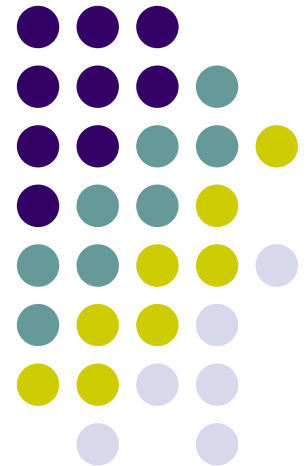


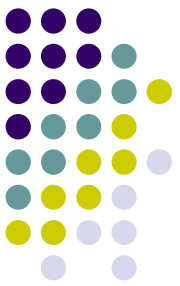
# Συστήματα Βιομηχανικών Διεργασιών

6ο εξάμηνο

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης  
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

3<sup>ο</sup> μάθημα



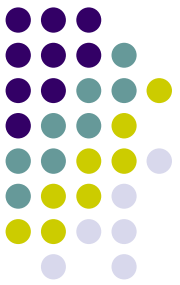


Ένας διάσημος μάγος στάθηκε σε ένα συμπαγές πάτωμα, και με μία θεαματική κίνηση έβγαλε ένα ωμό αυγό από τα μαλλιά του. Κράτησε το αυγό στο απλωμένο χέρι του και είπε ότι μπορούσε να το πετάξει στα 2 μέτρα χωρίς να σπάσει το τσόφλι του αυγού. Στη συνέχεια το έκανε. Τι νομίζετε ότι έκανε; (Η απάντηση βρίσκεται στο τέλος του κεφαλαίου)

*Λύση ενός προβλήματος είναι αυτό που κάνεις όταν δεν ξέρεις τι να κάνεις, αλλιώς δεν είναι πρόβλημα.*

Ο μάγος κράτησε το αυγό 2.1 μέτρα πάνω από το έδαφος πριν το πετάξει.

## ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΣΤΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙ



# **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ**

**6.1 Η Έννοια του Ισοζυγίου Μάζας**

**6.2 Ανοικτά και Κλειστά Συστήματα**

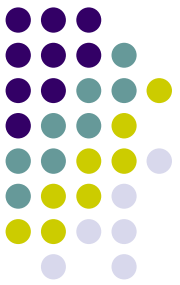
**6.3 Σταθερής Κατάστασης και μη Σταθερής Κατάστασης Συστήματα**

**6.4 Συστήματα Πολλαπλών Συστατικών**

**6.5 Μελέτη των Χημικών Αντιδράσεων σε Ισοζύγια Μάζας**

**6.6 Ισοζύγια Μάζας σε Ασυνεχείς και Ημισυνεχείς Διεργασίες**

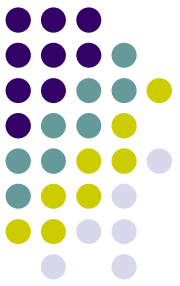
# Εισαγωγή στα ισοζύγια μάζας



***Στο τέλος του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει να μπορείτε:***

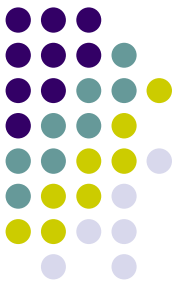
- 1.** Να κατανοείτε τα χαρακτηριστικά του ανοικτού συστήματος, του κλειστού συστήματος, του συστήματος σταθερής και μη σταθερής κατάστασης, και να είστε σε θέση να επιλέξετε την κατάλληλη κατηγορία διεργασίας αν σας περιγραφεί μία διεργασία με λόγια ή εικόνες.
- 2.** Να εκφράζετε με λέξεις ποιο είναι το ισοζύγιο μάζας για μια διεργασία που περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα συστατικά.
- 3.** Να καθορίζετε αν σε μία διεργασία λαμβάνει χώρα θετική ή αρνητική συσσώρευση.
- 4.** Να κατανοείτε τον τρόπο με τον οποίο μία χημική αντίδραση επιδρά σε ένα ισοζύγιο μάζας.
- 5.** Να αναγνωρίζετε μία ασυνεχή ή ημισυνεχή διεργασία και να μπορείτε να γράψετε το ισοζύγιο μάζας για αυτήν.

# 1. Η έννοια του Ισοζυγίου μάζας



Τι είναι τα ισοζύγια μάζας; Τα ισοζύγια μάζας δεν είναι τίποτα περισσότερο από την εφαρμογή του νόμου της **διατήρησης της μάζας** “Η ύλη δεν δημιουργείται ούτε καταστρέφεται” Αν και η διατήρηση της μάζας είναι μία απλή έννοια, απαιτείται η λεπτομερής εξήγησή της ώστε να μπορείτε να την εφαρμόσετε σε ένα μεγάλο εύρος συστημάτων χημικής μηχανικής.

Μπορείτε να πάρετε μια ιδέα του τρόπου δημιουργίας των ισοζυγίων μάζας από την παρακάτω κατάσταση τραπεζικού λογαριασμού, η οποία δείχνει τις καταθέσεις σε τραπεζικό λογαριασμό.



