

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΧΗΜΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

2016-2017

2^ο ΕΞΑΜΗΝΟ

Ε. ΠΑΥΛΑΤΟΥ
ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ



ΣΚΟΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Ε. Παυλάτου, 2017

ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

- Η διδασκαλία και εμπέδωση θεμελιακών εννοιών που σχετίζονται με τις **διεργασίες** και τα **συστήματα** της Χημικής Βιομηχανίας.
- Η εισαγωγή στην έννοια της **θερμοδυναμικής ισορροπίας** και της **ισορροπίας φάσεων** και η εφαρμογή τους σε διεργασίες **εξάτμισης** και **συμπύκνωσης**.
- Η διαμόρφωση του **ισοζυγίου ενέργειας** και η εφαρμογή του στις διεργασίες της Χημικής Βιομηχανίας.
- Η διαμόρφωση και επίλυση **ισοζυγίων μάζας και ενέργειας**.

ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ

- Η επίλυση των προβλημάτων αυτών και με τη βοήθεια υπολογιστικών μεθόδων.
- Η εξοικείωση με βασικές μεθόδους αριθμητικής ανάλυσης που σχετίζονται με την επίλυση των προβλημάτων αυτών στον Η/Υ και με την εφαρμογή τους κατά τον προγραμματισμό σε περιβάλλον γνωστής ήδη γλώσσας προγραμματισμού Η/Υ.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Ε. Παυλάτου, 2017

1. Ορισμός Επιστήμης και Περιγραφή Επαγγελματικής Απασχόλησης Χημικού Μηχανικού.
2. Βασικές Έννοιες Χημικής Μηχανικής, Σκοπός και Εφαρμογές στη Χημική Βιομηχανία.
3. Εισαγωγή στις μονάδες
4. Εξισώσεις Διατήρησης Μάζας. Καταστατικές Συσχετίσεις, Όγκοι Ελέγχου.
5. Ισοζύγια μάζας- Συνολικά και Μερικά
6. Ισοζύγια μάζας –ανακύκλωση (Χωρίς αντίδραση)
7. Ισοζύγια μάζας με Χημική αντίδραση
8. Ισοζύγια μάζας -Καύσεις
9. Αέρια – Ιδανικά και Πραγματικά
10. Ατμοί –Υγρά –Μεταβολές φάσεων – Κορεσμός- Συμπύκνωση- Εξάτμιση
11. Ψυχομετρικά διαγράμματα (αέρας – νερό)
12. Ενθαλπία (ορισμοί – Θερμοτονισμός)
13. Ισοζύγια Ενέργειας.
14. Ισοζύγια Μάζας και Ενέργειας.
15. Ισοζύγια Μάζας και Ενέργειας σε Μη Μόνιμη Κατάσταση.

Υπολογιστικό μέρος

1. Σύστημα Μονάδων. Μέθοδοι Γραφικής Απεικόνισης και Ανάλυσης Δεδομένων.
2. Εισαγωγή στις Προσεγγιστικές Μεθόδους Ολοκλήρωσης και Συσχέτισης Δεδομένων.
3. Εισαγωγή στις Μεθόδους Συσχέτισης Δεδομένων.
4. Εισαγωγή στις Αριθμητικές Μεθόδους Επίλυσης Μη Γραμμικών Αλγεβρικών Εξισώσεων.



ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ

Χ. ΚΥΡΑΝΟΥΔΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ – ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

Ε. ΠΑΥΛΑΤΟΥ, ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ

➤ ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ

➤ ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ-ΘΕΜΑΤΑ

Προγραμματισμός απλών μαθηματικών μεθόδων στον υπολογιστή και εφαρμογή σε θέματα χημικής μηχανικής



ΤΡΟΠΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- **Τελικό διαγώνισμα**
- **Θέματα** - 3 σειρές υπολογιστικών θεμάτων με βάση τις φροντιστηριακές ασκήσεις
- Πρόοδος Απρίλιος
- Τα θέματα είναι προαιρετικά και μετρούν 50% θετικά επί του τελικού βαθμού



ΆΛΛΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- Ιστοσελίδα μαθήματος

http://www.chemeng.ntua.gr/the_course/Analysis_of_Chemical_Engineering_Systems

- Ιστοσελίδα για ασκήσεις

<http://weblab.chemeng.ntua.gr/submission/asxm.htm>

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ-ΜΟΝΑΔΕΣ



ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

- **Σκοπός** κοινή ορολογία στη μέτρηση των διαστάσεων
- **SI**
- **CGS**
- **American Engineering System - UK**



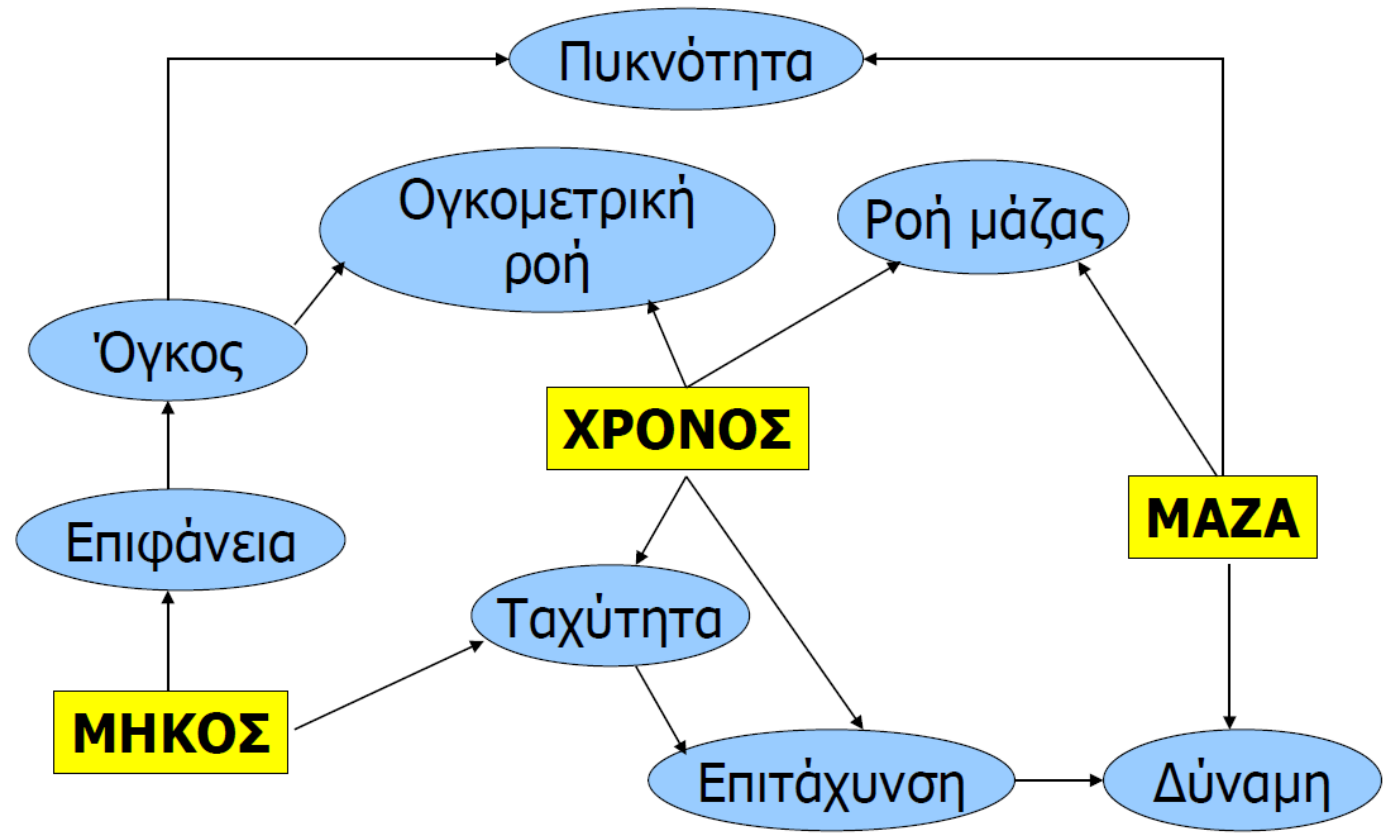
ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

**Βασικές
διαστάσεις**

Διάσταση	Μονάδες μέτρησης
Μήκος	m, cm, km, ft, έτος φωτός
Μάζα	g, kg, tn, lb. . .
Χρόνος	s, min, h, day, yr. . .
Θερμοκρασία	°K, °C, °R, °F
Ταχύτητα	m/s, km/h, mi/h
Πυκνότητα	g/cm ³ , kg/L, kg/m ³
.....	



ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ





ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

- Επιφάνεια = [μήκος]²
- Όγκος = [μήκος]³
- Πυκνότητα = [μάζα] / [όγκος] = [μάζα] / [μήκος]³
- Ταχύτητα = [μήκος] / [χρόνος]
- Επιτάχυνση = [ταχύτητα] / [χρόνος] = [μήκος] / [χρόνος]²
- Δύναμη = [μάζα] X [επιτάχυνση] = [μάζα] X [μήκος] / [χρόνος]²
- Ενέργεια = [δύναμη] X [μήκος]
- Ισχύς = [ενέργεια] / [χρόνος]
-



ΣΥΣΤΗΜΑ SI

Βασικές μονάδες			
Μήκος	m	(μέτρο)	
Μάζα	kg	(χιλιόγραμμα)	
Χρόνος	s	(δευτερόλεπτο)	
Θερμοκρασία	°K	(βαθμός Κέλβιν)	
Μοριακότητα	mole	(γραμμομόριο)	
Παραγόμενες μονάδες			
Δύναμη	N	(Νιούτον)	kg · m/s ²
Ενέργεια	J	(Τζάουλ)	N · m
Ισχύς	W	(Βατ)	J/s
Πίεση	Pa	(Πασκάλ)	N/m ²
Πυκνότητα			kg / m ³
Ταχύτητα			m/s
Επιτάχυνση			m/s ²
Θερμοχωρητικότητα			J/(kg)(°K)



ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΣ

Βασικές μονάδες		
Μήκος	ft (πόδι)	
Μάζα	lb _m (λίβρα)	
Δύναμη	lb _f (λίβρα)	
Χρόνος	s, hr (δευτερόλεπτο, ώρα)	
Θερμοκρασία	°R (βαθμός Ράνκιν)	
Παραγόμενες μονάδες		
Ενέργεια	Btu (Βρετ. Θερμ. Μονάδα)	ft· lb _f
Ισχύς	hp (Ιππος)	
Πίεση		lb _f /in ²
Πυκνότητα		lb _m /ft ³
Ταχύτητα		ft/s
Επιτάχυνση		ft/s ²
Θερμοχωρητικότητα		Btu/(lb _m)(°F)

Συστήματα Μονάδων

Συνήθη Συστήματα Μονάδων

Διάσταση	SI	CGS	UK	US
Μήκος	m	Cm	ft	ft
Μάζα	kg	g	slug	lbm
Χρόνος	s	s	s	s
Δύναμη	N	dyn	lbw	lbf
Ενέργεια	J	erg, J, cal	BTU	BTU

Επιπρόσθετες Μονάδες

Επιπρόσθετες Μονάδες

Μονάδα	Μονάδα	Σύμβολο	Αντιστοιχία
minute (time)	λεπτό	min	1 min = 60 s
hour	ώρα	h	1 h = 60 min
day	ημέρα	d	1 d = 24 h
liter	λίτρο	L	1 L = 10^{-3} m ³
metric ton	τόνος	t	1 t = 1000 kg



ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ-ΥΠΟΔΙΑΡΕΣΕΙΣ

Table 5. SI prefixes

Factor	Name	Symbol	Factor	Name	Symbol
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	milli	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	pico	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	deka	da	10^{-24}	yocto	y



ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ-ΥΠΟΔΙΑΡΕΣΕΙΣ

Table 5. SI prefixes

Factor	Name	Symbol	Factor	Name	Symbol
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	milli	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	pico	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	deka	da	10^{-24}	yocto	y



ΜΑΖΑ - ΣΥΝΕΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΑΖΑΣ

	ουγγιά μάζας	λίβρες	grains	γραμμάρια
ουγγιά μάζας	1	6.25×10^{-2}	4.375×10^2	28.35
λίβρες	16	1	7×10^3	4.536×10^2
grains	2.286×10^{-3}	1.429×10^{-4}	1	6.48×10^{-2}
γραμμάρια	3.527×10^{-2}	2.20×10^{-3}	15.432	1



ΜΗΚΟΣ - ΟΓΚΟΣ

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΗΚΟΥΣ

	μέτρο	ίντσα	πόδι	μίλι
μέτρο	1	39.37	3.2808	6.214×10^{-4}
ίντσα	2.54×10^{-2}	1	8.333×10^{-2}	1.58×10^{-5}
πόδι	0.3048	12	1	1.8939×10^{-4}
μίλι	1.61×10^3	6.336×10^4	5280	1

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΟΓΚΟΥ

	in. ³	ft ³	γαλόνια ΗΠΑ	λίτρα	m ³
in. ³	1	5.787×10^{-4}	4.329×10^{-3}	1.639×10^{-2}	1.639×10^{-5}
ft ³	1.728×10^3	1	7.481	28.32	2.832×10^{-2}
γαλόνια ΗΠΑ	2.31×10^2	0.1337	1	3.785	3.785×10^{-3}
λίτρα	61.03	3.531×10^{-2}	0.2642	1	1.000×10^{-3}
m ³	6.102×10^4	35.31	264.2	1000	1



ΠΙΕΣΗ - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΙΕΣΗΣ

	mm Hg	in. Hg	bar	atm	kPa	psia
mm Hg	1	3.937×10^{-2}	1.333×10^{-3}	1.316×10^{-3}	0.1333	1.934×10^{-2}
in. Hg	25.40	1	3.386×10^{-3}	3.342×10^{-2}	3.386	0.4912
bar	750.06	29.53	1	0.9869	100	14.51
atm	760.0	29.92	1.013	1	101.3	14.696
kPa *	7.502	0.2954	1.000×10^{-2}	9.872×10^{-3}	1	0.1451
psia	51.71	2.036	6.893×10^{-2}	6.805×10^{-2}	6.893	1



ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΙΣΧΥΟΣ

	hp	kW	(ft)(lb_f)/s	Btu/s	J/s
hp	1	0.7457	550	0.7068	7.457×10^2
kW	1.341	1	737.56	0.9478	1.000×10^3
(ft)(lb_f)/s	1.818×10^{-3}	1.356×10^{-3}	1	1.285×10^{-3}	1.356
Btu/s	1.415	1.055	778.16	1	1.055×10^3
J/s	1.341×10^{-3}	1.000×10^{-3}	0.7376	9.478×10^{-4}	1



ΙΣΧΥΣ - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΙΣΧΥΟΣ

	hp	kW	(ft)(lb_f)/s	Btu/s	J/s
hp	1	0.7457	550	0.7068	7.457×10^2
kW	1.341	1	737.56	0.9478	1.000×10^3
(ft)(lb_f)/s	1.818×10^{-3}	1.356×10^{-3}	1	1.285×10^{-3}	1.356
Btu/s	1.415	1.055	778.16	1	1.055×10^3
J/s	1.341×10^{-3}	1.000×10^{-3}	0.7376	9.478×10^{-4}	1



ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

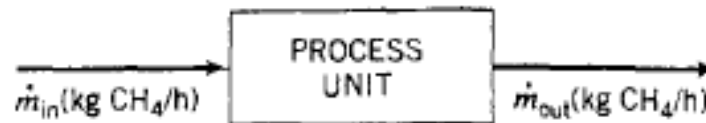
- Κάθε όρος μιας εξίσωσης πρέπει να έχει τις ίδιες **διαστάσεις** και **μονάδες** με κάθε όρο που προστίθεται αφαιρείται ή εξισώνεται
- Π.χ. Εξίσωση τελείων αερίων: $PV = nRT$
 Διαστάσεις του R: $[\text{πίεση}] \times [\text{όγκος}] / [\text{mole}] \times [\text{θερμοκρασία}]$
- 0.08206 (L × atm / mol × K)
- Ερώτηση: Ποια είναι η τιμή του R σε (psi × ft³ / lbmol R);
Συνεπής διαστασιολόγηση σημαντική στους αδιάστατους αριθμούς που χρησιμοποιούνται στη Χημική Μηχανική
 Π.χ. Αριθμός Reynolds $N_{re} = D \times u \times \rho / \mu =$
 $\{(\text{cm}) \times (\text{cm/s}) \times (\text{g/cm}^3)\} / (\text{g}/(\text{cm s}))$

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ



ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Διεργασία: περιγράφει μετατροπή της ύλης (φυσική ή χημική ή βιολογική)
- Στις διεργασίες περιγράφονται τα εισερχόμενα ρεύματα (τροφοδοσία) και εξερχόμενα ρεύματα (προϊόντα)
- Διάγραμμα ροής διεργασίας (flowsheet)



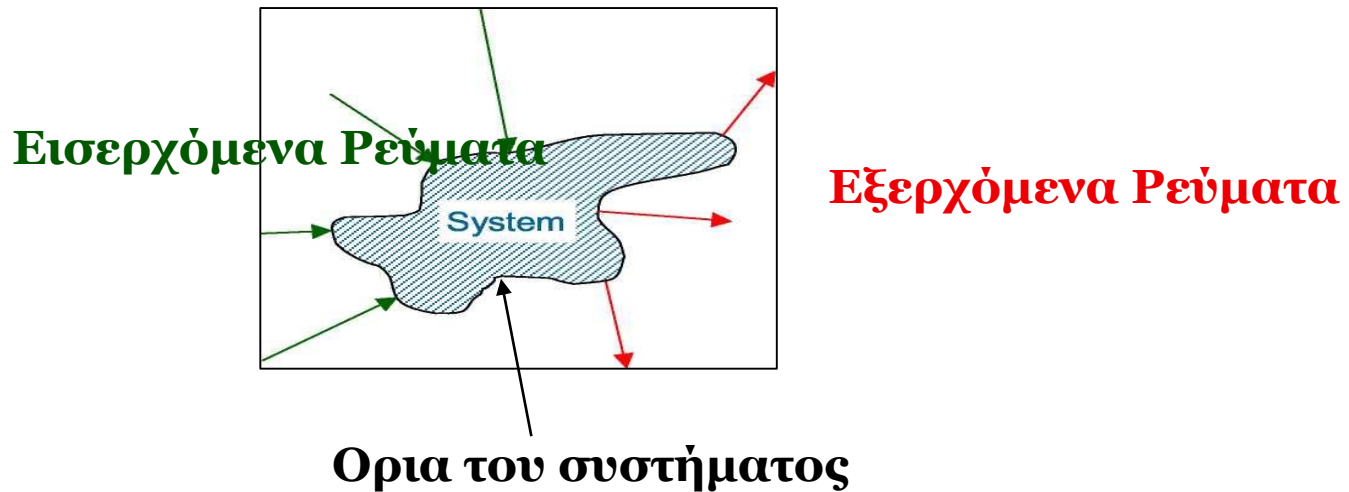
ΤΑΞΙΝΟΜΙΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

- ΒΑΤCH-ΔΙΑΛΕΙΠΟΝΤΟΣ ΕΡΓΟΥ
- ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΕΡΓΟΥ
- ΗΜΙΣΥΝΕΧΟΥΣ

ΣΥΝΘΗΚΕΣ-ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ-ΧΡΟΝΟΣ

- ΜΟΝΙΜΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
- ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ Η ΜΗ ΜΟΝΙΜΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Εφαρμογή Ισοζυγίου Μάζας



