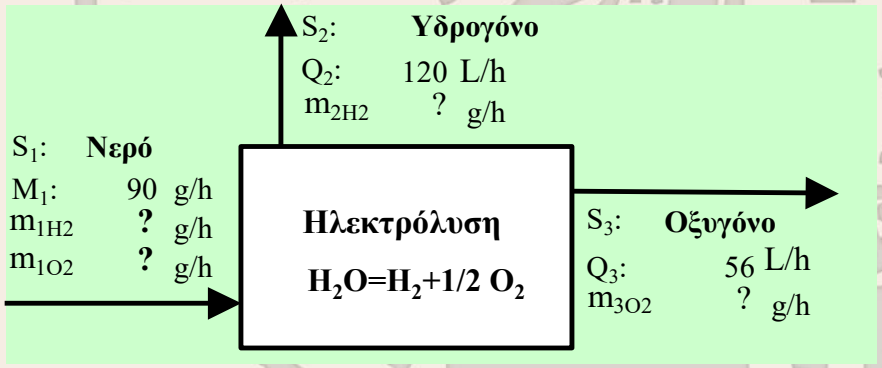
S_1: $M_1 / MB_{H2O} = F_{1H2O}$

- $\times 1 = f_{1H2} / MB_{H2} = m_{1H2}$
- $\times 0.5 = f_{1O2} / MB_{O2} = m_{1O2}$

S_2: $Q_2 / V_m = F_2 / MB_{H2} = m_{2H2}$ ← ? =

S_3: $Q_3 / V_m = F_3 / MB_{O2} = m_{3O2}$ ← ? =

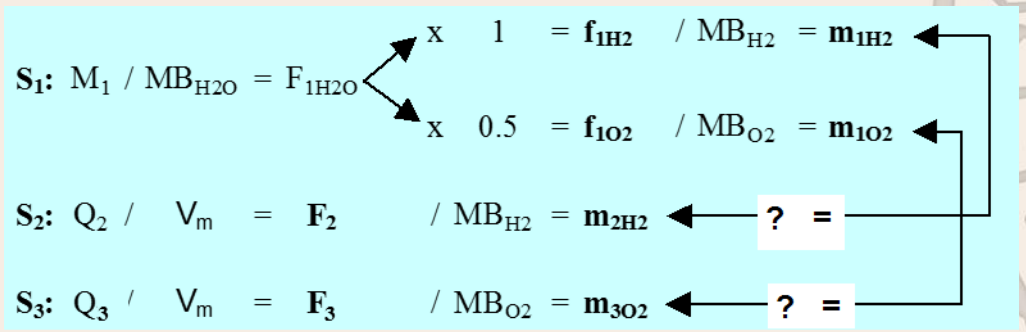
Προσοχή!!!!! το ολικό ισοζύγιο μάζας των χημικών στοιχείων μπορεί να γίνει και σε kmol και σε kg

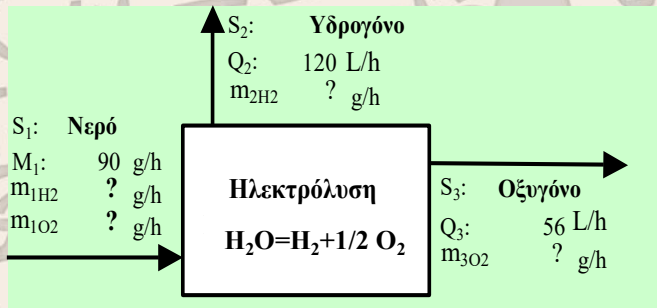


Ισοζύγιο Μάζας Χημικού Στοιχείου: Παράδειγμα

Ηλεκτρόλυση νερού: ισοζύγιο μάζας σε mol/h και g/h

F_1	= M1 / MB H_2O	= 90 gr/h	/	18 gr/mol	=	5,00 mol/h
$f_1\ H_2$	= 1 x F_1	= 1 mol H_2/ mol H_2O	x	5,00 mol/h	=	5,00 mol/h
$f_{1\ O2}$	= 0.5 x F_1	= 0,50 mol O_2/ mol H_2O	x	5,00 g/mol O_2/kmol air	=	2,50 mol/h
$m_1\ H_2$	= $f_1\ H_2$ x MB H_2	= 5,00 mol H_2/ h	x	2,00 g/mol	=	10,00 gr/h
$m_{1\ O2}$	= $f_1\ O_2$ x MB O_2	= 2,50 mol O_2/ h	x	32,00 g/mol	=	80,00 gr/h
F_2	= Q_2/Vm	= 120 L/h	/	22,4 L/mol	=	5,36 mol/h
F_3	= Q_3/Vm	= 56,00 L/h	/	22,4 L/mol	=	2,5 mol/h
F_2	= $f_2\ H_2$	= 5,36 mol/h			=	5,36 mol/h
F_3	= $f_3\ O_2$	= 2,50 mol/h			=	2,5 mol/h
$m_2\ H_2$	= $f_2\ H_2$ x MB H_2	= 5,36 mol/h	x	2,00 g/mol	=	10,71 gr/h
$m_3\ O_2$	= $f_3\ O_2$ x MB O_2	= 2,50 mol/h	x	32,00 g/mol	=	80,00 gr/h



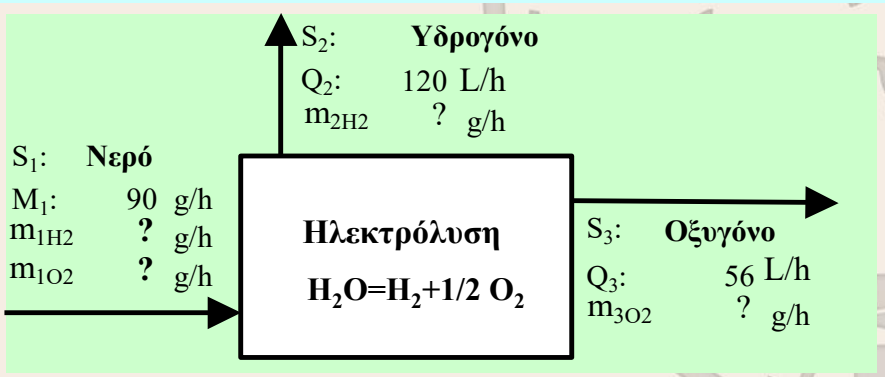


Ισοζύγιο Μάζας Χημικού Στοιχείου: Παράδειγμα

F_1	= M1 / MB H_2O	= 90 gr/h	/	18 gr/mol	=	5,00 mol/h
$f_1 H_2$	= 1 x F_1	= 1 mol H_2/ mol H_2O	x	5,00 mol/h	=	5,00 mol/h
$f_{1\,O2}$	= 0.5 x F_1	= 0,50 mol O_2/ mol H_2O	x	5,00 g/mol O_2/kmol air	=	2,50 mol/h
$m_1 H_2$	= $f_1 H_2$ x MB H_2	= 5,00 mol H_2/ h	x	2,00 g/mol	=	10,00 gr/h
$m_{1\,O2}$	= $f_1 O_2$ x MB O_2	= 2,50 mol O_2/ h	x	32,00 g/mol	=	80,00 gr/h
F_2	= Q_2/Vm	= 120 L/h	/	22,4 L/mol	=	5,36 mol/h
F_3	= Q_3/Vm	= 56,00 L/h	/	22,4 L/mol	=	2,5 mol/h
F_2	= $f_2 H_2$	= 5,36 mol/h			=	5,36 mol/h
F_3	= $f_3 O_2$	= 2,50 mol/h			=	2,5 mol/h
$m_2 H_2$	= $f_2 H_2$ x MB H_2	= 5,36 mol/h	x	2,00 g/mol	=	10,71 gr/h
$m_3 O_2$	= $f_3 O_2$ x MB O_2	= 2,50 mol/h	x	32,00 g/mol	=	80,00 gr/h

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας: $M_1 = m_{1H2} + m_{1O2} = M_2 + M_3 = m_{2H2} + m_{3O2}$

10 g/h + 80 g/h <=> 10.71 g/h + 80 g/h



Ισοζύγιο Μάζας Χημικών Ενώσεων



Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

Στην περίπτωση που το ισοζύγιο μάζας αφορά ένα **συστατικό (χημική ένωση)** που περιέχεται σε κάποιο ρεύμα της διεργασίας που μελετάμε, **η τελική έκφραση του ισοζυγίου μάζας διαφέρει από τις προηγούμενες περιπτώσεις** όταν **το συστατικό για το οποίο γίνεται το ισοζύγιο συμμετέχει σε κάποια χημική αντίδραση.**

Στην περίπτωση αυτή πρέπει να ληφθούν υπόψη στην τελική έκφραση του ισοζυγίου δύο νέοι παράγοντες **ο ρυθμός «κατανάλωσης» του συστατικού ή/και ο ρυθμός «παραγωγής»** του εντός του συστήματος που διενεργείται το ισοζύγιο μάζας.

Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

Η ανάγκη εισαγωγής των όρων **«παραγωγή» και «κατανάλωση»** σε συστήματα στα οποία συμβαίνει μία ή περισσότερες χημικές αντιδράσεις, προκύπτει από το γεγονός ότι λόγω της χημικής αντίδρασης

τα συστατικά που εισέρχονται στο σύστημα και συμμετέχουν σε αυτή αντιδρούν και επομένως καταναλώνονται,

ενώ, αντίστοιχα

από την αντίδραση τους σχηματίζονται νέα συστατικά, τα προϊόντα της αντίδρασης, που ενώ μπορεί να μην υπήρχαν στα ρεύματα εισόδου εμφανίζονται στα ρεύματα εξόδου του συστήματος.

Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

$$\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \epsilon\iota\sigma\acute{o}\delta o\upsilon\\ \text{συστατικού}\\ \mu\acute{\epsilon}\sigma\alpha\ \sigma\tau o\\ \sigma\acute{\upsilon}\sigma\tau\eta\mu\alpha\end{array}\right\}+\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \pi\alpha\rho\alpha\gamma\omega\gamma\acute{\eta}\varsigma\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\alpha\tau\iota\kappa o\acute{\upsilon}\\ \epsilon\nu\tau\acute{o}\sigma\tau o\upsilon\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\}=\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \epsilon\xi\acute{o}\delta o\upsilon\\ \text{συστατικού}\\ \text{από το}\\ \sigma\acute{\upsilon}\sigma\tau\eta\mu\alpha\end{array}\right\}+\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \kappa\alpha\tau\alpha\nu\acute{\alpha}\lambda\omega\sigma\eta\varsigma\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\alpha\tau\iota\kappa o\acute{\upsilon}\\ \epsilon\nu\tau\acute{o}\sigma\tau o\upsilon\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\}+\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \sigma\upsilon\sigma\sigma\acute{\omega}\rho\epsilon\upsilon\sigma\eta\varsigma\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\alpha\tau\iota\kappa o\acute{\upsilon}\\ \epsilon\nu\tau\acute{o}\sigma\tau o\upsilon\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\}$$

Ισοζύγιο μάζας χημικής ένωσης σε μη σταθερή κατάσταση

Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

Ισοζύγιο μάζας χημικής ένωσης σε σταθερή κατάσταση

$$\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \varepsilon\iota\sigma\acute{o}\delta\upsilon\\ \text{συστατικού}\\ \mu\acute{\varepsilon}\sigma\alpha\ \sigma\tau o\\ \sigma\acute{\upsilon}\sigma\tau\eta\mu\alpha\end{array}\right\}+\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \pi\alpha\rho\alpha\gamma\omega\gamma\acute{\eta}\varsigma\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\alpha\tau\iota\kappa o\acute{\upsilon}\\ \varepsilon\nu\tau\acute{o}\sigma\tau o\upsilon\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\}=\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \varepsilon\xi\acute{o}\delta\upsilon\\ \text{συστατικού}\\ \text{από το}\\ \sigma\acute{\upsilon}\sigma\tau\eta\mu\alpha\end{array}\right\}+\left\{\begin{array}{c}\rho\upsilon\theta\mu\acute{o}\varsigma\\ \kappa\alpha\tau\alpha\nu\acute{\alpha}\lambda\omega\sigma\eta\varsigma\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\alpha\tau\iota\kappa o\acute{\upsilon}\\ \varepsilon\nu\tau\acute{o}\sigma\tau o\upsilon\\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma\end{array}\right\}$$

Ισοζύγιο μάζας χημικής ένωσης μπορεί να γίνει σε όλα τα συστήματα σε moles ή σε kg
ανεξάρτητα αν στο σύστημα συμβαίνει χημική αντίδραση

Αρκεί να ληφθούν υπόψη οι παράγοντες
Ρυθμός παραγωγής generation (gen)
Ρυθμός κατανάλωσης consumption (cons)

Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

Το ισοζύγιο μάζας σε σταθερή κατάσταση εκφρασμένο σε γραμμομοριακή παροχή (kmol/h) για το συστατικό Α στη γενική του μορφή γράφεται:

$$A\text{: } f_{1\,A} + f_{2\,A} + f_{gen\,A} = f_{3\,A} + f_{cons\,A}$$

Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

Γενική Μορφή Ισοζυγίου Μάζας Συστατικού/Χημικής ένωσης

Αν υποθέσουμε ότι έχουμε μια διεργασία στην οποία εμπλέκονται c συστατικά A_j. Στην οποία εισέρχονται k ρεύματα $S_{in\ k}$ και εξέρχονται από αυτή m ρεύματα $S_{out\ m}$ και εντός αυτής συμβαίνουν r χημικές αντιδράσεις R_i με βαθμούς προόδου ξ_i. Τότε το ισοζύγιο μάζας για ένα συστατικό A είναι:

$$A_j: \sum_{m}^{S_{out}} f_{\mathrm{m}\,A_j} = \sum_{\mathrm{k}}^{S_{\mathrm{in}}} f_{\mathrm{k}\,A_j} + \sum_{i}^{r} a_{ij}\xi_i$$

Σημειώνεται ότι οι στοιχειομετρικοί συντελεστές είναι αρνητικοί για τα αντιδρώντα και θετικοί για τα προϊόντα μιας χημικής αντίδρασης.

Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

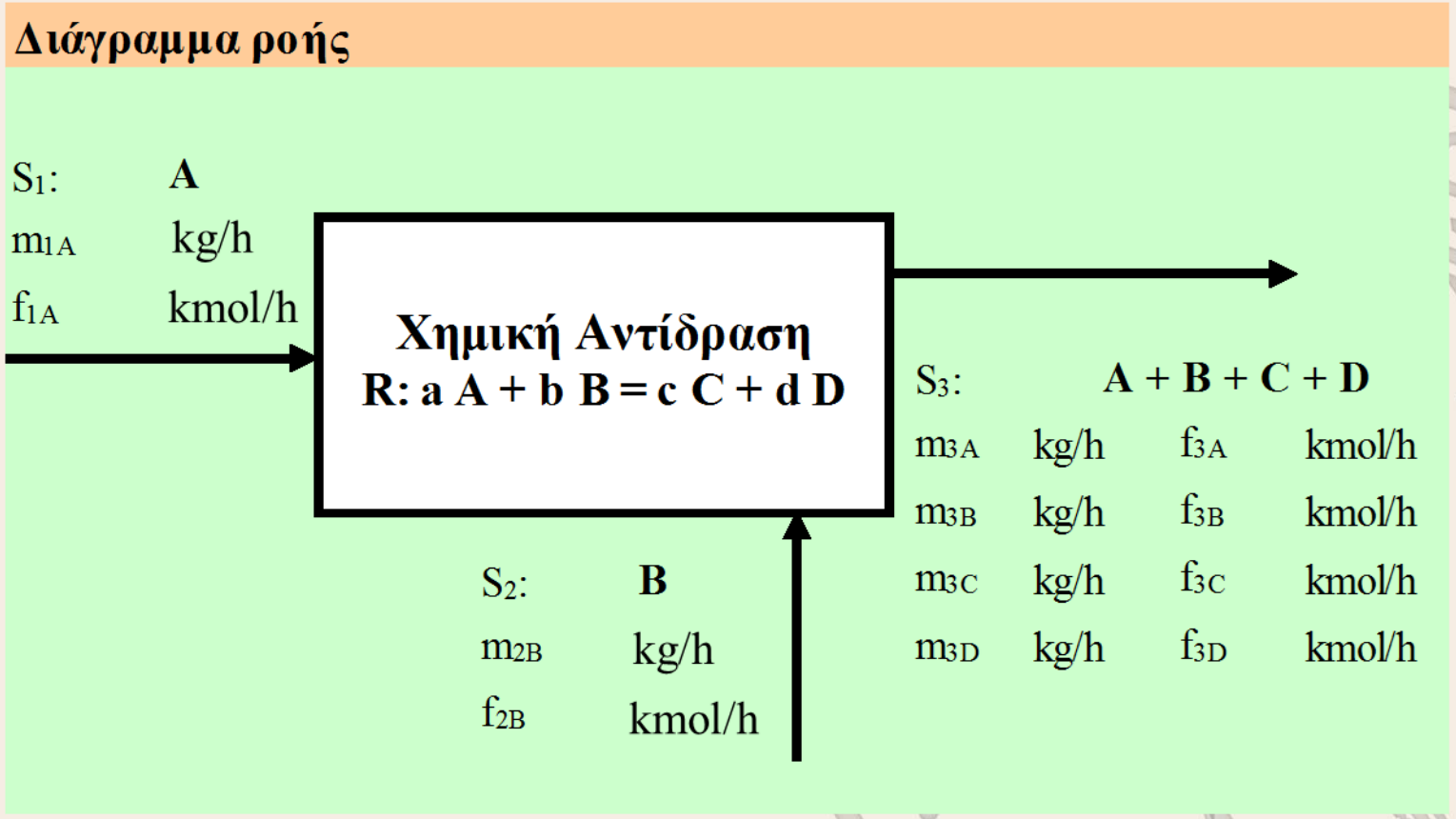
Ας υποθέσουμε ότι σε μια διεργασία εισέρχονται τα συστατικά Α και Β με τα ρεύματα S_1 και S_2 αντίστοιχα. Εντός της διεργασίας συμβαίνει μια χημική αντίδραση R μεταξύ των συστατικών Α και Β και από την οποία παράγονται τα συστατικά C και D και της οποίας ο βαθμός προόδου είναι ξ.

$$R: \alpha A + b B = c C + d D \qquad \text{βαθμός προόδου } \xi$$

Τα συστατικά Α και Β δεν αντιδρούν πλήρως και με το ρεύμα εξόδου S_3 εξέρχεται η ποσότητα των συστατικών Α και Β που δεν αντέδρασε και η ποσότητα των συστατικών C και D που παράχθηκε κατά τη διάρκεια της αντίδρασης.

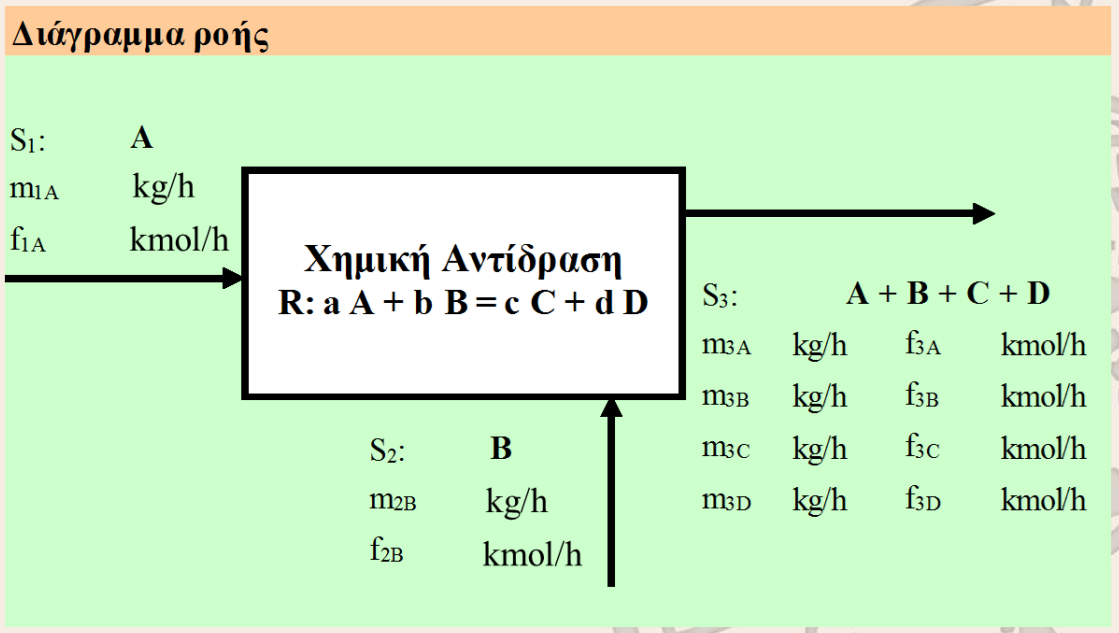
Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

Η όλη διεργασία απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα ροής.



Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

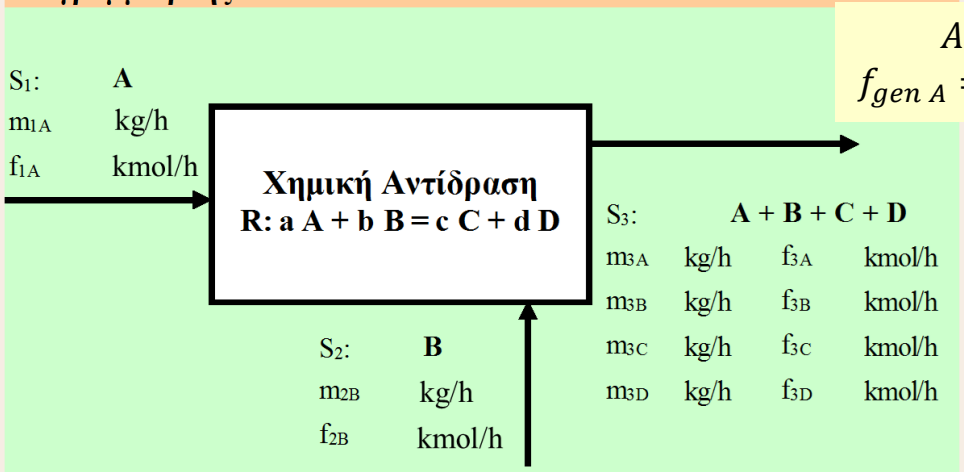
Το ισοζύγιο μάζας σε σταθερή κατάσταση εκφρασμένο σε γραμμομοριακή παροχή (kmol/h) για το συστατικό Α στη γενική του μορφή γράφεται:



$$A: f_{1\,A} + f_{2\,A} + f_{gen\,A} = f_{3\,A} + f_{cons\,A}$$

Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

Διάγραμμα ροής

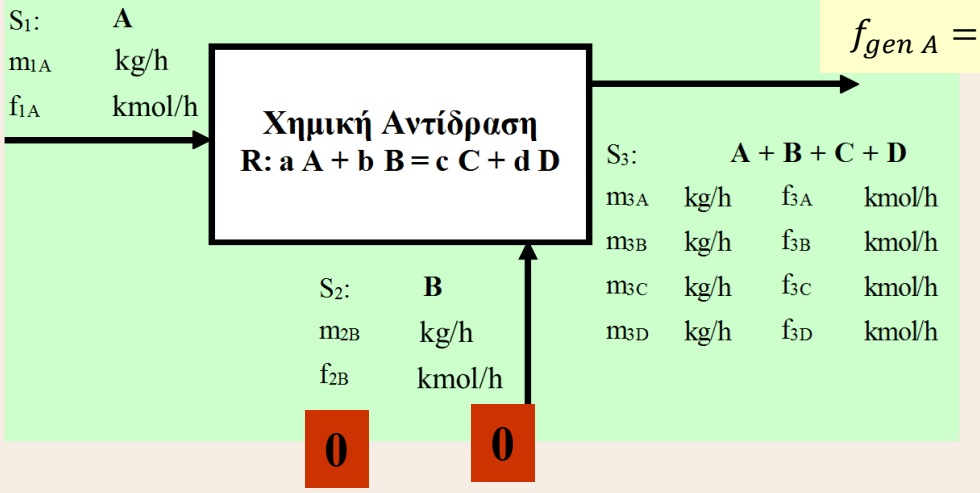


A: $f_{2\,A} = 0$ *τορεύμα* S_2 *δεν περιέχει το συστατικό* A
$f_{gen\,A} = 0$ *το συστατικό* A *είναι αντιδρών άρα καταναλώνεται*

$$A: f_{1\,A} + f_{2\,A} + f_{gen\,A} = f_{3\,A} + f_{cons\,A}$$

Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

Διάγραμμα ροής



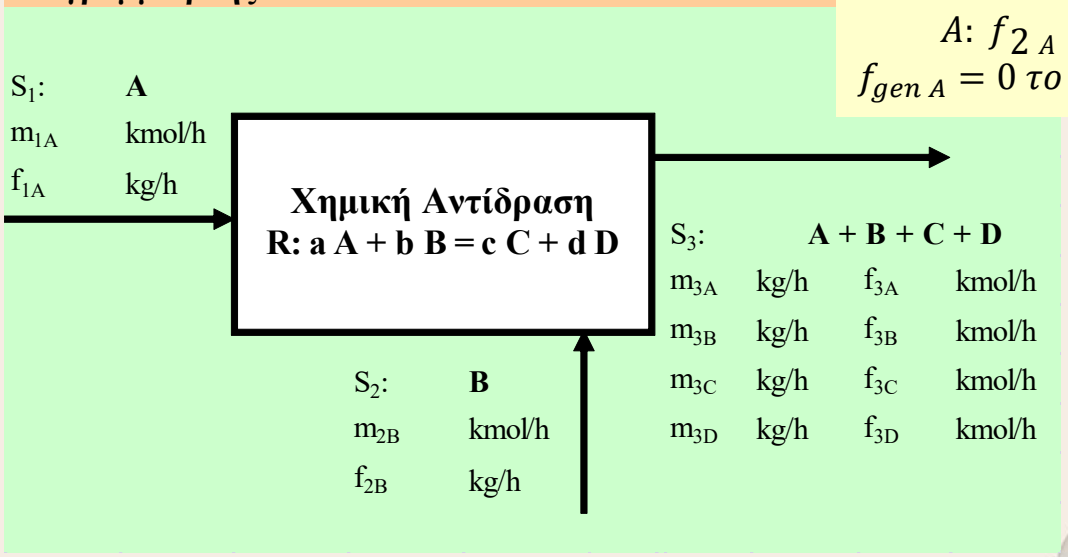
A: $f_{2\,A} = 0$ *τορεύμα* S_2 *δεν περιέχει το συστατικό* A
$f_{gen\,A} = 0$ *το συστατικό* A *είναι αντιδρών άρα καταναλώνεται*