# 1. Η έννοια του Ισοζυγίου μάζας

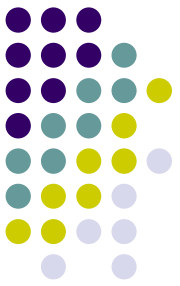
| Ημερο-<br>μηνία | Επεξηγήσεις             | Κατάθεση  | Ανάληψη  | Υπόλοιπο  |
|-----------------|-------------------------|-----------|----------|-----------|
| 3/1             | Αρχικό υπόλοιπο         |           |          | \$1253.89 |
| 3/2             | Κατάθεση από την ABC Co | \$1500.00 |          | \$2753.89 |
| 3/3             | Λογαριασμός No. 2133    |           | \$550.00 | \$2203.89 |
| 3/3             | ΑΤΜ 3/2                 |           | \$200.00 | \$2003.89 |
| 3/5             | Λογαριασμός No. 2134    |           | \$401.67 | \$1602.22 |
| 3/15            | Λογαριασμός No. 2135    |           | \$321.83 | \$1280.39 |
| 3/18            | ΑΤΜ 3/17                |           | \$200.00 | \$1080.39 |
| 3/20            | Κατάθεση στην τράπεζα   | \$1250.00 |          | \$2330.39 |
| 3/23            | Λογαριασμός No. 2136    |           | \$442.67 | \$1887.72 |
| 3/31            | Χρέωση υπηρεσίας        |           | \$10.00  | \$1877.72 |
| 3/31            | Υπόλοιπο κλεισίματος    |           |          | \$1877.72 |

Υπόλοιπο κλεισίματος – Αρχικό Υπόλοιπο = Ποσό καταθέσεων – Ποσό αναλήψεων

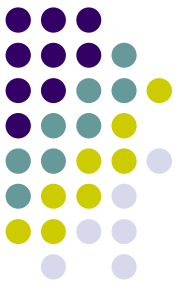
ή

Τελική κατάσταση – Αρχική κατάσταση = Άθροισμα εισόδου – Άθροισμα Εξόδου

# Παράδειγμα ισοζυγίου χρημάτων



Τρεις φοιτητές νοικιάζουν ένα δωμάτιο την νύχτα πριν από κάποιο παιχνίδι και πληρώνουν στον ταμία \$60. Ένας άλλος ταμίας που πιάνει δουλειά βρίσκει ότι οι φοιτητές έπρεπε να πληρώσουν \$55. Γι' αυτό, λέει στον γκρουμ του ξενοδοχείου να επιστρέψει \$5 στους φοιτητές, αλλά ο γκρουμ, επειδή δεν είχε ρέστα και δεν ήταν ιδιαίτερα τίμιος έδωσε στον καθένα από \$1 και κράτησε τα υπόλοιπα \$2. Το ποσό που πλήρωσε ο κάθε φοιτητής ήταν  $\$20 - \$1 = \$19$ , ενώ το συνολικό ήταν  $3 \times \$19 = \$57$ . Ο γκρουμ κράτησε συνολικά \$2 από τα \$59. Τι συνέβη με το υπόλοιπο \$1;

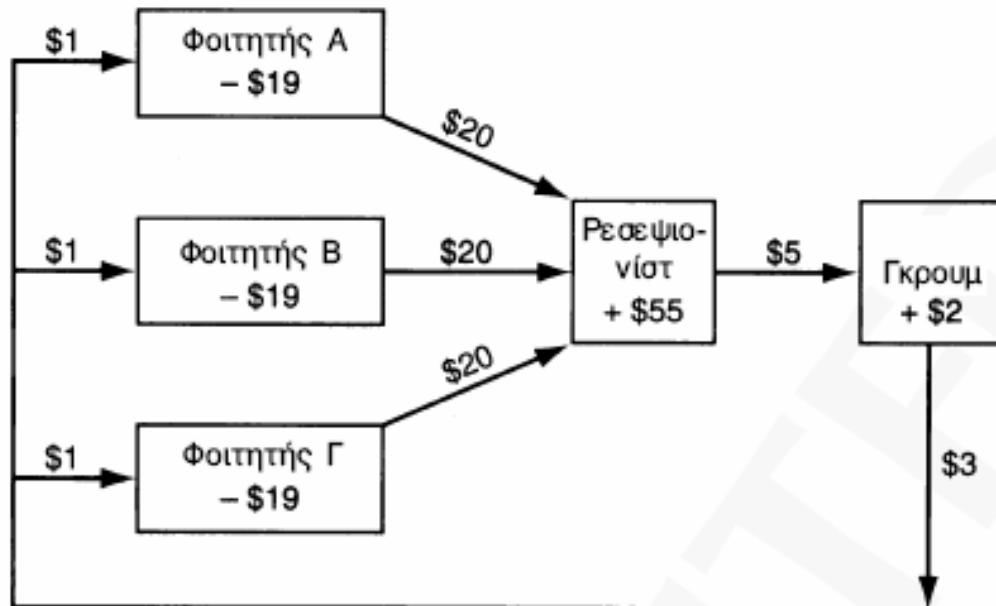


# Παράδειγμα ισοζυγίου χρημάτων

Οι προσθέσεις και αφαιρέσεις του παιχνιδιού δεν είναι έγκυρες. Το διάγραμμα ροής των χρημάτων δείχνει τις μεταφορές (ποσά στα βέλη) και τις τελικές συνθήκες (τα ποσά στο εσωτερικό των κουτιών):