1. Ολική Μάζα
2. Ολικά Γραμμομόρια
3. Μάζα Στοιχείων
4. Γραμμομόρια Στοιχείων
5. Μάζα Χημικών Ενώσεων
6. Γραμμομόρια Χημικών Ενώσεων

ΕΙΣΡΟΗ

+

ΠΑΡΑΓΩΓΗ

-

ΕΚΡΟΗ

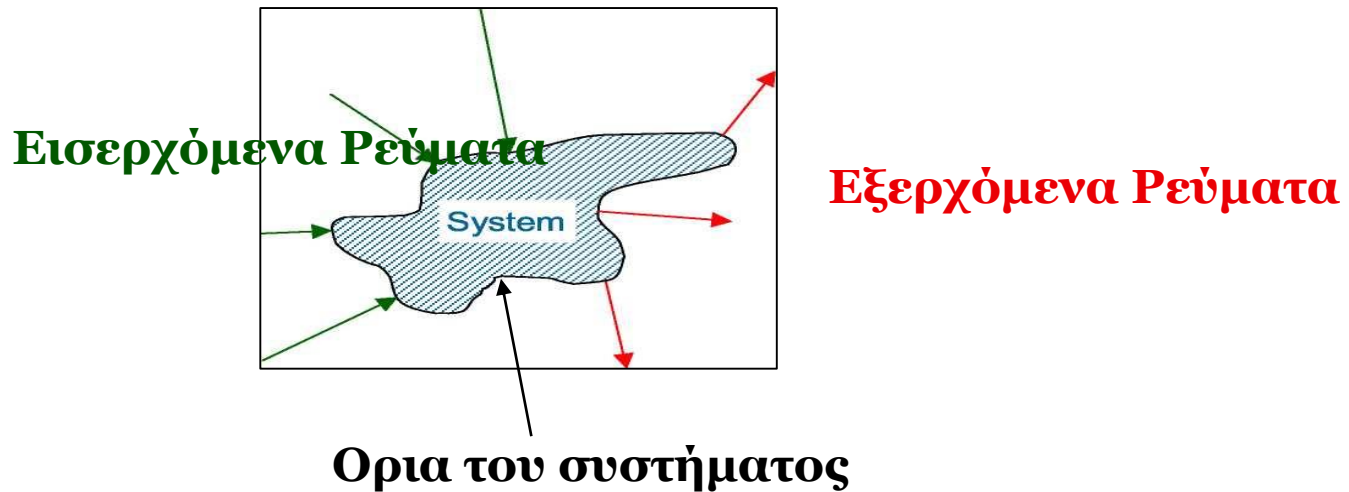
-

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

=

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

Γενικό Ισοζύγιο Μάζας



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

Ολικό Ισοζύγιο Μάζας						
Ρυθμός Εισόδου	+	Ρυθμός Παραγωγής	=	Ρυθμός Εξόδου	+	Ρυθμός Κατανάλωσης



Γενικό Ισοζύγιο Μάζας

- Σε μόνιμη κατάσταση ο όρος συσσώρευσης είναι μηδενικός
- Χωρίς χημική αντίδραση οι όροι παραγωγής και κατανάλωσης είναι μηδενικοί.

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

- Σε μόνιμη κατάσταση ισχύει:

$$\text{ΕΙΣΡΟΗ} = \text{ΕΚΡΟΗ}$$



Γενικό Ισοζύγιο Μάζας

Διαφορικά ισοζύγια

- Σε διεργασίες μόνιμης κατάστασης
- Τι γίνεται μια συγκεκριμένη στιγμή στο σύστημα
- Οι όροι των ισοζυγίων είναι ροές

Ολοκληρωτικά ισοζύγια

- Σε διεργασίες μη μόνιμης κατάστασης
- Τι γίνεται μεταξύ δύο χρονικών στιγμών στο σύστημα
- Οι όροι των ισοζυγίων είναι ποσότητες.



Γενικό Ισοζύγιο Μάζας

$$\begin{array}{rcccl}
 \boxed{\text{Βαθμοί}} & = & \boxed{\text{Άγνωστες}} & - & \boxed{\text{Ανεξάρτητες}} \\
 \boxed{\text{ελευθερίας}} & & \boxed{\text{μεταβλητές}} & & \boxed{\text{εξισώσεις}} \\
 \\
 (df) & = & n_x & - & n_{eq}
 \end{array}$$

- Το **ισοζύγιο έχει μοναδική** (μονοσήμαντη) λύση όταν $df=0$
- Αν $n_x - n_{eq} > 0$ τότε το σύστημα είναι **υπο-καθορισμένο** (άπειρες λύσεις). Για να λυθεί μονοσήμαντα πρέπει να βρεθούν κι άλλες ανεξάρτητες εξισώσεις ή να δώσουμε τιμή σε κάποιες άγνωστες μεταβλητές
- Αν $n_x - n_{eq} < 0$ τότε το σύστημα είναι **υπερκαθορισμένο** (συνήθως καμία λύση).



ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΣΗ

ΗΜ. Παρ. 3.4

Κύτταρα ζύμης παραλαμβάνονται από υγρό μίγμα που περιέχει κύτταρα με τη βοήθεια φυγοκέντρου. Προσδιορίστε την ποσότητα του Υπολείμματος σε g που δεν περιέχει κύτταρα και απομακρύνεται κάθε 1 hour αν η τροφοδοσία είναι $1000L/h$ και περιέχει $500mg$ κύτταρα /L, ενώ το ρεύμα παραγωγής περιέχει 50%κ.β. κύτταρα. Υποθέστε ότι η τροφοδοσία έχει $d=1g/cm^3$.

$$Y=999.500 g$$



ΕΚΧΥΛΙΣΗ

HIM. Παρ. 4.1

Η στρεπτομυκίνη ανακτάται με διεργασίας εκχύλισης με χρήση οργανικού διαλύτη. Να προσδιορίσετε το κλάσμα της στρεπτ. στο εξερχόμενο υλικό υποθέτοντας ότι ο οργανικός διαλύτης δεν έχει καθόλου νερό και το υδατικό διάλυμα δεν έχει διαλύτη. Η πυκνότητα του Υδατικού διαλύματος είναι 1g/cm^3 και του οργανικού 0.6g/cm^3 . Υποθέστε ότι οι ρυθμοί ροής των εισερχόμενων είναι ίσες με τις εξερχόμενες. Βάση 200L/min .

Κλάσμα μάζας strep=0.246



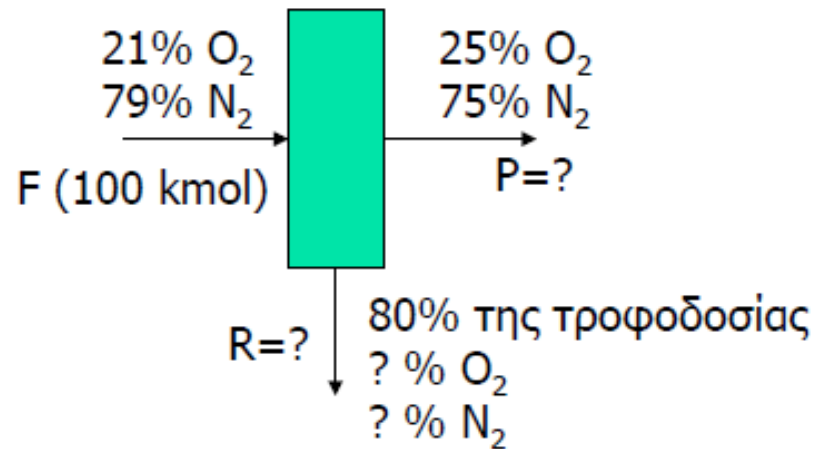
ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΗ

ΗΙΜ. Παρ. 4.2

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 σύστασή του;

ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΗ

HIM. 4.2



→ Βάση 100 kmol αέρα (=F).

→ $R = 0.8 \times F$

→ $F = P + R$

→ $0.21 F = 0.25 P + x_{R,O_2} R$

$$R = 80 \text{ kmol}$$

$$P = 20 \text{ kmol}$$

$$x_{R,O_2} = 0.2$$



ΑΠΟΣΤΑΚΤΙΚΗ ΣΤΗΛΗ (συνεχής λειτουργία)

Ε. Παυλάτου, 2017

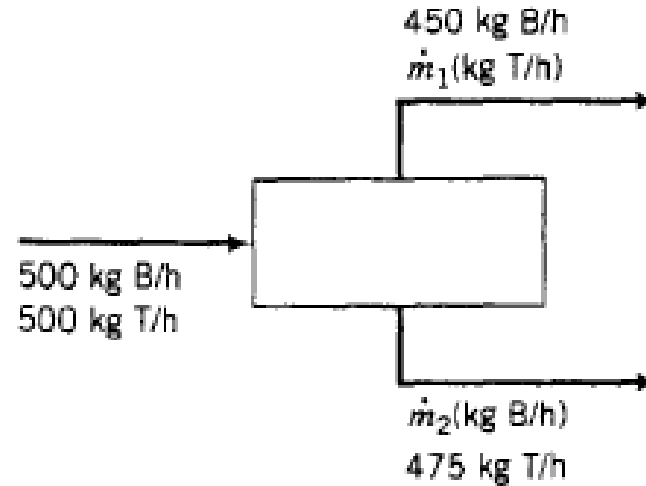
FELDER 4.2.2

- Ένα μίγμα βενζίνης (B) και τολουολίου (T) περιέχει 50% κ.β. και διαχωρίζεται σε 2 κλάσματα με απόσταξη. Η μαζική ροή της βενζίνης στο πάνω ρεύμα είναι 450 kg/h (B) ενώ του τολουολίου στο κάτω μέρος είναι 475kg/h (T). Η διεργασία είναι συνεχής και υπολογίστε όλες τις ροές εξόδου για τα 2 συστατικά.