$$A:\ f_{1\,A} + f_{2\,A} + f_{gen\,A} = f_{3\,A} + f_{cons\,A}$$

$$A:\ f_{1\,A} = f_{3\,A} + f_{cons\,A}$$

Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

Διάγραμμα ροής



A: $f_{2\,A} = 0$ *τορεύμα* S_2 *δεν περιέχει το συστατικό* A

$f_{gen\,A} = 0$ *το συστατικό* A *είναι αντιδρών άρα καταναλώνεται*

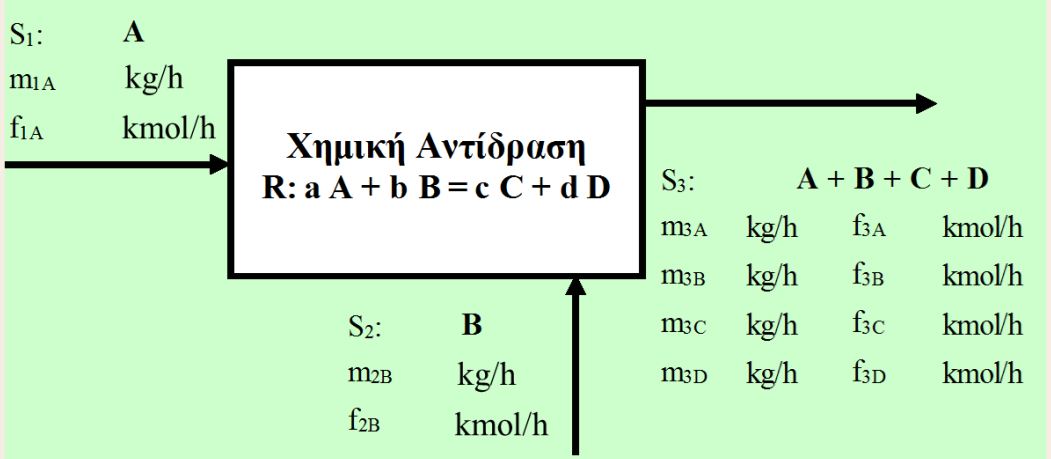
$$A\text{: } f_{1\,A} = f_{3\,A} + f_{cons\,A}$$

$$\frac{f_{consA}}{a} = \frac{f_{consB}}{b} = \frac{f_{genC}}{c} = \frac{f_{genD}}{d} = \xi$$

$$A\text{: } f_{1\,A} = f_{3\,A} + a\xi \text{ ή } f_{3\,A} = f_{1\,A} - a\xi$$

Ισοζύγιο Μάζας Χημικής Ένωσης

Διάγραμμα ροής



A: $f_{3\,A} = f_{1\,A} - a\xi$

B: $f_{3\,\mathrm{B}} = f_{1\,\mathrm{B}} - b\xi$

C: $f_{3\,\mathrm{C}} = f_{1\,\mathrm{C}} + c\xi$

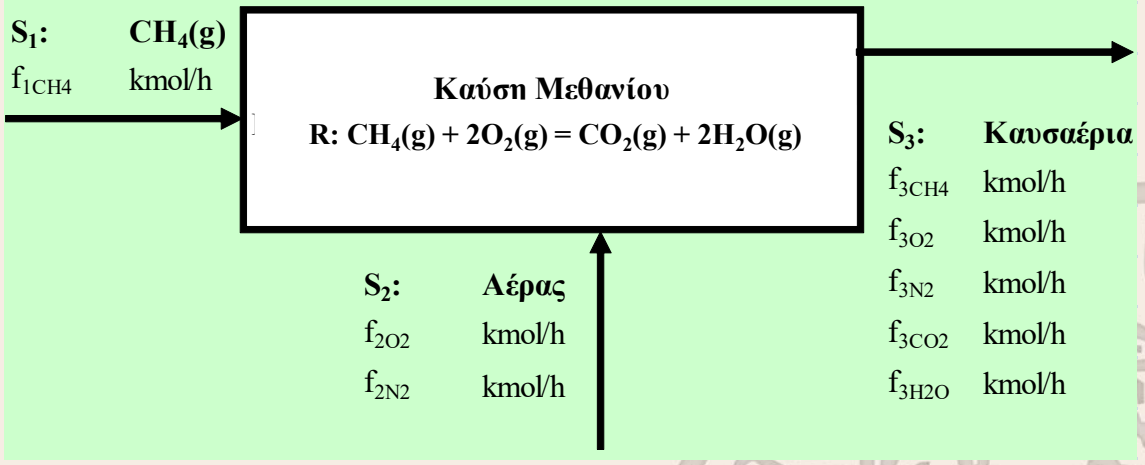
D: $f_{3\,\mathrm{D}} = f_{1\,\mathrm{D}} + d\xi$

A: $f_{1\,A} = f_{3\,A} + f_{cons\,A}$

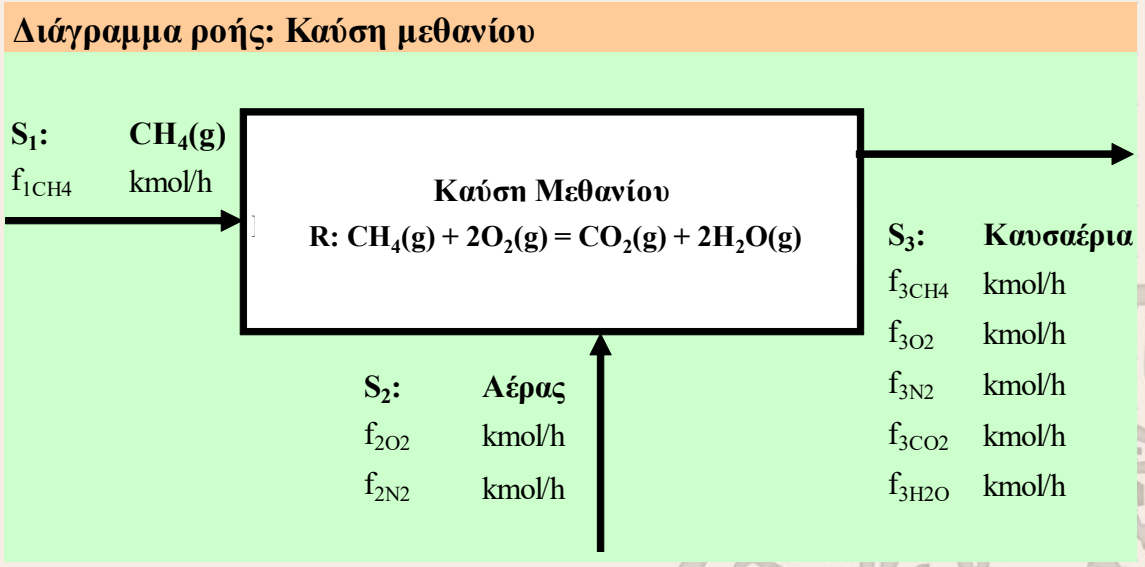
$$\frac{f_{consA}}{a} = \frac{f_{consB}}{b} = \frac{f_{genC}}{c} = \frac{f_{genD}}{d} = \xi$$

Παράδειγμα 1: Καύση Μεθανίου

Διάγραμμα ροής: Καύση μεθανίου



Παράδειγμα 1: Καύση Μεθανίου



$$CH_4(g):\ f_{1\,CH_4} + f_{2\,CH_4} + f_{gen\,CH_4} = f_{3\,CH_4} + f_{cons\,CH_4}$$

$$O_2(g):\ f_{1\,O_2} + f_{2\,O_2} + f_{gen\,O_2} = f_{3\,O_2} + f_{cons\,O_2}$$

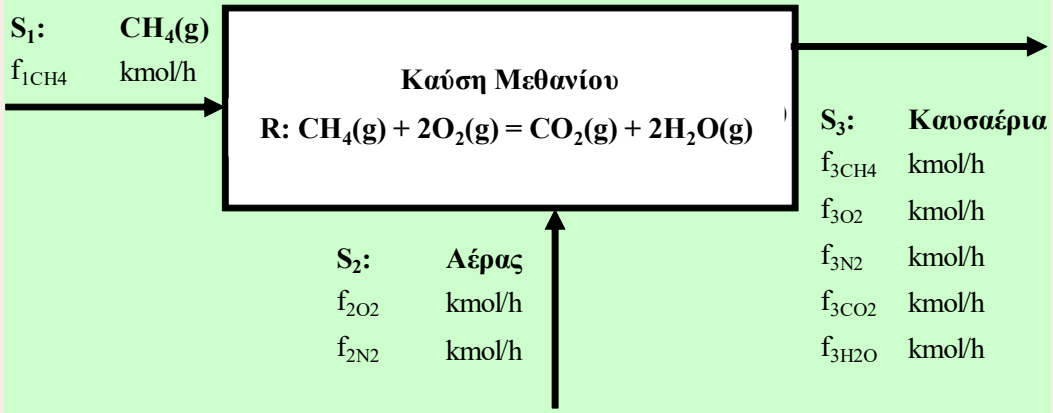
$$N_2(g):\ f_{1\,N_2} + f_{2\,N_2} + f_{gen\,N_2} = f_{3\,N_2} + f_{cons\,N_2}$$

$$CO_2(g):\ f_{1\,CO_2} + f_{2\,CO_2} + f_{gen\,CO_2} = f_{3\,CO_2} + f_{cons\,CO_2}$$

$$H_2O(g):\ f_{1\,H_2O} + f_{2\,H_2O} + f_{gen\,H_2O} = f_{3\,H_2O} + f_{cons\,H_2O}$$

Παράδειγμα 1: Καύση Μεθανίου

Διάγραμμα ροής: Καύση μεθανίου

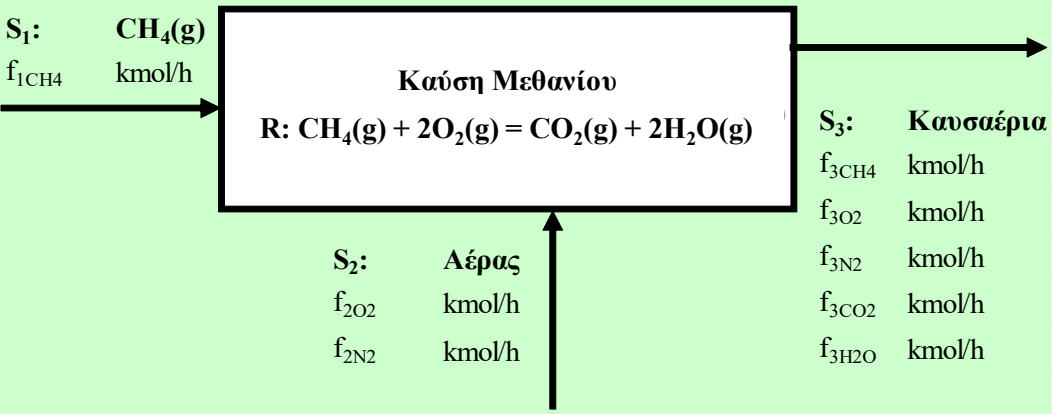


$$f_{gen\,CH_4} = f_{gen\,O_2} = 0 \text{ είναι αντιδρών}$$
$$f_{gen\,N_2} = f_{cons\,N_2} = 0 \text{ δεν αντιδρά}$$
$$f_{cons\,CO_2} = f_{cons\,H_2O} = 0 \text{ είναι προιόν}$$
$$f_{2\,CH_4} = f_{1\,O_2} = f_{1\,N_2} = f_{1\,CO_2} = f_{2\,CO_2} = f_{1\,H_2O} = f_{2\,H_2O} = 0$$

$$CH_4(g):\ f_{1\,CH_4} + f_{2\,CH_4} + f_{gen\,CH_4} = f_{3\,CH_4} + f_{cons\,CH_4}$$
$$O_2(g):\ f_{1\,O_2} + f_{2\,O_2} + f_{gen\,O_2} = f_{3\,O_2} + f_{cons\,O_2}$$
$$N_2(g):\ f_{1\,N_2} + f_{2\,N_2} + f_{gen\,N_2} = f_{3\,N_2} + f_{cons\,N_2}$$
$$CO_2(g):\ f_{1\,CO_2} + f_{2\,CO_2} + f_{gen\,CO_2} = f_{3\,CO_2} + f_{cons\,CO_2}$$
$$H_2O(g):\ f_{1\,H_2O} + f_{2\,H_2O} + f_{gen\,H_2O} = f_{3\,H_2O} + f_{cons\,H_2O}$$