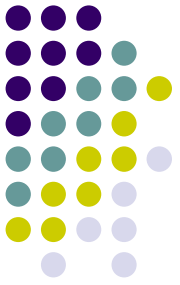
Βλέπετε ότι το ισοζύγιο των χρημάτων θα πρέπει να γίνει για τα καθαρά ποσά μεταξύ των πέντε ατόμων, και όχι για τις ροές:

$$\$55 + \$2 - (\$19) (3) = 0$$

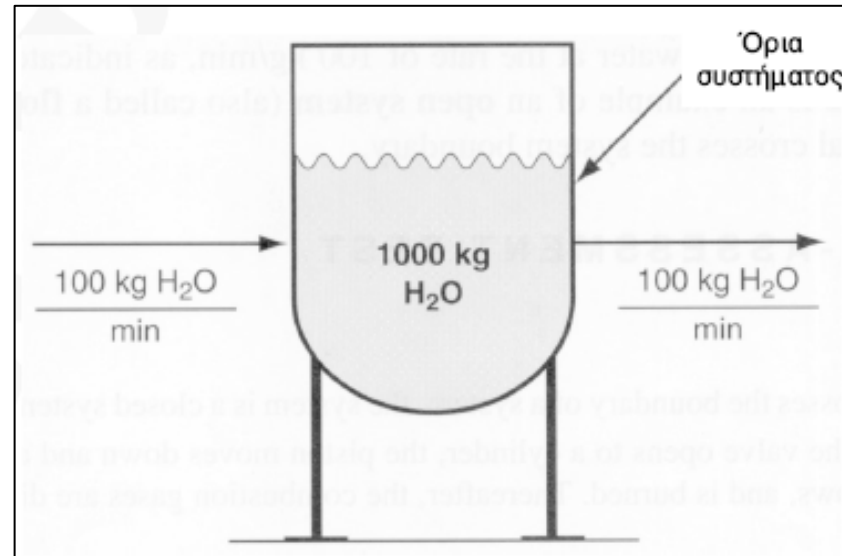
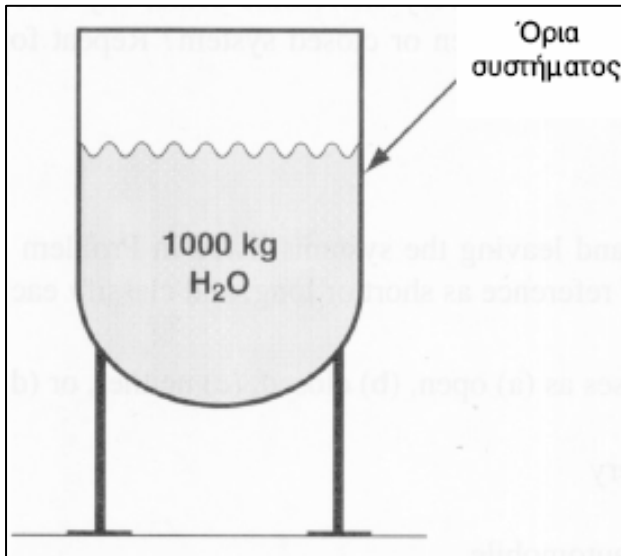




## 2. Ανοικτά και κλειστά συστήματα

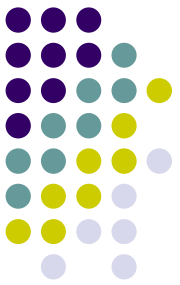


Με τον όρο **σύστημα** εννοούμε μια οποιοδήποτε αυθαίρετα θεωρούμενη διεργασία ή τμήμα της διεργασίας που θέλουμε να αναλύσουμε. Μπορείτε να ορίσετε σαν σύστημα έναν αντιδραστήρα, το τμήμα ενός σωλήνα ή ένα ολόκληρο διυλιστήριο.



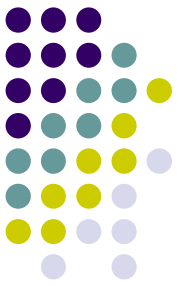
Σχήμα. Παράδειγμα κλειστού συστήματος (αριστερά) και ανοικτού συστήματος (δεξιά).