ΑΠΟΣΤΑΚΤΙΚΗ ΣΤΗΛΗ (συνεχής λειτουργία)

Ε. Παυλάτου, 2017



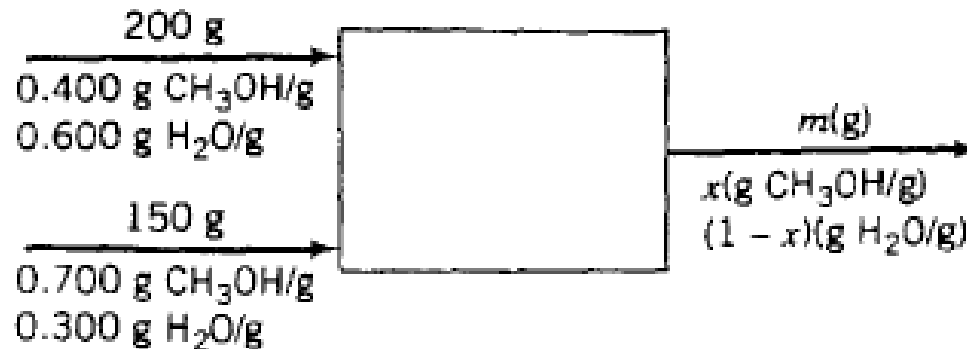
$$m_2 = 50 \text{ kg/h (B)}$$
$$m_1 = 25 \text{ kg/h (T)}$$



ΑΝΑΜΕΙΞΗ-BATCH ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ

F 4.2.3

Δύο μίγματα μεθανόλης-νερού αναμειγνύονται σε ένα δοχείο όπου το πρώτο περιέχει 200g, 40% wt σε μεθανόλη και το δεύτερο 150 g, 70% wt. μεθανόλη. Υπολογίστε τη μάζα και τη σύσταση εξόδου (προϊόντος).

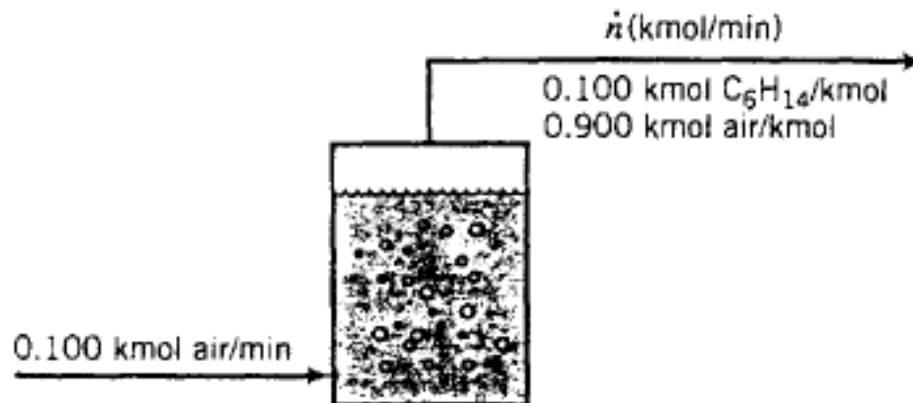




SEMI- BATCH ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ

F 4.2.4

Αέρας διοχετεύεται με **παροχή 0.100 kmol/min** σε δοχείο που περιέχει εξάνιο. Το αέριο ρεύμα εξόδου περιέχει **10% mole ατμών εξανίου** και θεωρείται ότι ο αέρας δεν αναμειγνύεται με το εξάνιο. Υπολογίστε την ώρα που απαιτείται σε για την εξάτμιση 10.0 m³ υγρού με διαφορετικό ισοζύγιο.

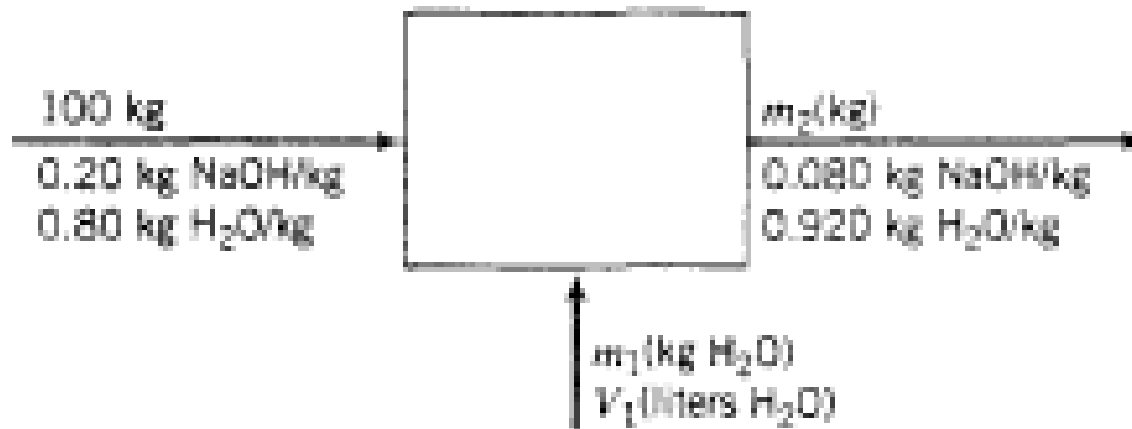


Ε.β. εξανίου=0.659

Ανάμειξη

F. 4.3.3

Αναμειγνύεται διάλυμα NaOH 20% wt με ένα ρεύμα καθαρού νερού για να παραχθεί διάλυμα-προϊόν 8.0 %.
Υπολογίστε τους λόγους (L νερού/kg Τροφοδοσίας)
και (kg προϊόντος/kg τροφοδοσίας)



Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας

Πορεία

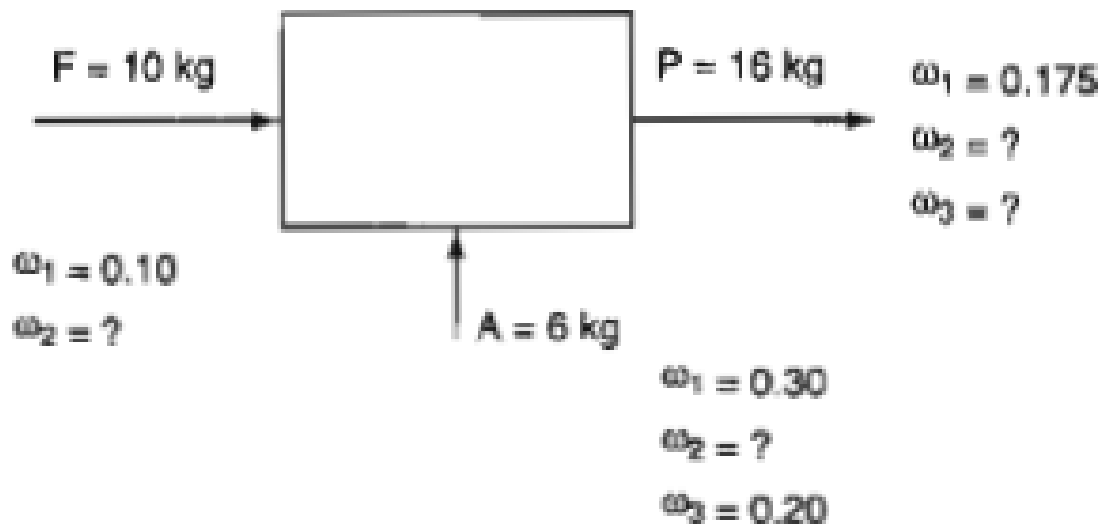
- Γράφουμε ισοζύγια μάζας για όλα τα συστατικά-ανεξάρτητες εξισώσεις
- Γράφουμε ισοζύγια ενέργειας (ροές, T)
- Προδιαγραφές διεργασιών (π.χ. λόγοι ροών κ.ά.)
- Φυσικές ιδιότητες-Νόμοι (ρ , P, V, n, T, x,y φάσεις)
- Φυσικοί περιορισμοί (π.χ. $\sum x=1$)
- Στοιχειομετρία (αναλογία mol)

Βαθμοί ελευθερίας	=	Αγνωστες μεταβλητές	-	Ανεξάρτητες εξισώσεις
(df	=	n_x	-	n_{eq})

Βαθμοί ελευθερίας

HIM 3.2.8

Για την παρακάτω διεργασία μόνιμης κατάστασης, ζητείται να ελεγχθεί αν υπάρχει μοναδική λύση για τις τιμές μεταβλητών. Δείξτε όλους τους Υπολογισμούς για τα κλάσματα μάζας των συστατικών.