Παράδειγμα 1: Καύση Μεθανίου

Διάγραμμα ροής: Καύση μεθανίου



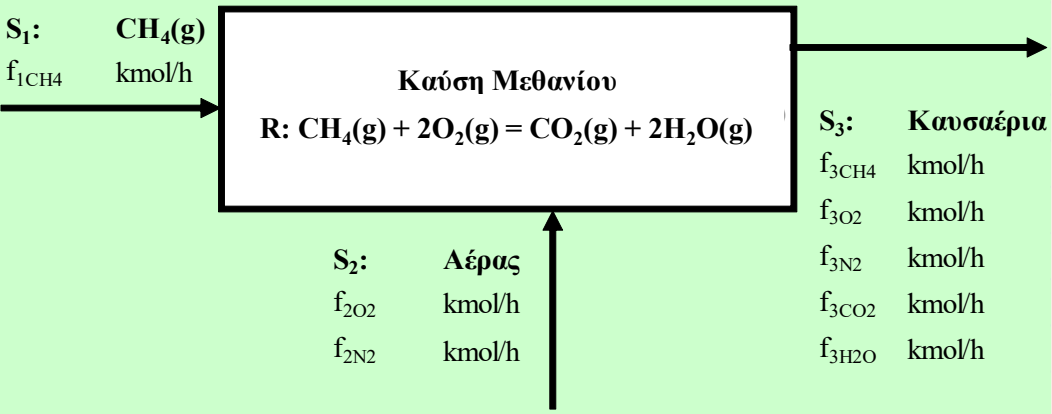
$$f_{gen\,CH_4} = f_{gen\,O_2} = 0 \text{ ειναι αντιδρών}$$
$$f_{gen\,N_2} = f_{cons\,N_2} = 0 \text{ δεν αντιδρα}$$
$$f_{cons\,CO_2} = f_{cons\,H_2O} = 0 \text{ ειναι προιόν}$$
$$f_{2\,CH_4} = f_{1\,O_2} = f_{1\,N_2} = f_{1\,CO_2} = f_{2\,CO_2} = f_{1\,H_2O} = f_{2\,H_2O} = 0$$

$$\frac{f_{consCH_4}}{1} = \frac{f_{consO_2}}{2} = \frac{f_{genCO_2}}{1} = \frac{f_{genH_2O}}{2} = \xi$$

$$CH_4(g): f_{3\,CH_4} = f_{1\,CH_4} - f_{cons\,CH_4}$$
$$O_2(g): f_{3\,O_2} = f_{2\,O_2} - f_{cons\,O_2}$$
$$N_2(g): f_{3\,N_2} = f_{2\,N_2}$$
$$CO_2(g): f_{3\,CO_2} = f_{gen\,CO_2}$$
$$H_2O(g): f_{3\,H_2O} = f_{gen\,H_2O}$$

Παράδειγμα 1: Καύση Μεθανίου

Διάγραμμα ροής: Καύση μεθανίου



$$\frac{f_{consCH_4}}{1} = \frac{f_{consO_2}}{2} = \frac{f_{genCO_2}}{1} = \frac{f_{genH_2O}}{2} = \xi$$

$$CH_4(g): f_{3\,CH_4} = f_{1\,CH_4} - f_{cons\,CH_4}$$
$$O_2(g): f_{3\,O_2} = f_{2\,O_2} - f_{cons\,O_2}$$
$$N_2(g): f_{3\,N_2} = f_{2\,N_2}$$
$$CO_2(g): f_{3\,CO_2} = f_{\text{gen}\,CO_2}$$
$$H_2O(g): f_{3\,H_2O} = f_{gen\,H_2O}$$

$$CH_4(g): f_{3\,CH_4} = f_{1\,CH_4} - \xi$$
$$O_2(g): f_{3\,O_2} = f_{2\,O_2} - 2\xi$$
$$N_2(g): f_{3\,N_2} = f_{2\,N_2}$$
$$CO_2(g): f_{3\,CO_2} = \xi$$
$$H_2O(g): f_{3\,H_2O} = 2\xi$$

Παράδειγμα 1: Καύση Μεθανίου

Ας υποθέσουμε ότι σε έναν καυστήρα εισέρχονται δύο αέρια ρεύματα: **ένα ρεύμα καυσίμου που αποτελείται από καθαρό μεθάνιο ($CH_4(g)$)** με ογκομετρική παροχή **15 m^3/h** και **βαθμό μετατροπής 90%** και **ένα ρεύμα αέρα** που αποτελείται από οξυγόνο ($O_2(g)$) και άζωτο ($N_2(g)$).

Το άζωτο ως γνωστό δεν αντιδρά με το οξυγόνο ενώ **το μεθάνιο στον καυστήρα καίγεται** σύμφωνα με την χημική αντίδραση (R_1):