# Προβλήματα

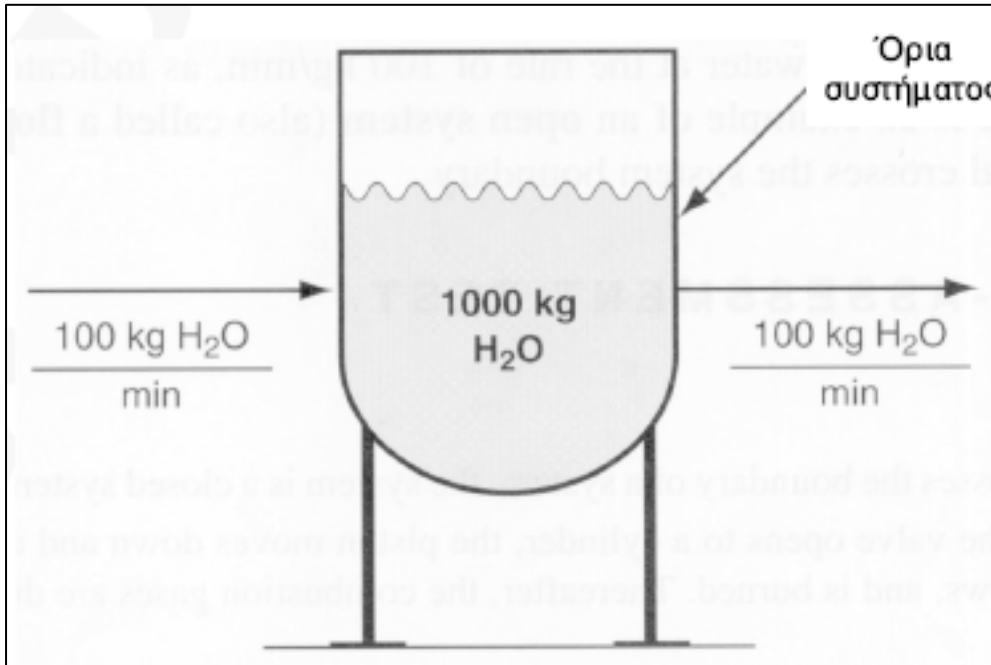


Σχεδιάστε τις επόμενες διεργασίες και καθορίστε με διακεκομμένες γραμμές τα συστήματα:

- (α) έναν βραστήρα τσαγιού
- (β) ένα τζάκι
- (γ) μία πισίνα.

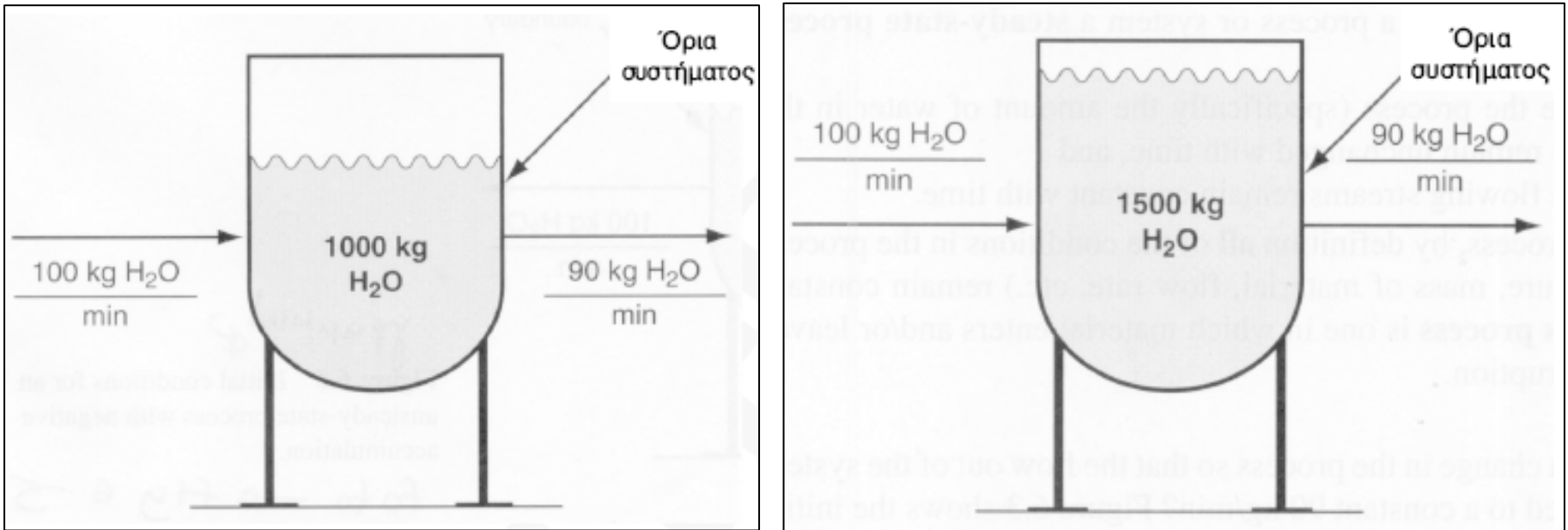
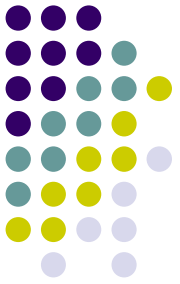