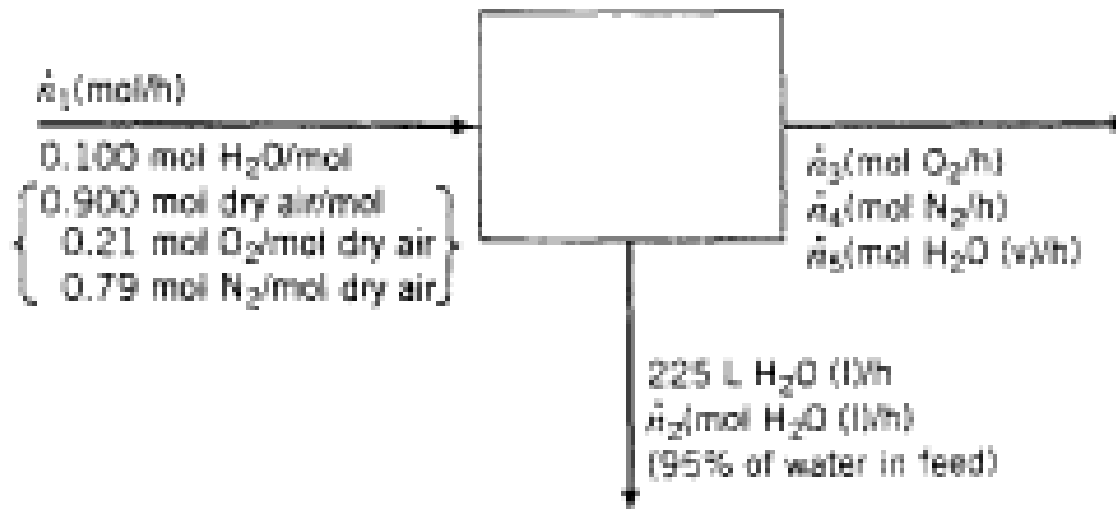
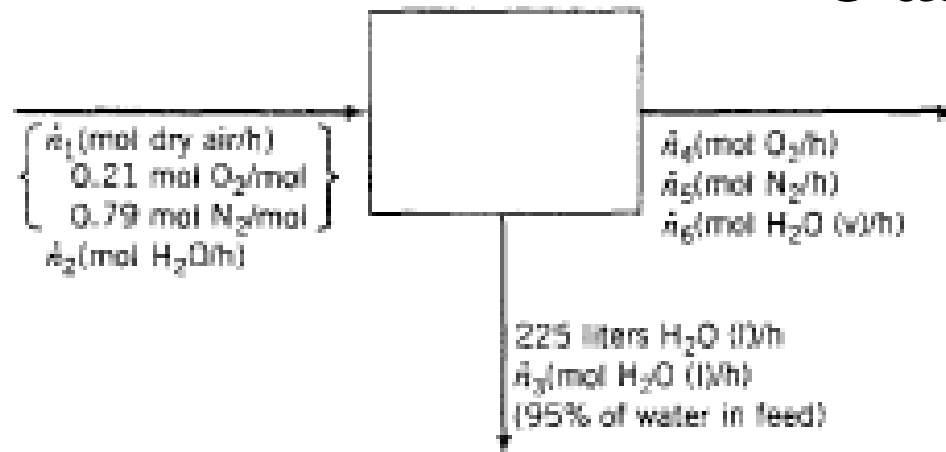
Συμπυκνωτής

F. 4.3.4

A stream of humid air enters a condenser in which 95% of the water vapor in the air is condensed. The flow rate of the condensate (the liquid leaving the condenser) is measured and found to be 225 L/h. Dry air may be taken to contain 21 mole% oxygen, with the balance nitrogen. Calculate the flow rate of the gas stream leaving the condenser and the mole fractions of oxygen, nitrogen, and water in this stream.

Ρεύμα υγρού αέρα εισάγεται σε συμπυκνωτή, στον οποίο το 95% του νερού –ατμού συμπυκνώνεται. Η ροή του υγρού που εκρέει από τον συμπυκνωτή είναι 225 L/h. Ο ξηρός αέρας έχει σύσταση 21% O₂, 79% N₂. Υπολογίστε τον ρυθμό εκροής του αερίου ρεύματος από τον συμπυκνωτή και τα γραμμομοριακά κλάσματα οξυγόνου, αζώτου και νερού στο ρεύμα αυτό.

Ο αέρας περιέχει 10% νερό



ΑΠΟΣΤΑΚΤΙΚΗ ΣΤΗΛΗ

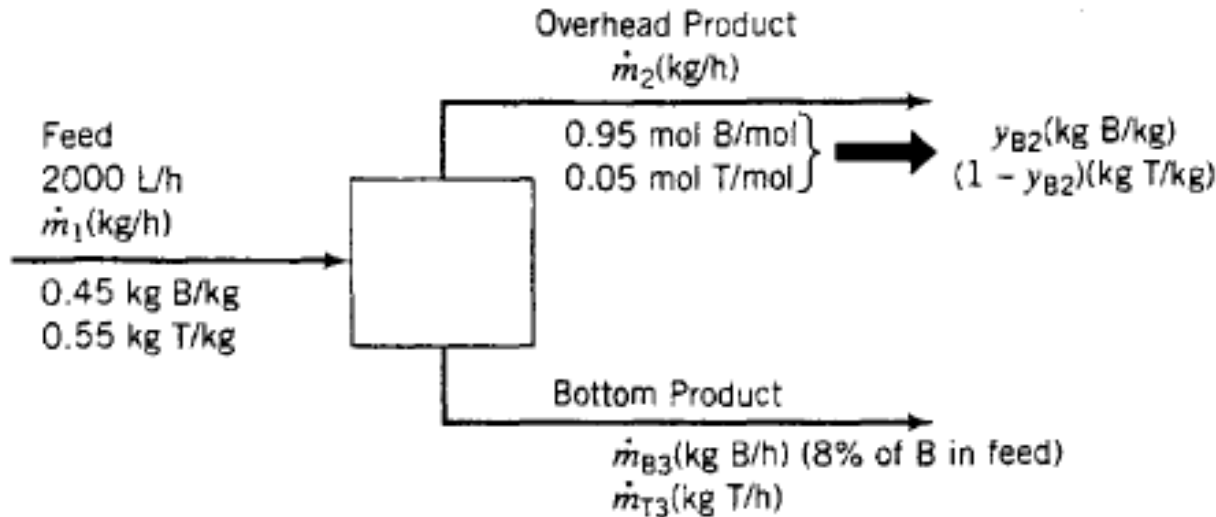
F. 4.3.5

(ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΘΜΩΝ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ)

- Ένα υγρό μίγμα 45% βενζόλιο και 55% τολουόλιο (κατά μάζα) τροφοδοτείται σε μια αποστακτική στήλη. Το ρεύμα κορυφής περιέχει 95% κατά mol βενζόλιο και το ρεύμα βάσης περιέχει το 8% του βενζολίου της τροφοδοσίας. Ο ρυθμός τροφοδοσίας είναι 2000 L/h και η σχετική πυκνότητα του μίγματος τροφοδοσίας είναι 0.872. Προσδιορίστε τον ρυθμό ροής μάζας του ρεύματος κορυφής και πυθμένα καθώς και τις σχετικές συστάσεις.
- (Χημικοί τύποι: Βενζόλιο C_6H_6 , Τολουόλιο C_7H_8)

ΑΠΟΣΤΑΚΤΙΚΗ ΣΤΗΛΗ

F. 4.3.5



$$\rho = 0.872 \text{ kg/L}$$

$$m_2 = ?$$

$$m_3 = ?$$

$$Y_{t3} = ?$$

$$Y_{b3} = ?$$

Μίγμα βενζίνης και τολουολίου με είσοδο 45%B και 55% wt. Το άνω ρεύμα περιέχει 95% mol B και το κάτω 8% της τροφοδοσίας.



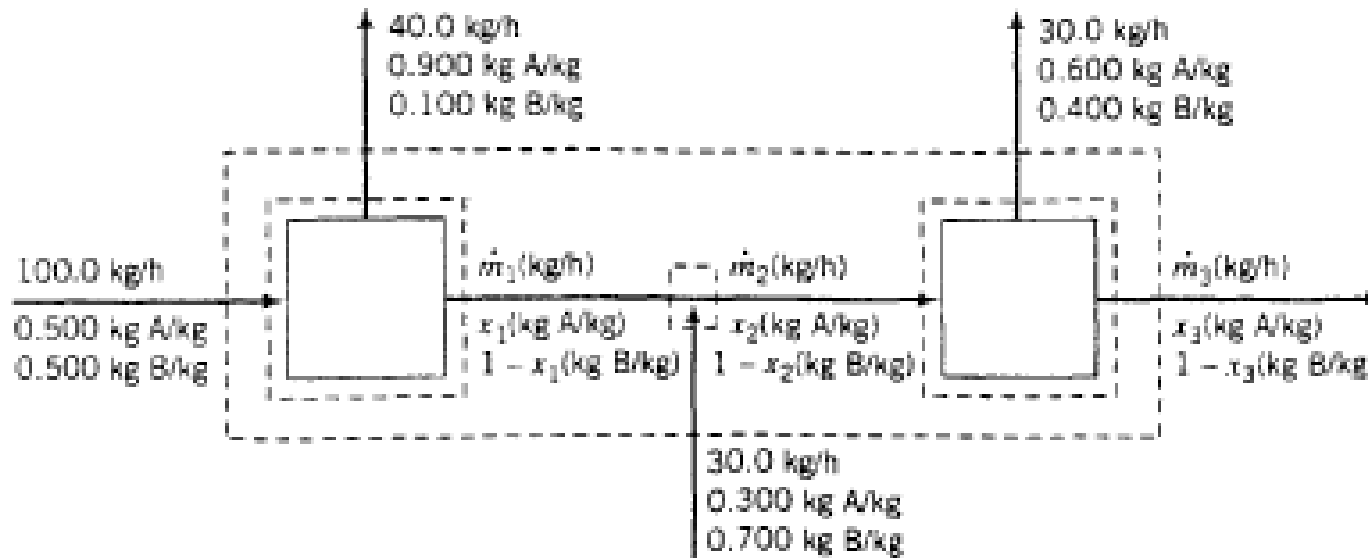
ΠΟΡΕΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΙΣΟΖΥΓΙΩΝ

- Κατασκευάζουμε το διάγραμμα ροής και απεικονίζουμε όλες τις μεταβλητές (γνωστές και άγνωστες) πάνω σε αυτό.
- Εξετάζουμε τα σχετικά συστήματα (συνολική διεργασία, σημεία ανάμιξης, σημεία διαχωρισμού κλπ) και βρίσκουμε τους βαθμούς ελευθερίας κάθε συστήματος ξεχωριστά.
- Ξεκινάμε την επίλυση των ισοζυγίων από το σύστημα που έχει **0** βαθμούς ελευθερίας (τις περισσότερες φορές είναι η συνολική διεργασία)
- Αντικαθιστούμε τις υπολογιζόμενες μεταβλητές (ροές, συστάσεις) στα επόμενα και συνεχίζουμε μέχρι να υπολογιστούν όλες οι μεταβλητές των ρευμάτων.

ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

E. Παυλάτου, 2017

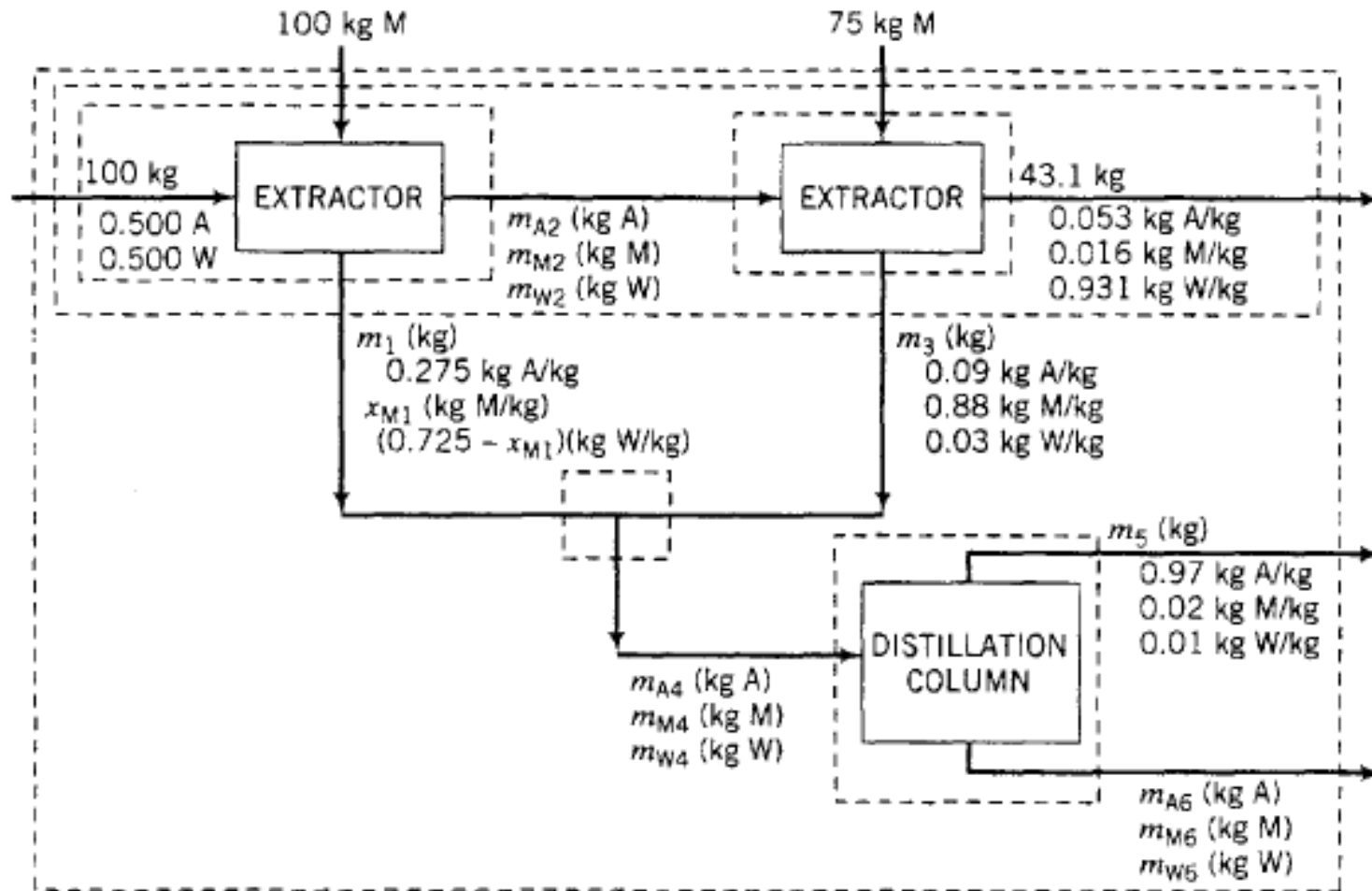
F. 4.4-1



ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

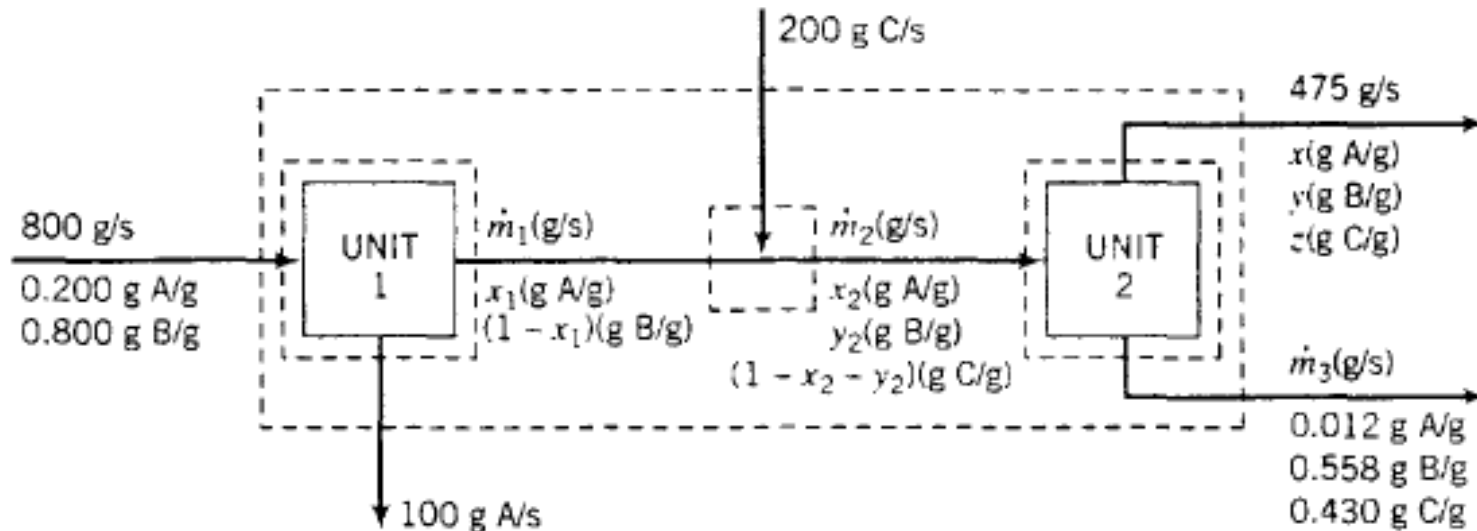
E. Παυλάτου, 2016

F. 4.4-2



ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

F. 4.28



Following is a labeled flowchart for a steady-state two-unit process, with boundaries shown to denote subsystems about which balances can be taken. State the maximum number of balances that can be written for each subsystem and the order in which you would write balances to determine the unknown process variables. (See Example 4.4-1.)



ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ε. Παυλάτου, 2016

Μέγιστα ισοζύγια

ΣΥΝΟΛΙΚΟ: 3

ΜΟΝΑΔΑ 1 : 2

ΜΟΝΑΔΑ 2: 3

ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ: 3

F. 4.28

ΣΥΝΟΛΙΚΟ \longrightarrow m3

ΜΟΝΑΔΑ 1 (ισ. Συνολικό) m1

ΜΟΝΑΔΑ 1 συστατικό A X1

ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟ

m2

ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ A

X2

ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ C

Y2



ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

F. 4.29

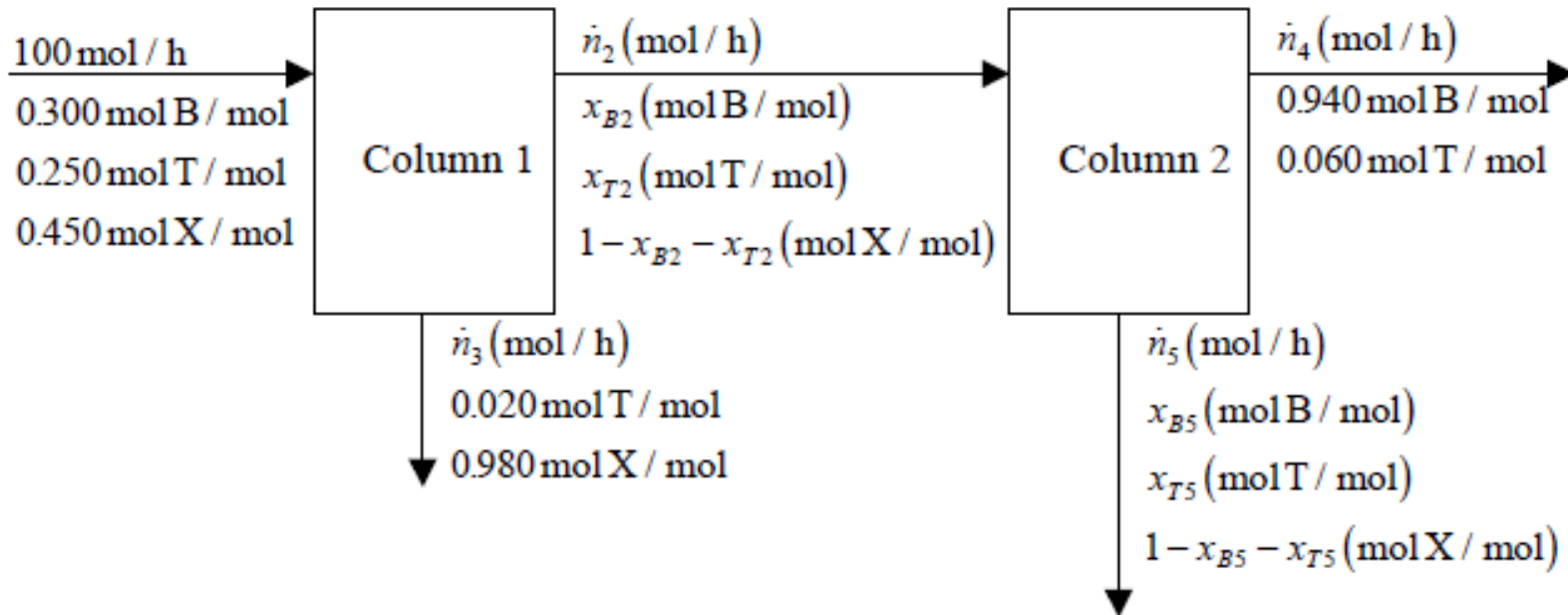
- 4.29.** A liquid mixture containing 30.0 mole% benzene (B), 25.0% toluene (T), and the balance xylene (X) is fed to a distillation column. The bottoms product contains 98.0 mole% X and no B, and 96.0% of the X in the feed is recovered in this stream. The overhead product is fed to a second column. The overhead product from the second column contains 97.0% of the B in the feed to this column. The composition of this stream is 94.0 mole% B and the balance T.
- (a) Draw and label a flowchart of this process and do the degree-of-freedom analysis to prove that for an assumed basis of calculation, molar flow rates and compositions of all process streams can be calculated from the given information. Write in order the equations you would solve to calculate unknown process variables. In each equation (or pair of simultaneous equations), circle the variable(s) for which you would solve. Do not do the calculations.
- (b) Calculate (i) the percentage of the benzene in the process feed (i.e., the feed to the first column) that emerges in the overhead product from the second column and (ii) the percentage of toluene in the process feed that emerges in the bottom product from the second column.



ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ε. Παυλάτου, 2016

F. 4.29



Ροές, $x_i = ?$

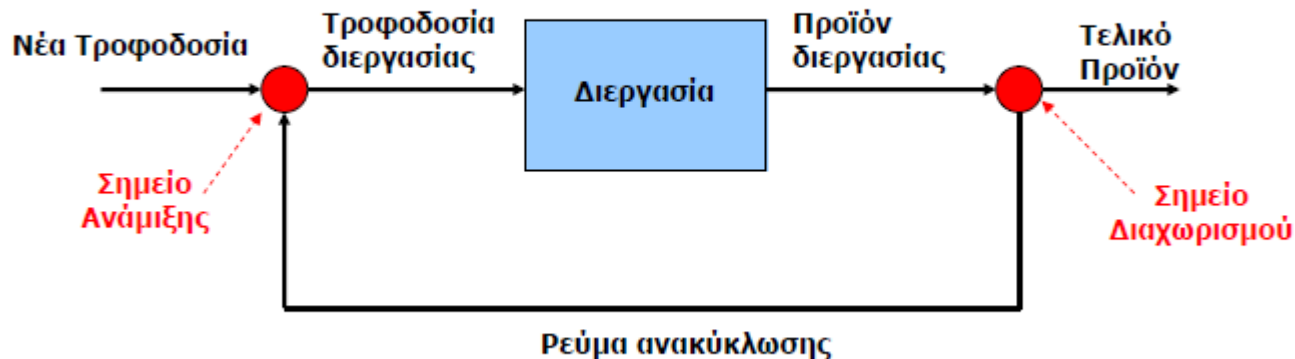
Ανάκτηση B% = ?

Ανάκτηση T% = ?



ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

- Οι ιδιότητες των ρευμάτων ανακύκλωσης δεν προκύπτουν από το συνολικό ισοζύγιο μάζας
- **Απαιτείται** και ισοζύγιο μάζας στο σημείο διαχωρισμού προϊόντος ή/και στο σημείο ανάμιξης με τη νέα τροφοδοσία.
- Σε αρκετές περιπτώσεις ζητείται ο **λόγος του ρεύματος ανακύκλωσης** ως προς το ρεύμα του τελικού προϊόντος.





ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ – AIR CONDITIONER

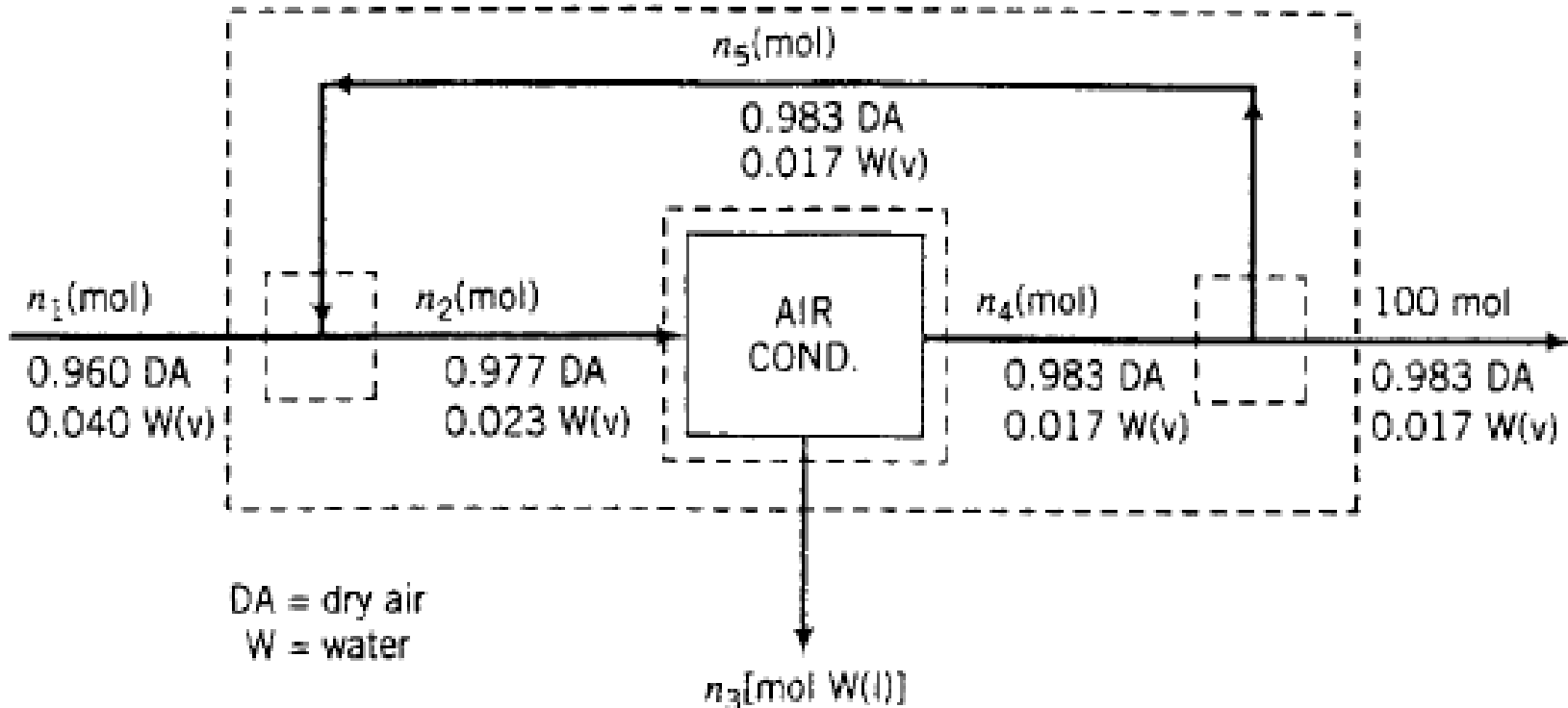
FELDER 4.5.1

Φρέσκος αέρας περιέχει 4% υγρασία και πρέπει να ψυχθεί και αφυγρανθεί σε 1.7%. Ο φρέσκος αέρας αναμιγνύεται με ρεύμα ανακύκλωσης που έχει προηγουμένως αφυγρανθεί και περνά από το κλιματιστικό. Το ρεύμα εισόδου στο κλιματιστικό έχει 2.3% νερό. Στο κλιματιστικό μέρος του νερού συμπυκνώνεται και απομακρύνεται ως υγρό. Μέρος του ρεύματος εξόδου αέρα ανακυκλώνεται και το υπόλοιπο διοχετεύεται στο δωμάτιο εγκατάστασης.

ΒΑΣΗ 100 mol αφυγρασμένου
αέρα

Mol φρέσκου αέρα , mol συμπυκνωμένου νερού, mol ανακυκλούμενου φρέσκου αέρα???