$$R_1: CH_4(g) + 2\,O_2(g) = CO_2(g) + 2\,H_2O(g)$$

Ο αέρας βρίσκεται σε **περίσσεια 200%.**

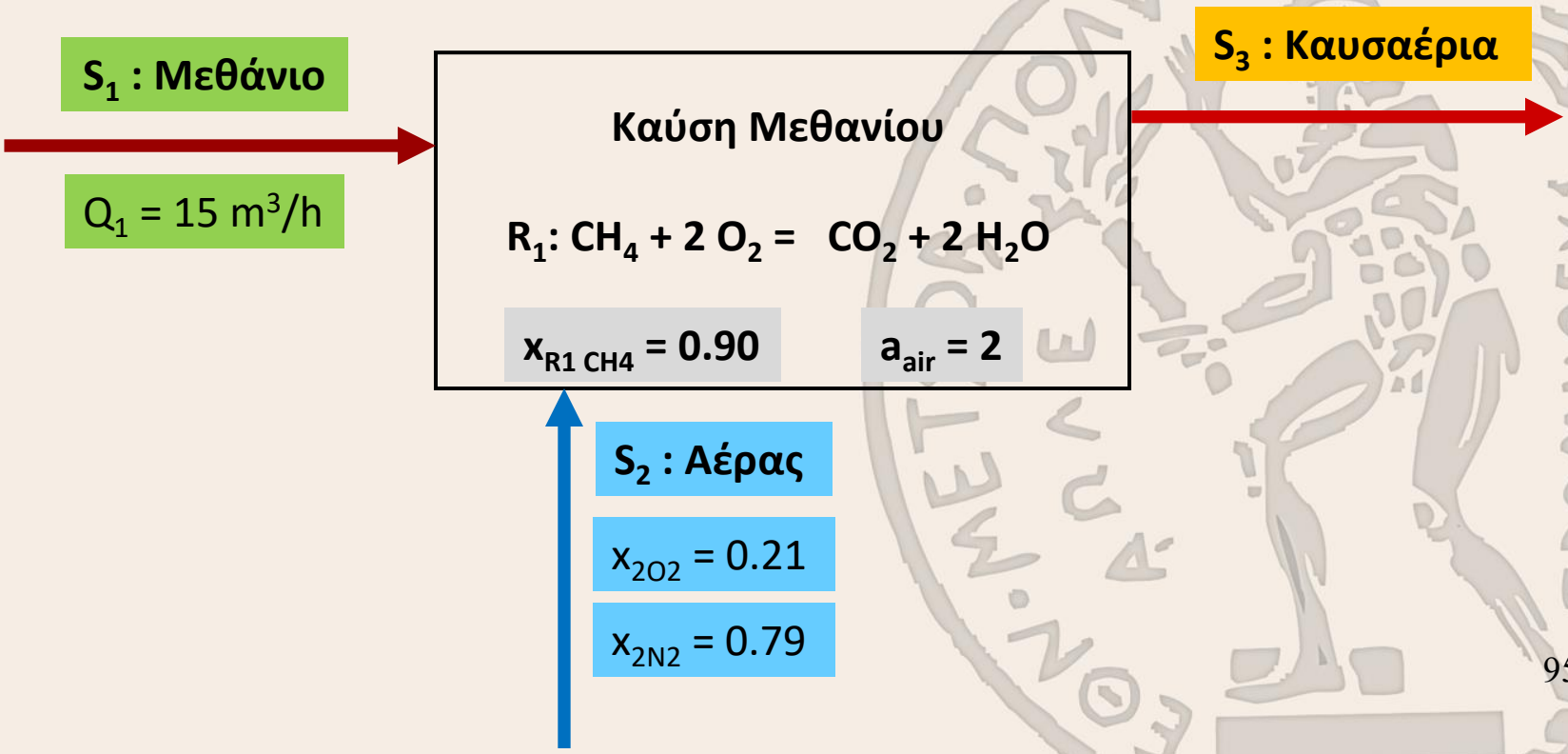
Παράδειγμα 1: Διάγραμμα Ροής

Διεργασία της καύσης του μεθανίου

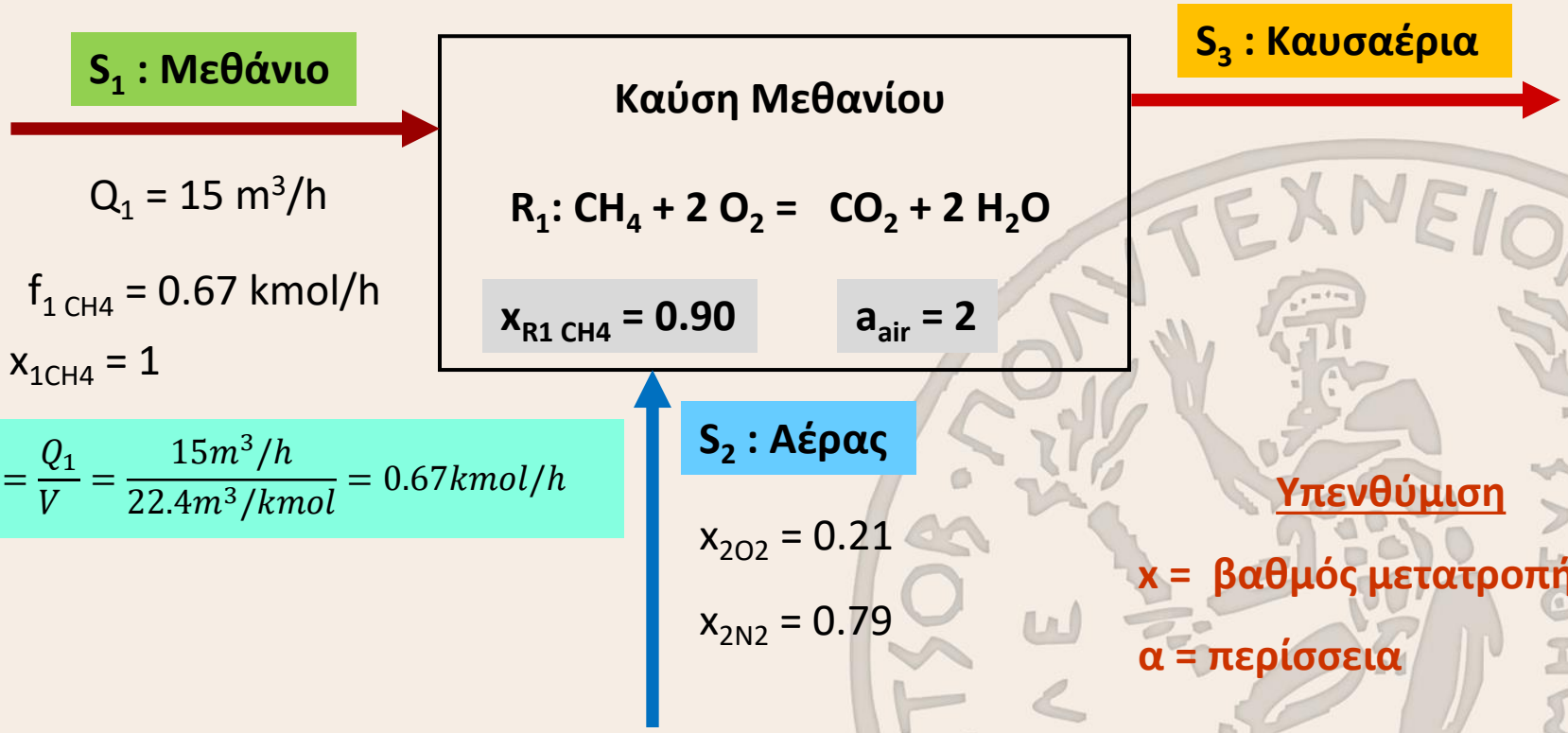
Ρεύματα διεργασίας

Όνομα – Χημική Αντίδραση

Δεδομένα - Πληροφορίες



Παράδειγμα 1: Διάγραμμα Ροής



$Q_1 = 15\ m^3/h$

$f_{1\ CH4} = 0.67\ kmol/h$

$x_{1CH4} = 1$

$$F_1 = \frac{Q_1}{V} = \frac{15m^3/h}{22.4m^3/kmol} = 0.67kmol/h$$

$x_{2O2} = 0.21$

$x_{2N2} = 0.79$

Υπενθύμιση

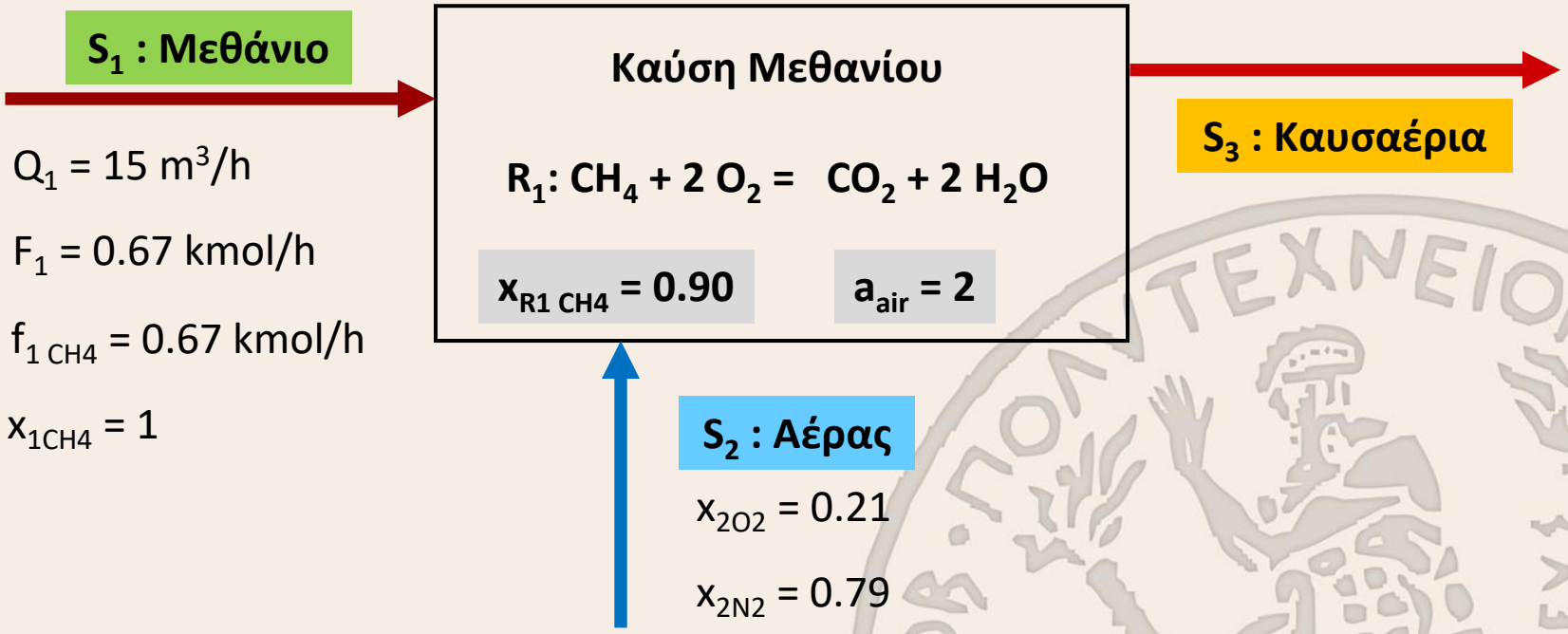
x = βαθμός μετατροπής

α = περίσσεια

$M_1 = MB_{CH4} \times F_1 = 16\ kg/kmol \times 0{,}67\ kmol/h = 10.72\ kg/h$

Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

Ποιο είναι το ισοζύγιο μάζας του μεθανίου



$Q_1 = 15\ m^3/h$

$F_1 = 0.67\ kmol/h$

$f_{1\,CH4} = 0.67\ kmol/h$

$x_{1CH4} = 1$

0 0

$$\boldsymbol{CH_4(g)}: f_{1\,CH_4} + f_{2\,CH_4} + f_{gen\,CH_4} = f_{3\,CH_4} + f_{cons\,CH_4}$$

$$\boldsymbol{CH_4(g)}: \boldsymbol{f_{1\,CH_4} = f_{3\,CH_4} + f_{cons\,CH_4}}$$

Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

Ποιο είναι το ισοζύγιο μάζας του μεθανίου

S_1 : Μεθάνιο

$Q_1 = 15\ m^3/h$

$F_1 = 0.67\ kmol/h$

$f_{1\ CH4} = 0.67\ kmol/h$

$x_{1CH4} = 1$

Καύση Μεθανίου

R_1: $CH_4 + 2\ O_2 = CO_2 + 2\ H_2O$

$x_{R1\ CH4} = 0.90$ **$a_{air} = 2$**

S_3 : Καυσαέρια

S_2 : Αέρας

$x_{2O2} = 0.21$

$x_{2N2} = 0.79$

$$CH_4(g):\ f_{1\,CH_4} = f_{3\,CH_4} + f_{cons\,CH_4}$$

$$CH_4(g):\ f_{3\,CH_4} = f_{1\,CH_4} - a_{R_1 CH_4}\ x\ \xi_{R_1}$$

Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

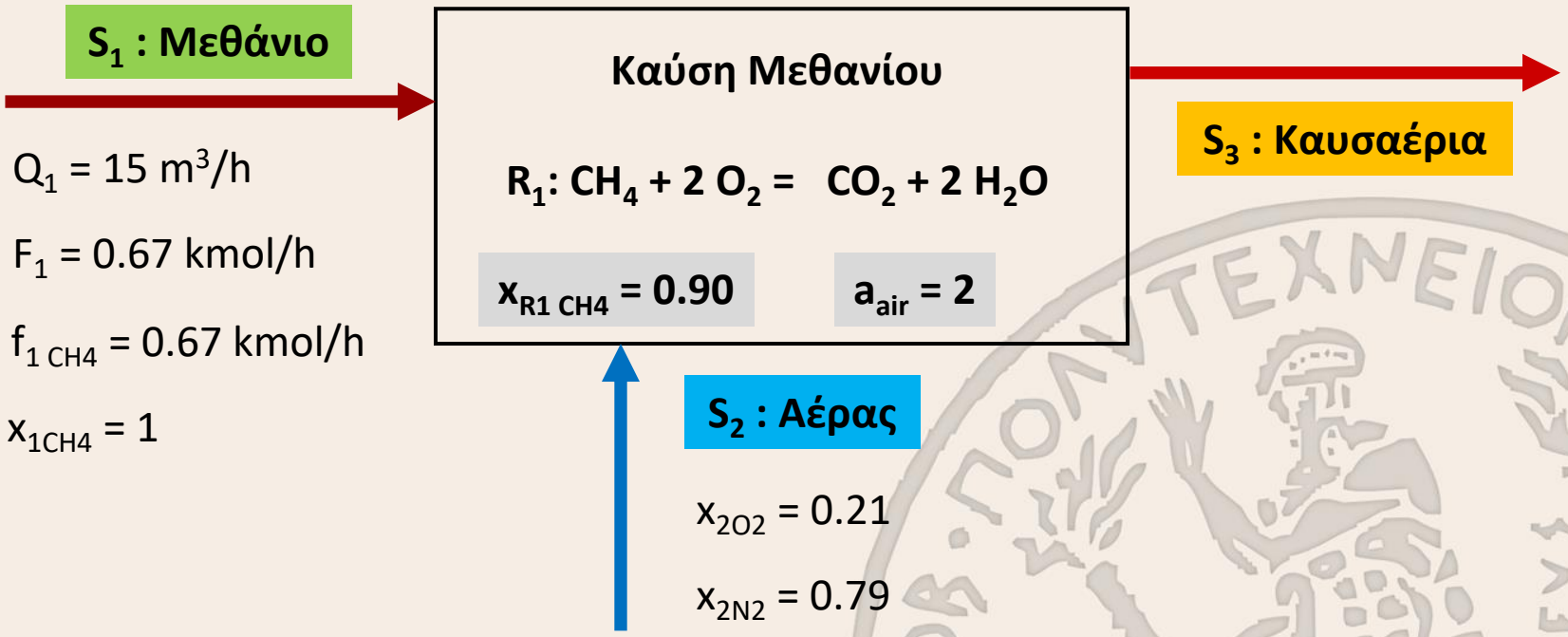
$$CH_4(g):\ f_{1\,CH_4} = f_{3\,CH_4} + f_{cons\,CH_4}$$

$$CH_4(g):\ f_{3\,CH_4} = f_{1\,CH_4} - a_{R_1 CH_4} x \xi_{R_1}$$

$$R_1:\ \frac{f\,\text{cons}\,CH_4}{a_{R_1 CH_4}} = \frac{f\,\text{cons}\,O_2}{a_{R_1 O_2}} = \frac{f\,\text{gen}\,CO_2}{a_{R_1 CO_2}} = \frac{f\,\text{gen}\,H_2O}{a_{R_1 H_2O}} = \xi_{R_1}$$

Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

Ποιο είναι το ισοζύγιο μάζας του οξυγόνου



$Q_1 = 15\ m^3/h$

$F_1 = 0.67\ kmol/h$

$f_{1\,CH4} = 0.67\ kmol/h$

$x_{1CH4} = 1$

$x_{2O2} = 0.21$

$x_{2N2} = 0.79$

0 0

$$O_2(g):\ f_{1\,O_2} + f_{2\,O_2} + f_{gen\,O_2} = f_{3\,O_2} + f_{cons\,O_2}$$

$$O_2(g):\ f_{2\,O_2} = f_{3\,O_2} + f_{cons\,O_2}$$

Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

Ποιο είναι το ισοζύγιο μάζας του οξυγόνου

$$O_2(g):\ f_{2\,O_2} = f_{3\,O_2} + f_{cons\,O_2}$$

$$O_2(g):\ f_{3\,O_2} = f_{1\,O_2} - a_{R_1 O_2}\ x\ \xi_{R_1}$$

$$R_1:\ \frac{f\text{cons}\ _{CH_4}}{a_{R_1 CH_4}} = \frac{f\ \text{cons}\ \text{O}_2}{a_{R_1 O_2}} = \frac{f\text{gen}\ _{CO_2}}{a_{R_1 CO_2}} = \frac{f\text{gen}\ _{H_2O}}{a_{R_1 H_2O}} = \xi_{R_1}$$

Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

Εξισώσεις Ισοζυγιών Μάζας Συστατικών

$CH_4(g)$: $f_{1\,CH_4} + f_{2\,CH_4} + f_{gen\,CH_4} = f_{3\,CH_4} + f_{cons\,CH_4}$

$O_2(g)$: $f_{1\,O_2} + f_{2\,O_2} + f_{gen\,O_2} = f_{3\,O_2} + f_{cons\,O_2}$

$N_2(g)$: $f_{1\,N_2} + f_{2\,N_2} + f_{gen\,N_2} = f_{3\,N_2} + f_{cons\,N_2}$

$CO_2(g)$: $f_{1\,CO_2} + f_{2\,CO_2} + f_{gen\,CO_2} = f_{3\,CO_2} + f_{cons\,CO_2}$

$H_2O(g)$: $f_{1\,H_2O} + f_{2\,H_2O} + f_{gen\,H_2O} = f_{3\,H_2O} + f_{cons\,H_2O}$

$\boldsymbol{CH_4(g)}$: $\boldsymbol{f_{3\,CH_4} = f_{1\,CH_4} - a_{R_1 CH_4}\, x\, \xi_{R_1}}$

$\boldsymbol{O_2(g)}$: $\boldsymbol{f_{3\,O_2} = f_{2\,O_2} - a_{R_1 CH_4}\, x\, \xi_{R_1}}$

$\boldsymbol{CO_2(g)}$: $\boldsymbol{f_{3\,CO_2} = a_{R_1 CO_2}\, x\, \xi_{R_1}}$

$\boldsymbol{H_2O(g)}$: $\boldsymbol{f_{3\,H_2O} = a_{R_1 H_2O}\, x\, \xi_{R_1}}$