### 3. Συστήματα σταθερής κατάστασης



Σχήμα. Παράδειγμα συστήματος σταθερής κατάστασης  
*ρυθμός προσθήκης = ρυθμός απομάκρυνσης*

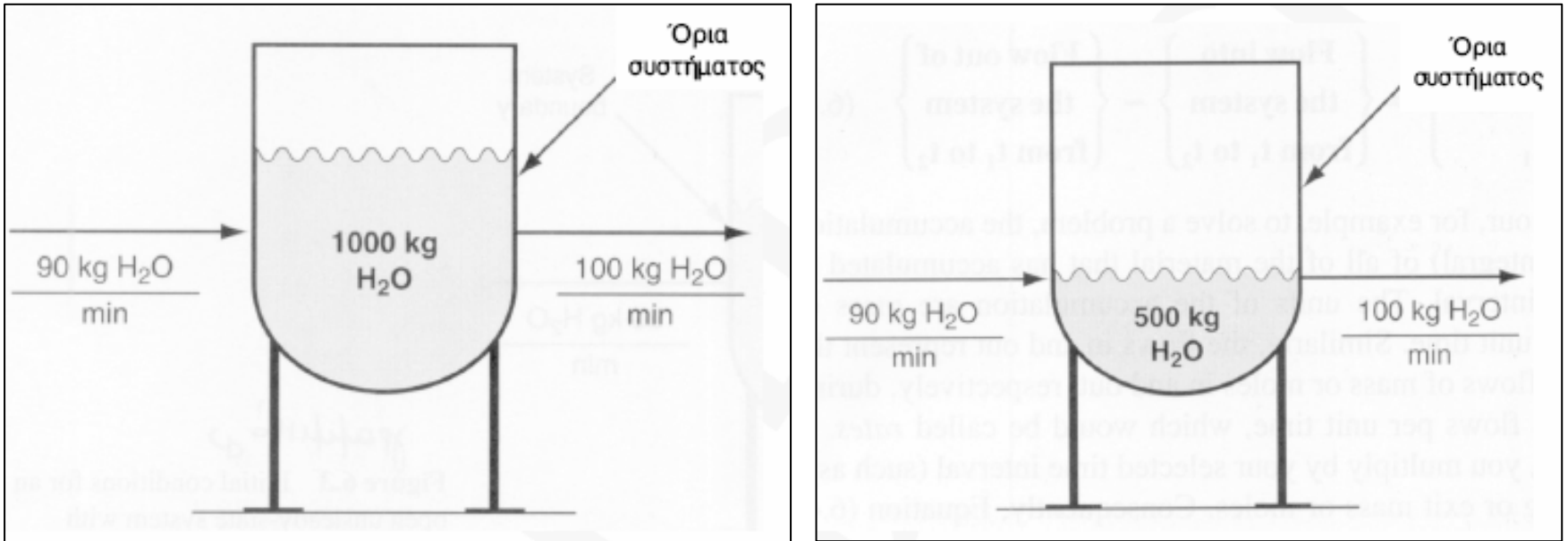
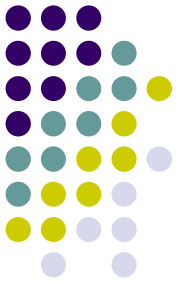
### 3. Συστήματα μη σταθερής κατάστασης



Σχήμα. Αρχικές (αριστερά) και τελικές (δεξιά) συνθήκες για ένα ανοικτό σύστημα μη σταθερής κατάστασης με συσσώρευση.

$$\{\text{συσσώρευση}\} = \{\text{υλικό στο σύστημα, τελικά}\} - \{\text{υλικό στο σύστημα, αρχικά}\}$$

### 3. Συστήματα μη σταθερής κατάστασης



Σχήμα. Αρχικές (αριστερά) και τελικές (δεξιά) συνθήκες για ένα ανοικτό σύστημα μη σταθερής κατάστασης με αρνητική συσσώρευση.

$$\{\text{συσσώρευση}\} = \{\text{υλικό στο σύστημα, τελικά}\} - \{\text{υλικό στο σύστημα, αρχικά}\}$$

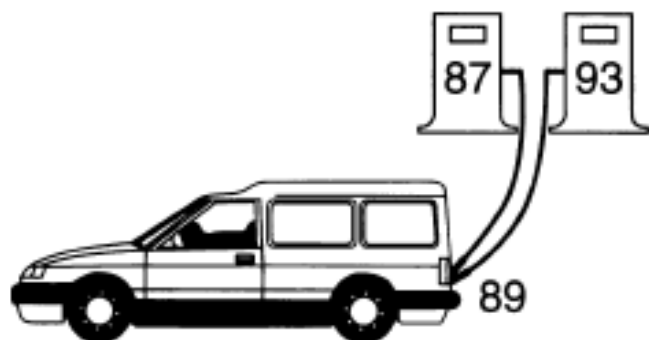
## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6.1 Ισοζύγιο Μάζας για την Ανάμιξη Βενζίνης