ΑΝΑΚΛΥΚΛΩΣΗ – AIR CONDITIONER F. 4.5.1



$n_1 = ?$

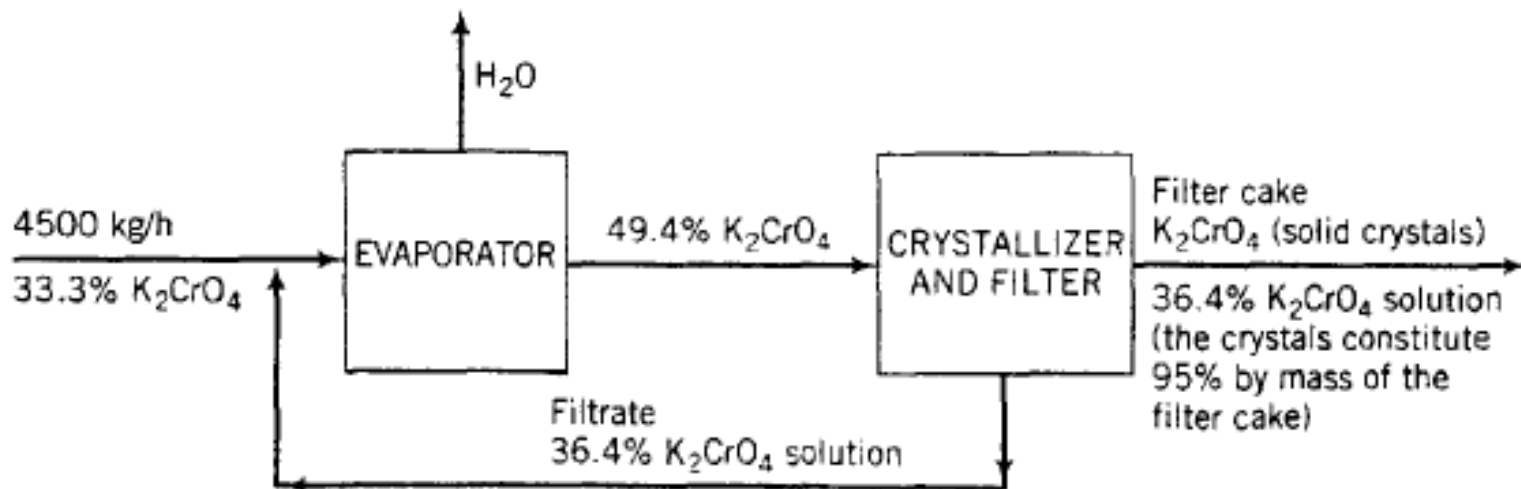
$n_3 = ?$

$n_5 = ?$

ΒΑΣΗ 100 mol

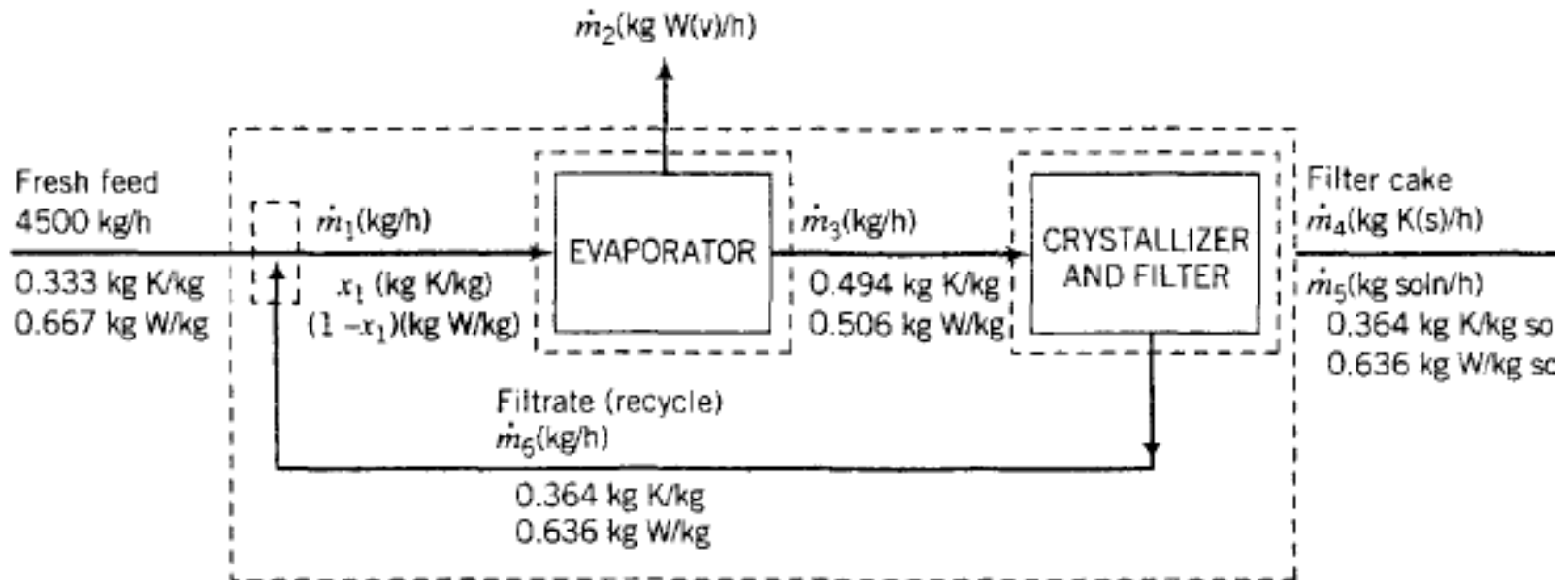
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ – ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΚΑΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ F. 4.5.2

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα ροής μιας συνεχούς διεργασίας ανάκτησης κρυσταλλικού K_2CrO_4 (K). 4500 kg/h διαλύματος αναμιγνύονται με ρεύμα ανακύκλωσης που περιέχει 36.4 % K και το συνολικό ρεύμα εισάγεται στον εξατμιστήρα. Το συμπυκνωμένο εξερχόμενο ρεύμα περιέχει 49.4% K και εισάγεται στον κρυσταλλωτήρα/φίλτρο. Το ίζημα που παρακρατείται στο φίλτρο αποτελείται κατά 95% από κρυστάλλους K_2CrO_4 και το υπόλοιπο από διάλυμα K_2CrO_4 36.4%. Το προϊόν του φίλτρου περιέχει κρυσταλλικό K και διάλυμα 36.4% K, ενώ το κρυσταλλικό K είναι το 95% της συνολικής μάζας



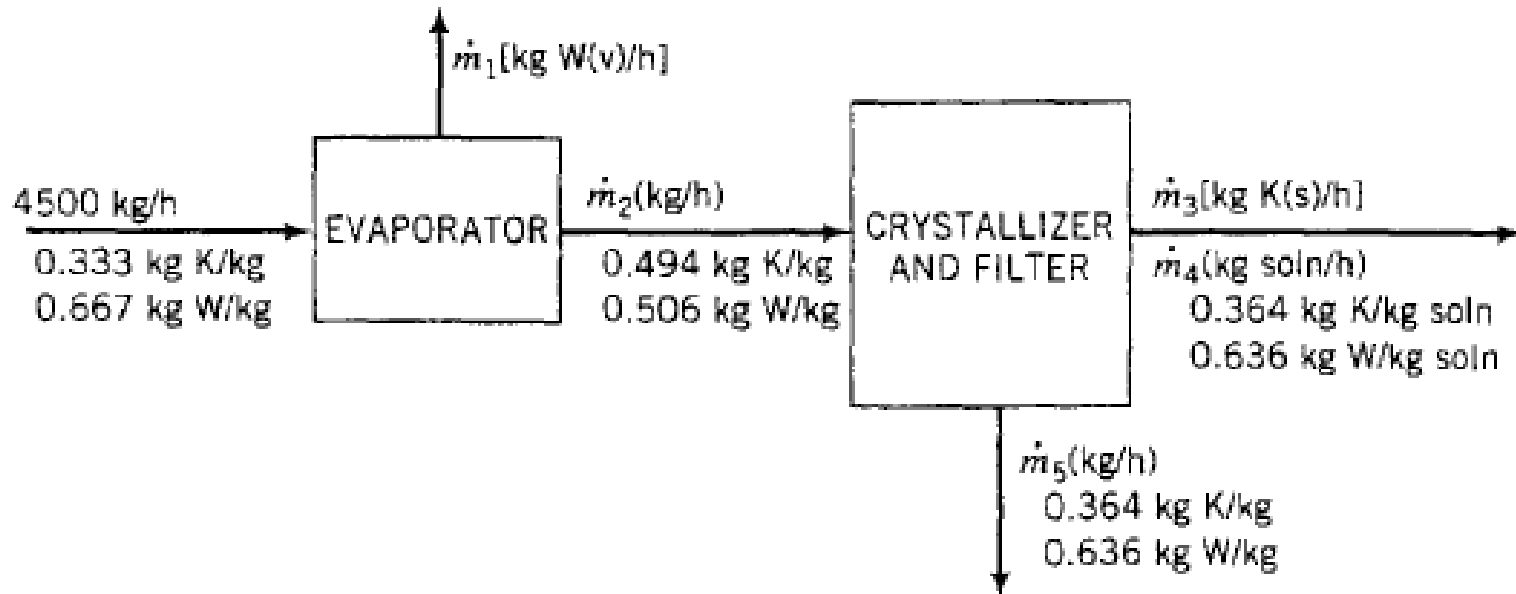
ΑΝΑΚΛΥΚΛΩΣΗ – ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΚΑΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ

FELDER 4.5.2


 $m_2 = ?$
 $m_4 = ?$
 $m_1 = ?$
 $m_3 = ?$
 $m_6 / 4500 = ?$

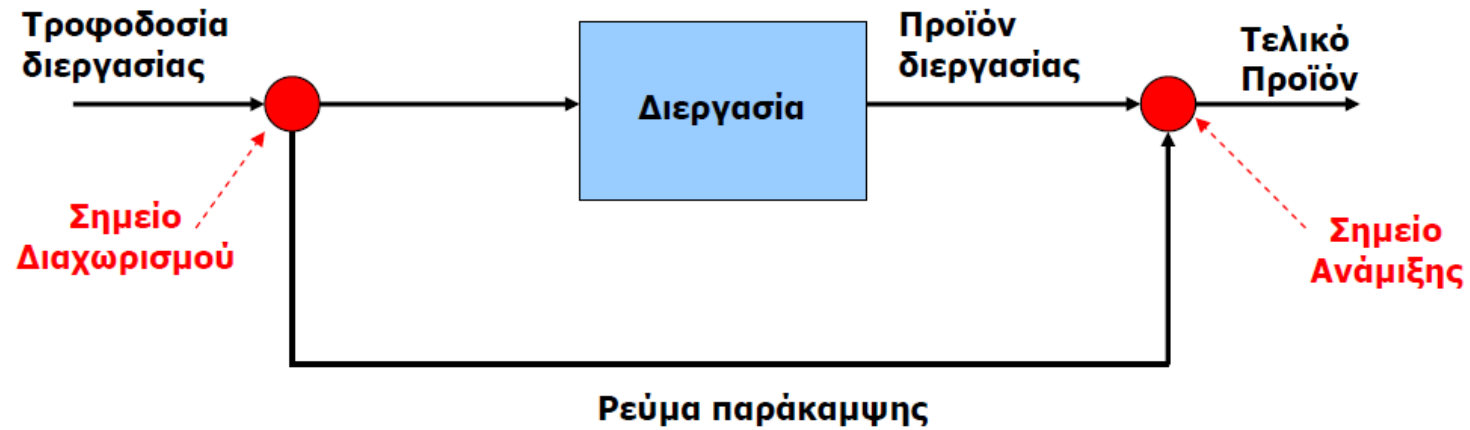
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ – ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΚΑΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ

F. 4.5.2



ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ!!!

ΡΕΥΜΑ ΠΑΡΑΚΑΜΨΗΣ



ΑΝΑΚΛΥΚΛΩΣΗ – ΑΠΟΡΡΙΨΗ