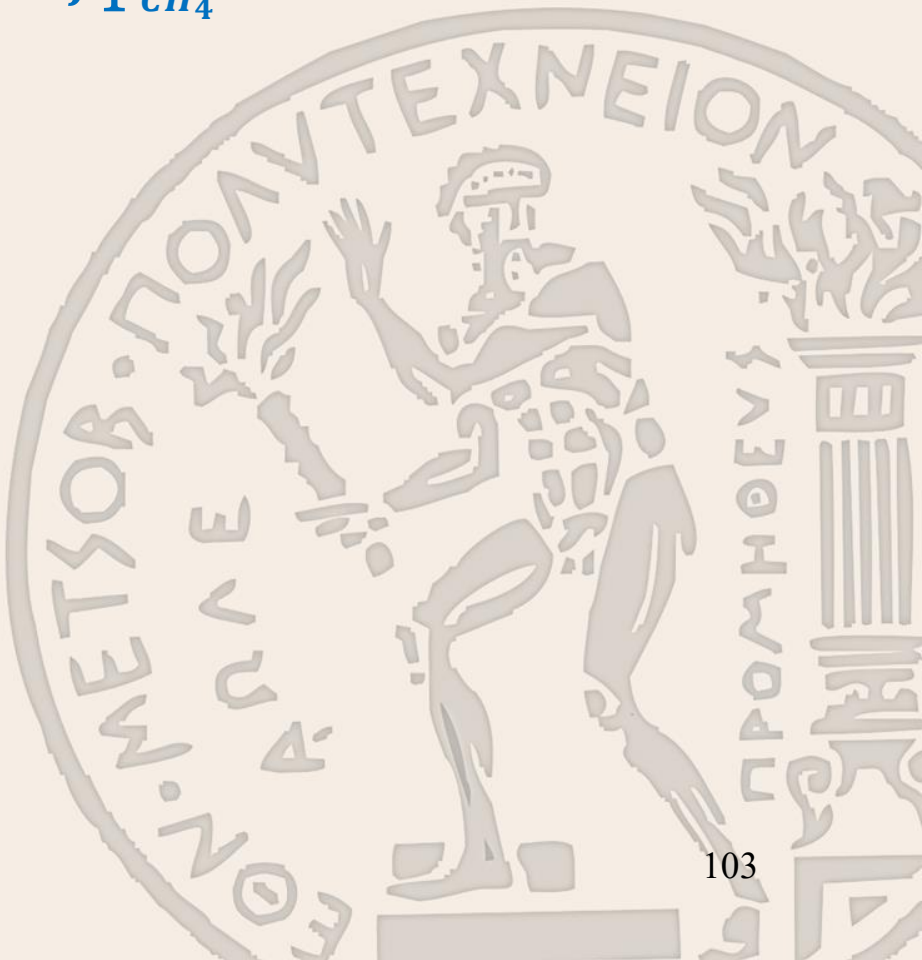
$\boldsymbol{N_2(g)}$: $\boldsymbol{f_{3\,N_2} = f_{1\,N_2} + f_{2\,N_2}}$

Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

Σχέση Βαθμού Μετατροπής και Βαθμού Προόδου

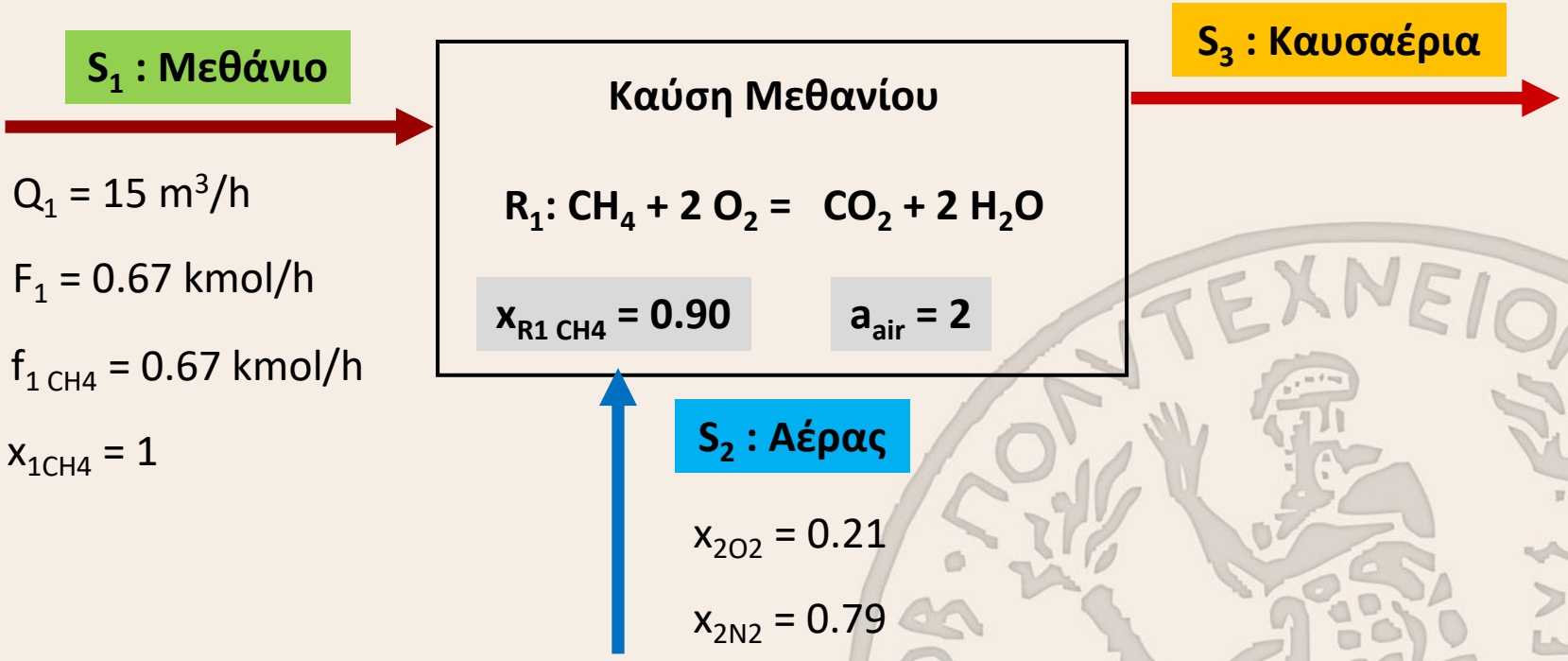
$$x_{CH_4} = \frac{f_{1\,CH_4} - f_{3\,CH_4}}{f_{1\,CH_4}} = \frac{f\,\text{cons}\,CH_4}{f_{1\,CH_4}} = \frac{a_{R_1 CH_4}\, x\, \xi_{R_1}}{f_{1\,CH_4}}$$

$$\xi_{R_1} = \frac{x_{CH_4} x f_{1\,CH_4}}{a_{R_1 CH_4}}$$



Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

Σχέση Βαθμού Μετατροπής και Βαθμού Προόδου



$Q_1 = 15\ m^3/h$

$F_1 = 0.67\ kmol/h$

$f_{1\ CH4} = 0.67\ kmol/h$

$x_{1CH4} = 1$

$x_{2O2} = 0.21$

$x_{2N2} = 0.79$

$$\xi_{R_1} = \frac{x_{CH_4}\ x\ f_{1\ CH_4}}{a_{R_1 CH_4}} = \frac{0.90\ x\ 0.67 kmol/h}{-1} = 0.603 kmol/h$$

Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

Περίσσεια οξυγόνου

Καύση Μεθανίου

R_1: $CH_4 + 2\,O_2 = CO_2 + 2\,H_2O$

$$f_{2\,O_2} = (1 + a_{air})\; x\; f_{stoich O_2} = (1 + 2)\; x\; 1.34 kmol/h = 4.02 kmol/h$$

Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

Στοιχειομετρικά απαιτούμενο οξυγόνο

$$f_{stoich O_2} = \frac{a_{R_1 O_2}}{a_{R_1 CH_4}} \; x \; f_{1\ CH_4}$$

Καύση Μεθανίου

R_1: $CH_4 + 2\ O_2 = CO_2 + 2\ H_2O$

$$\frac{f_{cons CH_4}}{-1} = \frac{f_{cons O_2}}{-2} = \frac{f_{gen CO_2}}{1} = \frac{f_{gen H_2O}}{2} = \xi$$

$$\frac{f_{1\ CH_4}}{-1} = \frac{f_{stoich O_2}}{-2}$$

$$f_{stoich O_2} = \frac{-2}{-1}\ 0.67 kmol/h = 1.34 kmol/h$$

Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

Περίσσεια οξυγόνου

Καύση Μεθανίου

R_1: $CH_4 + 2\ O_2 = CO_2 + 2\ H_2O$

$$f_{stoich O_2} = \frac{-2}{-1}\ 0.67 kmol/h = 1.34 kmol/h$$

$$f_{2\ O_2} = (1 + a_{air})\ x\ f_{stoich O_2} = (1 + 2)\ x\ 1.34 kmol/h = 4.02 kmol/h$$

Παράδειγμα 1: Ισοζύγιο Μάζας

Ισοζύγια Μάζας Συστατικών

$$CH_4: f_{3\,CH4} = f_{1\,CH4} - a_{R1\,CH4}\, x\, \xi$$

$$O_2: f_{3\,O2} = f_{2\,O2} - a_{R1\,O2}\, x\, \xi$$

$$CO_2: f_{3\,CO2} = a_{R1\,CO2}\, x\, \xi$$

$$H_2O: f_{3\,H2O} = a_{R1H2O}\, x\, \xi$$

$$N_2: f_{3\,N2} = f_{2\,N2}$$

Περίσσεια οξυγόνου

$$f_{2\,O_2} = (1 + a_{air})\, x\, f_{stoich O_2}$$

Σύσταση Αέρα

$$S_2: x_{2\,O_2}\, x\, f_{2\,N_2} = x_{2\,N_2}\, x\, f_{2\,O_2}$$

Βαθμός Προόδου

$$\xi_{R_1} = \frac{x_{CH_4}\, x\, f_{1\,CH_4}}{a_{R_1 CH_4}}$$

Στοιχειομετρικά απαιτούμενο οξυγόνο

$$f_{stoich O_2} = \frac{a_{R_1 O_2}}{a_{R_1 CH_4}}\, x\, f_{1\,CH_4}$$

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

Σε έναν καυστήρα καίγεται καθαρό μεθάνιο ($CH_4(g)$) με γραμμομοριακή παροχή 10 kmol/h. Να υπολογιστεί η ποσότητα του αέρα που απαιτείται για την πλήρη καύση του μεθανίου καθώς και η σύσταση των καυσαερίων που παράγονται.

Βήμα 1ο : Πολύ καλή κατανόηση του προβλήματος

	F kmol/h	f_{CH4} kmol/h	f_{O2} kmol/h	f_{CO2} kmol/h	f_{H2O} kmol/h	f_{N2} kmol/h
S_1: CH4 (g)	$F_1 = 10{,}00$	$f_{1CH4} = ?$	$f_{1O2} = ?$	$f_{1CO2} = ?$	$f_{1H2O} = ?$	$f_{1N2} = ?$
S_2: αέρας	$F_2 = ?$	$f_{2CH4} = ?$	$f_{2O2} = ?$	$f_{2CO2} = ?$	$f_{2H2O} = ?$	$f_{2N2} = ?$
S_3: καυσαέρια	$F_3 = ?$	$f_{3CH4} = ?$	$f_{3O2} = ?$	$f_{3CO2} = ?$	$f_{3H2O} = ?$	$f_{3N2} = ?$

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

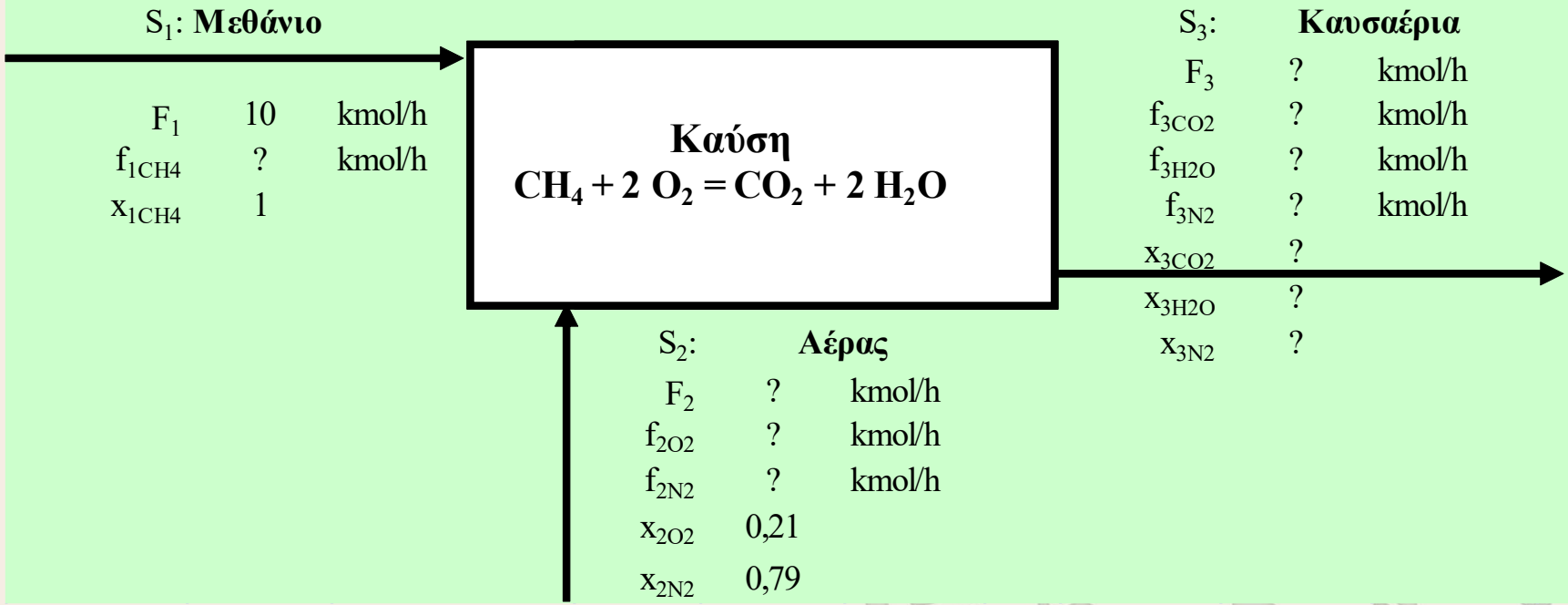
Βήμα 2ο : ???



Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

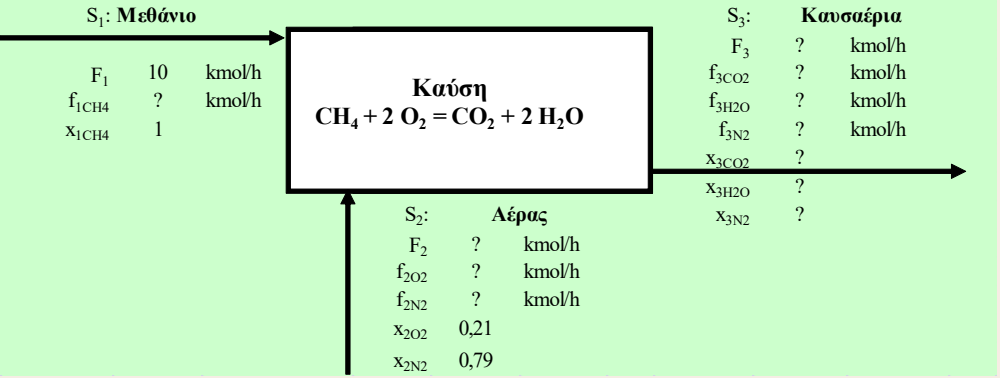
Βήμα 2ο : Κατασκευή του διαγράμματος ροής

Πλήρης καύση μεθανίου



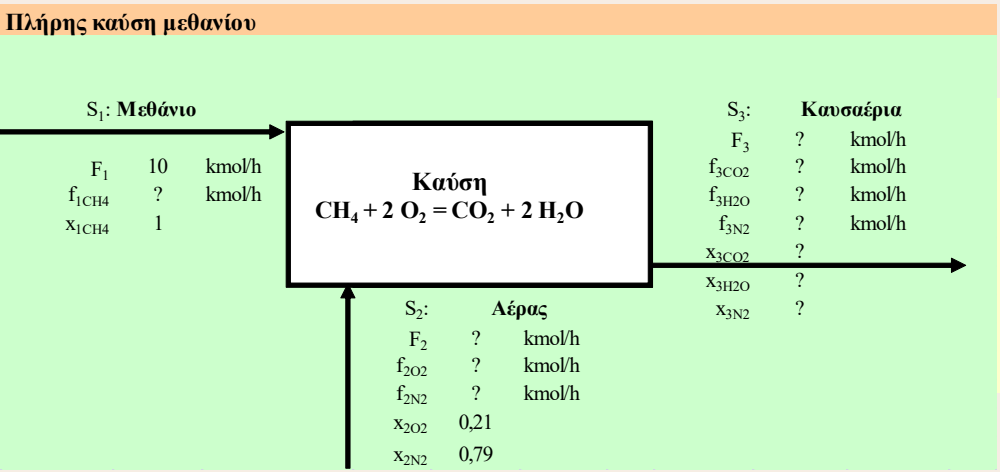
Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

Πλήρης καύση μεθανίου



Βήμα 3ο : ?????

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου



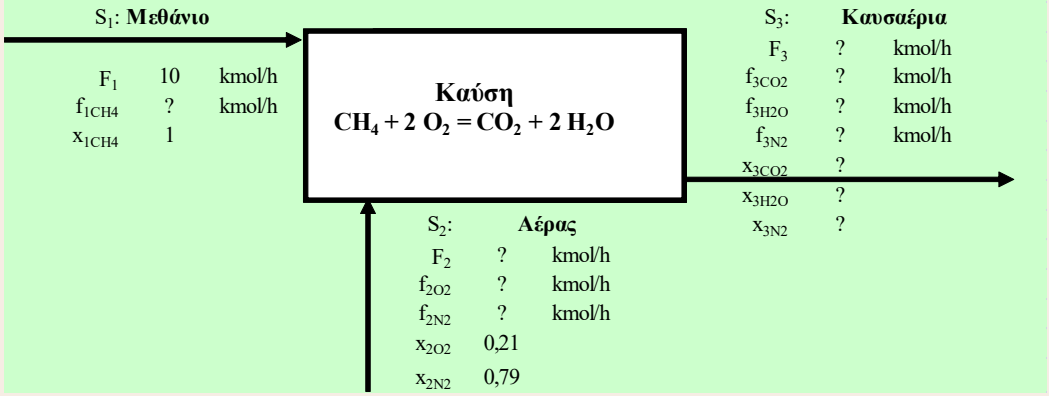
CH_4: $f_{1\,CH_4} + f_{2\,CH_4} + f_{gen\,CH_4} = f_{3\,CH_4} + f_{cons\,CH_4}$
O_2: $f_{1\,O_2} + f_{2\,O_2} + f_{gen\,O_2} = f_{3\,O_2} + f_{cons\,O_2}$
CO_2: $f_{1\,CO_2} + f_{2\,CO_2} + f_{gen\,CO_2} = f_{3\,CO_2} + f_{cons\,CO_2}$
H_2O: $f_{1\,H_2O} + f_{2\,H_2O} + f_{gen\,H_2O} = f_{3\,H_2O} + f_{cons\,H_2O}$
N_2: $f_{1\,N_2} + f_{2\,N_2} + f_{gen\,N_2} = f_{3\,N_2} + f_{cons\,N_2}$

$\boldsymbol{CH_4}$: $\boldsymbol{f_{2\,CH_4} = f_{gen\,CH_4} = 0}$
$\boldsymbol{O_2}$: $\boldsymbol{f_{1\,O_2} = f_{3\,O_2} = f_{gen\,O_2} = 0}$
$\boldsymbol{CO_2}$: $\boldsymbol{f_{1\,CO_2} = f_{2\,CO_2} = f_{cons\,CO_2} = 0}$
$\boldsymbol{H_2O}$: $\boldsymbol{f_{1\,H_2O} = f_{2\,H_2O} = f_{cons\,H_2O} = 0}$
$\boldsymbol{N_2}$: $\boldsymbol{f_{1\,N_2} = f_{gen\,N_2} = f_{cons\,N_2} = 0}$

Βήμα 3ο : **Πλήρη ισοζύγια μάζας για όλα τα συστατικά**
Προσδιορισμός και διαγραφή μηδενικών μεταβλητών

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

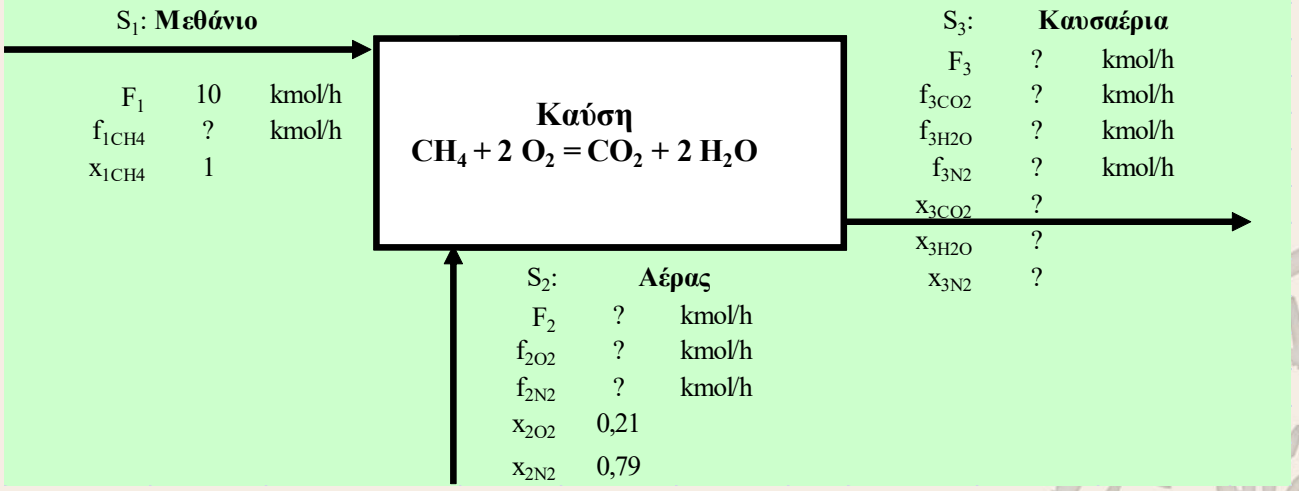
Πλήρης καύση μεθανίου



Βήμα 4ο : ????

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

Πλήρης καύση μεθανίου

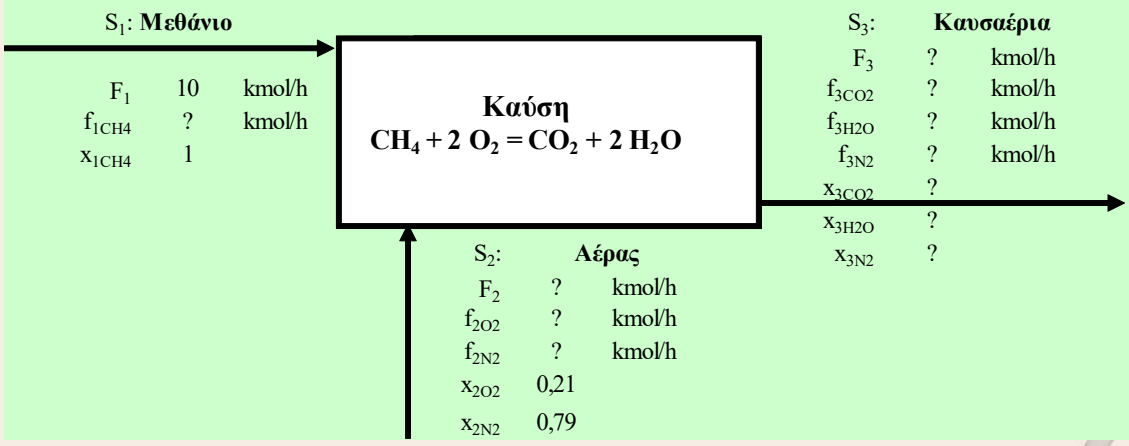


$$CH_4: f_{1\,CH_4} = f_{cons\,CH_4}$$
$$O_2: f_{2\,O_2} = f_{cons O_2}$$
$$CO_2: f_{3\,CO_2} = f_{\text{gen}\,CO_2}$$
$$H_2O: f_{3\,H_2O} = f_{gen\,H_2O}$$
$$N_2: f_{3\,N_2} = f_{2\,N_2}$$

Βήμα 4ο : Διαμόρφωση τελικών εξισώσεων ισοζυγίων μάζας

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

Πλήρης καύση μεθανίου



CH_4: $f_{1\,CH_4} = f_{cons\,CH_4}$

O_2: $f_{2\,O_2} = f_{cons O_2}$

CO_2: $f_{3\,CO_2} = f_{\text{gen}\,CO_2}$

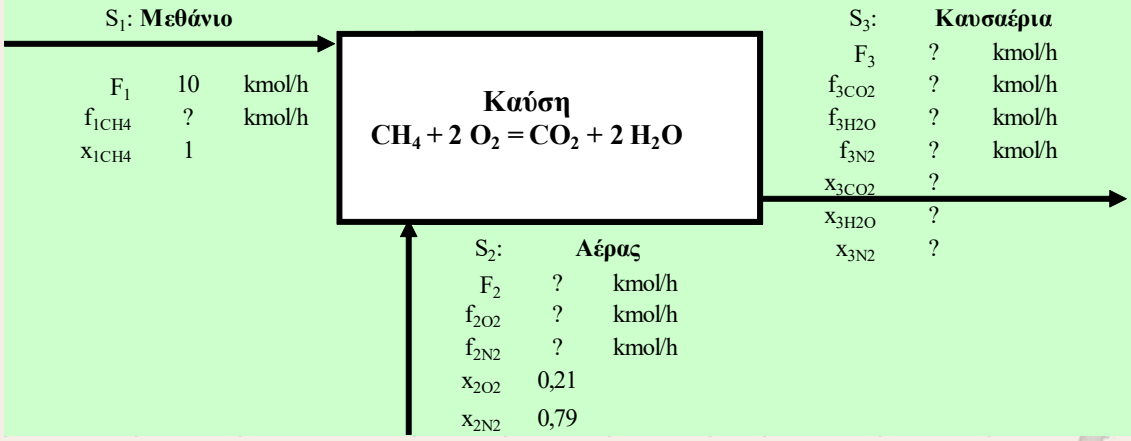
H_2O: $f_{3\,H_2O} = f_{gen\,H_2O}$

N_2: $f_{3\,N_2} = f_{2\,N_2}$

Βήμα 5ο : ???