Θα εξοικονομήσετε χρήματα αν αντί να αγοράσετε σούπερ βενζίνη 89 οκτανίων με \$1.269 το γαλόνι, αναμίξετε βενζίνη 93 οκτανίων με τιμή \$1.349 το γαλόνι με κανονική βενζίνη 87 οκτανίων με τιμή \$1.149 το γαλόνι;

### *Λύση:*

Το πρόβλημα αυτό αποτελεί εφαρμογή της εξίσωσης (6.4) σε αριθμό οκτανίων (octane number, ON). Ο αριθμός οκτανίων είναι ίσος με το πηλίκο του αριθμού των χτυπημάτων της μηχανής στη μονάδα του χρόνου που προκαλεί η βενζίνη που ελέγχεται προς τον αριθμό των χτυπημάτων της μηχανής στη μονάδα του χρόνου που προκαλεί το ισο-οκτάνιο σε πρότυπη μηχανή. Ο ON εξαρτάται σχεδόν γραμμικά από την συγκέντρωση του βελτιωτικού του ON στη μηχανή. Η γραμμικότητα αυτή αποτελεί την βάση μιας αρχής σύμφωνα με την οποία το προϊόν του ON του διαλύματος επί τον όγκο του διαλύματος είναι μία ποσότητα που διατηρείται.

Επιλέξτε για βάση 1 γαλόνι βενζίνης 89 οκτανίων, δηλαδή του επιθυμητού προϊόντος. Εξετάστε το Σχήμα E6.1. Το σύστημα είναι το ρεζερβουάρ της βενζίνης.





Αρχικά, θα πρέπει να αποφασίσετε αν το σύστημα είναι ανοιχτό ή κλειστό, και αν είναι σταθερής ή με σταθερής κατάστασης. Για λόγους ευκολίας θεωρείστε ότι στο ξεκίνημα της ανάμιξης δεν υπάρχει βενζίνη στο ρεζερβουάρ, και ότι στο τέλος της ανάμιξης υπάρχει ένα γαλόνι βενζίνης. Η διευθέτηση αυτή αντιστοιχεί σε διεργασία μη σταθερής κατάστασης. Προφανώς, πρόκειται για ανοιχτό σύστημα. Οι ροές προς το σύστημα αντιστοιχούν στον αριθμό των (κλασματικών) γαλονιών καθενός από τα δύο είδη βενζίνης.

Ο αρχικός αριθμός των γαλονιών στο σύστημα είναι ίσος με μηδέν και ο τελικός αριθμός ίσος με ένα. Έστω  $x$  ο αριθμός των γαλονιών της βενζίνης των 87 οκτανίων που προστέθηκαν, και  $y$  ο αριθμός των γαλονιών της βενζίνης των 93 οκτανίων. Επειδή  $x + y = 1$  είναι η ολική ροή προς το ρεζερβουάρ, θα είναι  $y = 1 - x$ . Σύμφωνα με την εξίσωση (6.4) η ισορροπία των ΟΝ είναι

$$\begin{array}{ccc} \text{Συσώρευση} & & \text{Είσοδος} \\ \left| \frac{89 \text{ οκτάνια}}{1 \text{ gal}} \right| \frac{1 \text{ gal}}{1} - 0 & = & \left| \frac{87 \text{ οκτάνια}}{1 \text{ gal}} \right| x \text{ gal} + \left| \frac{93 \text{ οκτάνια}}{1 \text{ gal}} \right| (1 - x) \text{ gal} \end{array}$$

Η λύση είναι  $x = 2/3 \text{ gal}$  και επομένως  $y = 1/3 \text{ gal}$ .

Το κόστος του μίγματος της βενζίνης είναι

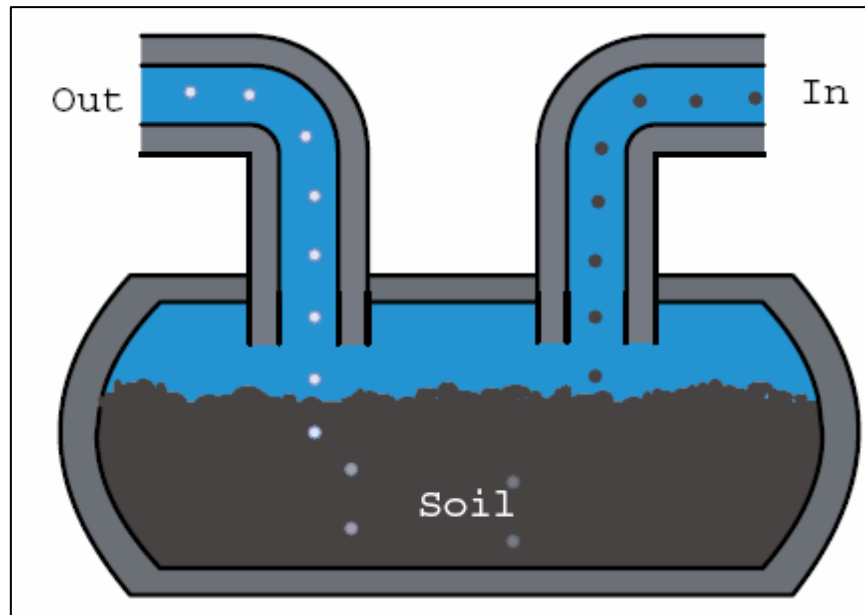
$$2/3 (\$1.149) + 1/3 (\$1.349) = \$ 1.216$$

που είναι λιγότερο από το κόστος της βενζίνης των 89 οκτανίων (\$1.269). Στην πράξη, τα διυλιστήρια λαμβάνουν υπόψη την μη γραμμική ανάμιξη βενζίνης με διαφορετικούς αριθμούς οκτανίων (αντίθετα με την γραμμική ανάμιξη που λαμβάνεται υπόψη εδώ), αφού το ένα ή τα δύο δέκατα ενός αριθμού οκτανίου αντιστοιχεί σε σημαντικό ποσό χρημάτων, λόγω των μεγάλων ποσοτήτων βενζίνης που πωλούνται.

### Problem 6.1

Bioremediation is a method of cleaning up contaminated groundwater and soil. If a dilute solution of nutrients is pumped via a well into a closed soil layer underground at the rate of 1.5 kg/hr, and a recovery well removes 1.2 kg of depleted solution per hour, answer the following questions:

- What is the system (draw a picture)?
- What is the value of the input per hour?
- What is the value of the output per hour?
- What is the value of the accumulation per hour?
- What assumption has to be made to answer (d)?





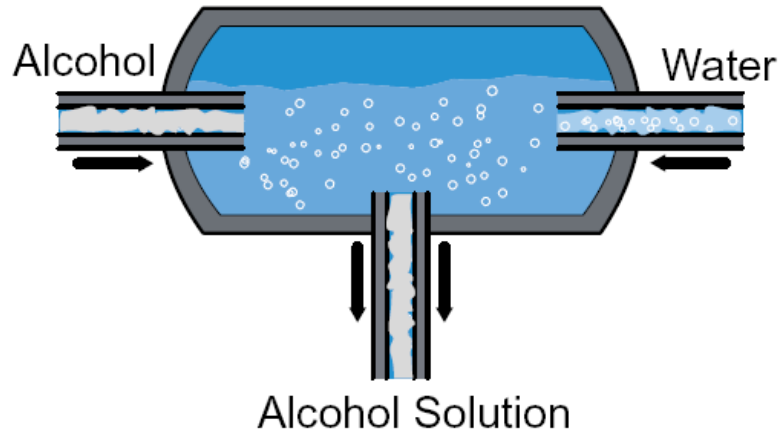


### Problem 6.2

If 1 L of ethy alcohol is mixed with 1 L of water, how many kilograms of solution result? How many liters?

### Solution

The densities of alcohol and water at 20°C are 0.789 and 0.998 g/cm<sup>3</sup>, respectively.



Basis: 1 L of each compound

$$\frac{0.789 \text{ g}}{\text{cm}^3} \left| \frac{1000 \text{ cm}^3}{1} \right. = 789 \text{ g}$$

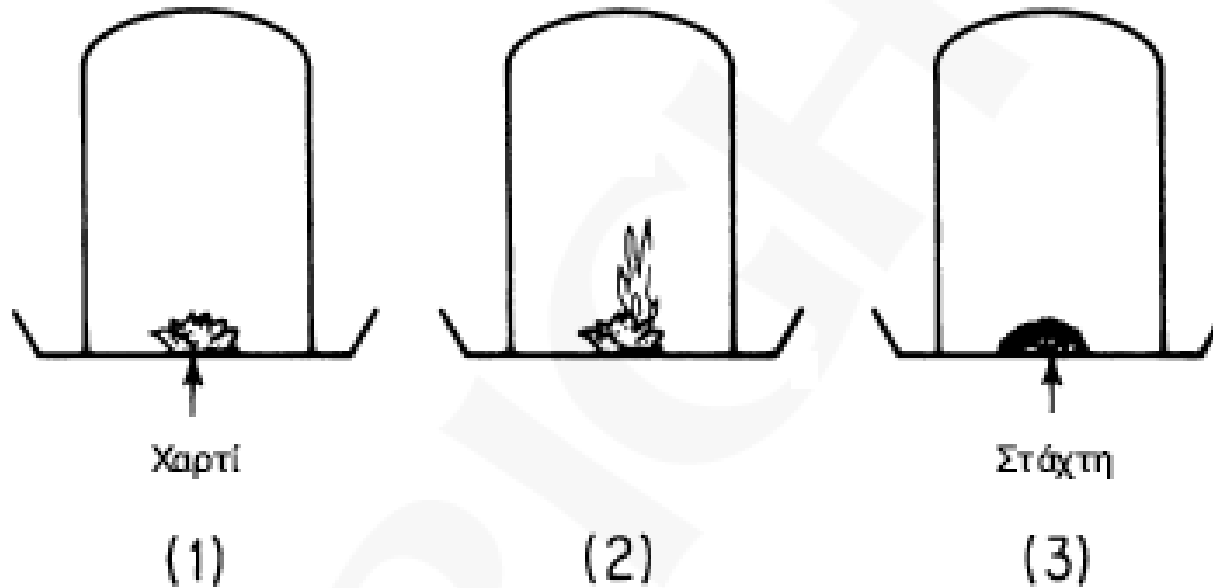
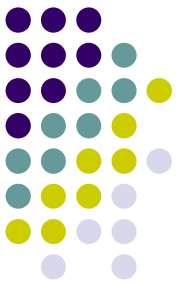
$$\frac{0.998 \text{ g}}{\text{cm}^3} \left| \frac{1000 \text{ cm}^3}{1} \right. = 998 \text{ g}$$