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

Πλήρης καύση μεθανίου



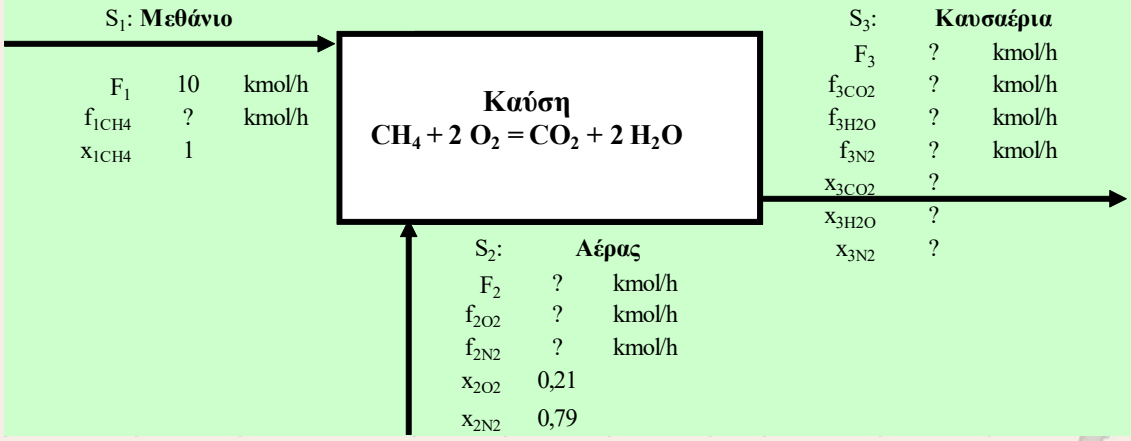
$$CH_4: f_{1\,CH_4} = f_{cons\,CH_4}$$
$$O_2: f_{2\,O_2} = f_{cons\,O_2}$$
$$CO_2: f_{3\,CO_2} = f_{gen\,CO_2}$$
$$H_2O: f_{3\,H_2O} = f_{gen\,H_2O}$$
$$N_2: f_{3\,N_2} = f_{2\,N_2}$$

$$\frac{f_{consCH_4}}{1} = \frac{f_{consO_2}}{2} = \frac{f_{genCO_2}}{1} = \frac{f_{genH_2O}}{2}$$
$$f_{consO_2} = 2x f_{consCH_4}$$
$$f_{genCO_2} = 1x f_{consCH_4}$$
$$f_{genH_2O} = 2x f_{consCH_4}$$

Βήμα 5ο : Εξισώσεις από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

Πλήρης καύση μεθανίου



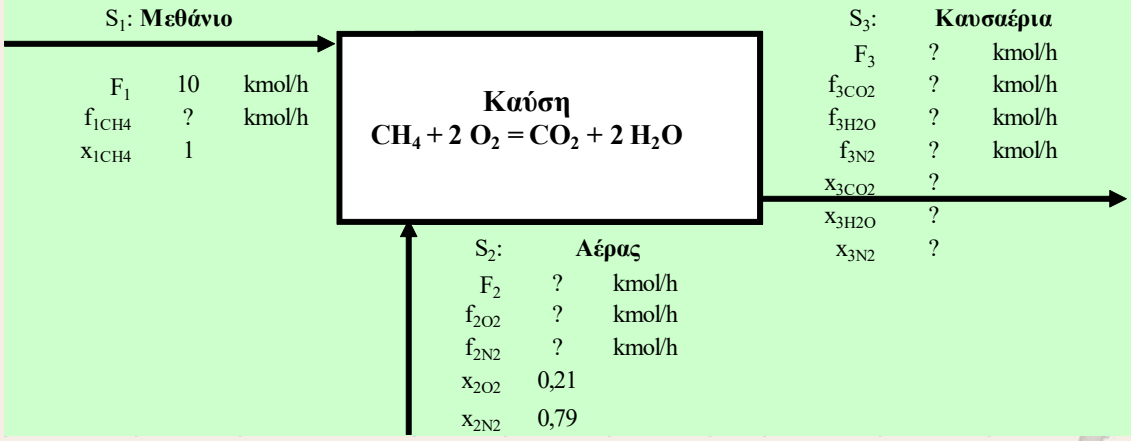
$$CH_4: f_{1\,CH_4} = f_{cons\,CH_4}$$
$$O_2: f_{2\,O_2} = f_{cons\,O_2}$$
$$CO_2: f_{3\,CO_2} = f_{gen\,CO_2}$$
$$H_2O: f_{3\,H_2O} = f_{gen\,H_2O}$$
$$N_2: f_{3\,N_2} = f_{2\,N_2}$$

$$\frac{f_{consCH_4}}{1} = \frac{f_{consO_2}}{2} = \frac{f_{genCO_2}}{1} = \frac{f_{genH_2O}}{2}$$
$$f_{consO_2} = 2x f_{consCH_4}$$
$$f_{genCO_2} = 1x f_{consCH_4}$$
$$f_{genH_2O} = 2x f_{consCH_4}$$

Βήμα 6ο : ?????

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

Πλήρης καύση μεθανίου



$$CH_4: f_{1\,CH_4} = f_{cons\,CH_4}$$
$$O_2: f_{2\,O_2} = f_{cons\,O_2}$$
$$CO_2: f_{3\,CO_2} = f_{gen\,CO_2}$$
$$H_2O: f_{3\,H_2O} = f_{gen\,H_2O}$$
$$N_2: f_{3\,N_2} = f_{2\,N_2}$$

$$\frac{f_{cons\,CH_4}}{1} = \frac{f_{cons\,O_2}}{2} = \frac{f_{gen\,CO_2}}{1} = \frac{f_{gen\,H_2O}}{2}$$
$$f_{cons\,O_2} = 2 x f_{cons\,CH_4}$$
$$f_{gen\,CO_2} = 1 x f_{cons\,CH_4}$$
$$f_{gen\,H_2O} = 2 x f_{cons\,CH_4}$$

$$S_2: x_{2\,O_2} x f_{2\,N_2} = x_{2\,N_2} x f_{2\,O_2}$$

Βήμα 6ο : Εξισώσεις από τα δεδομένα του προβλήματος

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

CH_4: $f_{1\,CH_4} = f_{cons\,CH_4}$
O_2: $f_{2\,O_2} = f_{consO_2}$
CO_2: $f_{3\,CO_2} = f_{\mathrm{gen}\,CO_2}$
H_2O: $f_{3\,H_2O} = f_{gen\,H_2O}$
N_2: $f_{3\,N_2} = f_{2\,N_2}$

Εξισώσεις, E= 9
Μεταβλητές, M = 12
Γνωστές Μεταβλητές, = 3
Βαθμοί Ελευθερίας, BE = 0

$$f_{consO_2} = 2x f_{consCH_4}$$
$$f_{genCO_2} = 1x f_{consCH_4}$$
$$f_{genH_2O} = 2x f_{consCH_4}$$

S_2: $x_{2\,O_2} x f_{2\,N_2} = x_{2\,N_2} x f_{2\,O_2}$

Βήμα 7ο : Διαμόρφωση τελικού συστήματος προς επίλυση

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

Βήμα 8ο : Επίλυση τελικού συστήματος

Σειρά Επίλυσης Εξισώσεων

α/α Εξ.	Σειρά	Μεταβλητή		Εξ. Υπολογισμού				Απόδοση Τιμών				Αποτέλεσμα	
1	1	$f_{consCH4}$	=			f_{1CH4}	=			10,00	kmol/h	=	10,00 kmol/h
6	2	f_{consO2}	=	2	x	$f_{consCH4}$	=	2	x	10,00	Kmol/h	=	20,00 kmol/h
7	3	f_{genCO2}	=			$f_{consCH4}$	=			10,00	Kmol/h	=	75,24 kmol/h
8	4	f_{genH2O}	=	2	x	$f_{consCH4}$	=	2	x	10,00	Kmol/h	=	20,00 kmol/h
2	5	f_{2O2}	=			f_{consO2}	=			20,00	Kmol/h	=	20,00 kmol/h
3	6	f_{3CO2}	=			f_{genCO2}	=			75,24	Kmol/h	=	20,00 kmol/h
4	7	f_{3H2O}	=			f_{genH2O}	=			20,00	Kmol/h	=	10,00 kmol/h
9	8	f_{2N2}	=	x_{2N2} / x_{2O2}	x	f_{2O2}	=	3,76	x	20,00	Kmol/h	=	75,24 kmol/h
5	9	f_{3N2}	=			f_{2N2}	=			75,24	Kmol/h	=	75,24 kmol/h

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

Ποσότητες Συστατικών στα Ρεύματα σε kmol/h			
	S_1	S_2	S_3
CH_4	10,00		
O_2		20,00	0,00
N_2		75,24	75,24
CO_2			10,00
H_2O			20,00
Σύνολο	10,00	95,24	105,24

Βήμα 9ο : **Πίνακας ποσοτήτων συστατικών στα ρεύματα**

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

Ποσότητες Συστατικών στα Ρεύματα σε kmol/h			
	S_1	S_2	S_3
CH_4	10,00		
O_2		20,00	0,00
N_2		75,24	75,24
CO_2			10,00
H_2O			20,00
Σύνολο	10,00	95,24	105,24

Ισοζύγιο Μάζας Χημικών Στοιχείων σε kmol/h				Σύνολο	
	S_1	S_2	S_3	In	Out
C	10,00		10,00	10,00	10,00
O		40,00	40,00	40,00	40,00
N		150,48	150,48	150,48	150,48
H	40,00		40,00	40,00	40,00
Σύνολο	50,00	190,48	240,48	240,48	240,48

Βήμα 10ο: Επαλήθευση αποτελεσμάτων με το ισοζύγιο χημικών στοιχείων

Παράδειγμα 2: Πλήρης Καύση Μεθανίου

με χρήση Βαθμού Προόδου

Εξισώσεις E= 9
Άγνωστες Μεταβλητές, M = 9

CH_4: $f_{1\,CH_4} = f_{cons\,CH_4}$
O_2: $f_{2\,O_2} = f_{cons O_2}$
CO_2: $f_{3\,CO_2} = f_{\text{gen}\,CO_2}$
H_2O: $f_{3\,H_2O} = f_{gen\,H_2O}$
N_2: $f_{3\,N_2} = f_{2\,N_2}$

$f_{cons O_2} = 2x f_{cons CH_4}$
$f_{gen CO_2} = 1x f_{cons CH_4}$
$f_{gen H_2O} = 2x f_{cons CH_4}$

S_2: $x_{2\,O_2} x f_{2\,N_2} = x_{2\,N_2} x f_{2\,O_2}$

Εξισώσεις E= 6
Άγνωστες Μεταβλητές, M = 6

CH_4: $f_{1\,CH_4} = \xi$
O_2: $f_{2\,O_2} = 2\xi$
CO_2: $f_{3\,CO_2} = \xi$
H_2O: $f_{3\,H_2O} = 2\xi$
N_2: $f_{3\,N_2} = f_{2\,N_2}$

S_2: $x_{2\,O_2} x f_{2\,N_2} = x_{2\,N_2} x f_{2\,O_2}$

Βήμα 7ο : Διαμόρφωση τελικού συστήματος προς επίλυση

Ποιο από τα δύο είναι προτιμότερο;

Μεθοδολογία Επίλυσης Προβλημάτων

1. Πλήρης κατανόηση του προβλήματος και των ζητούμενων από αυτό.
2. Σύντομη καταγραφή των δεδομένων και των ζητούμενων ποσοτήτων.
3. Συνοπτικό διάγραμμα ροής του προβλήματος που περιλαμβάνει τη διεργασία και στο οποίο σημειώνονται τα εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα, οι γνώστες και οι ζητούμενες ποσότητες των ρευμάτων.
4. Επιλογή μονάδας μάζας (mol ή kg) των υπολογισμών.
5. Διατύπωση των πλήρων εξισώσεων ισοζυγίων των συστατικών, εντοπισμός των μηδενικών μεταβλητών και τελική διατύπωση του απλοποιημένου συστήματος των εξισώσεων.
6. Διατύπωση των εξισώσεων που προκύπτουν από τη στοιχειομετρία των χημικών αντιδράσεων.
7. Διατύπωση των εξισώσεων που προκύπτουν από τους περιορισμούς του προβλήματος.

Μεθοδολογία Επίλυσης Προβλημάτων

8. Διατύπωση των εξισώσεων που προκύπτουν από τις σχέσεις των συστατικών των ρευμάτων της κατεργασίας ανάλογα με τις ανάγκες του προβλήματος.
9. Διαμόρφωση του τελικού συστήματος των εξισώσεων, απόδοση τιμών στις γνωστές μεταβλητές και επίλυση.
10. Οι άγνωστες μεταβλητές είναι το σύνολο των μεταβλητών μείον τον αριθμό των δεδομένων μεταβλητών.
11. Αν οι Βαθμοί Ελευθερίας, ΒΕ = 0, επιλύουμε το σύστημα.
12. Αν οι Βαθμοί Ελευθερίας, ΒΕ >0, προσθέτουμε τόσες εξισώσεις από τα άλλα δεδομένα του προβλήματος όσοι και οι ΒΕ και επιλύουμε το σύστημα.