The total kg are  $789 + 998 = 1787 \text{ g}$ .

The volumes are not additive. For a  $789/1789 = 0.442$  mass fraction solution of alcohol in water, the density at 20°C is 0.929 g/cm<sup>3</sup>.

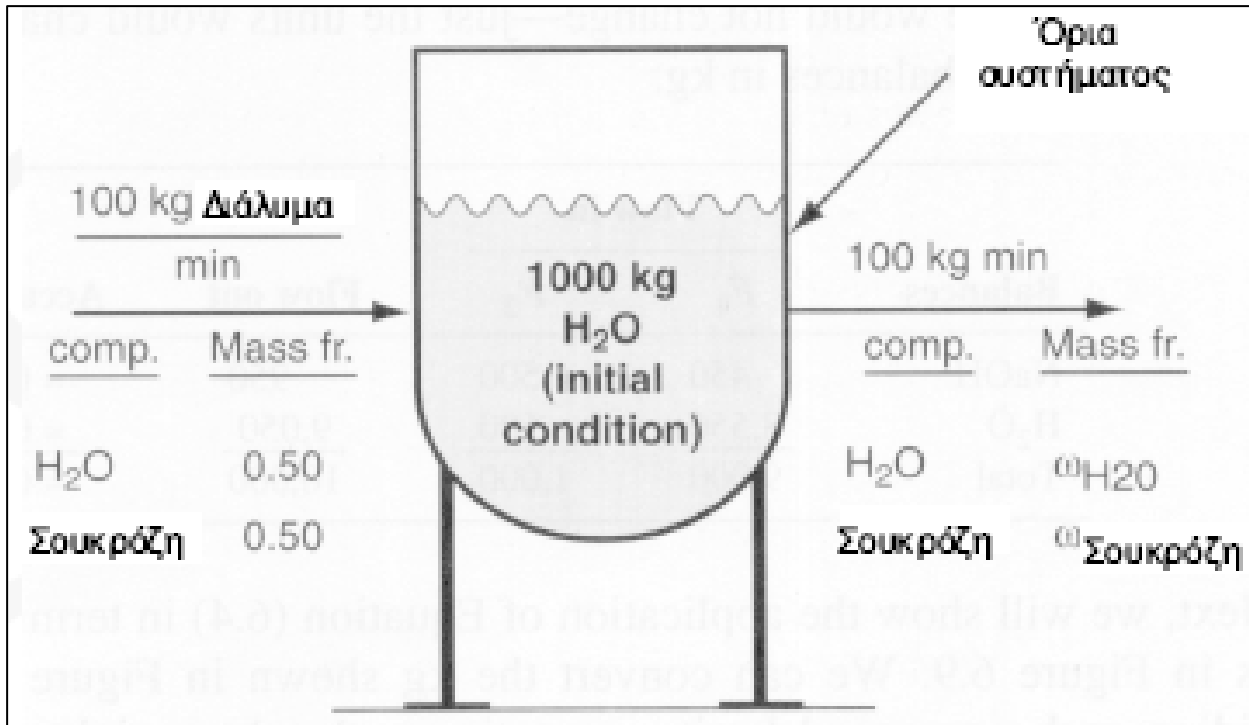
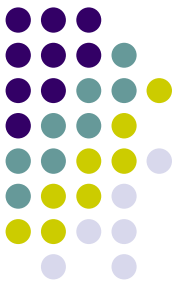
$$\frac{1787 \text{ g}}{0.929 \text{ g/cm}^3} = 1923 \text{ cm}^3$$

# Πρόβλημα



Πότε ο ζυγός δείχνει μεγαλύτερο βάρος ;

# 4. Συστήματα πολλών συστατικών

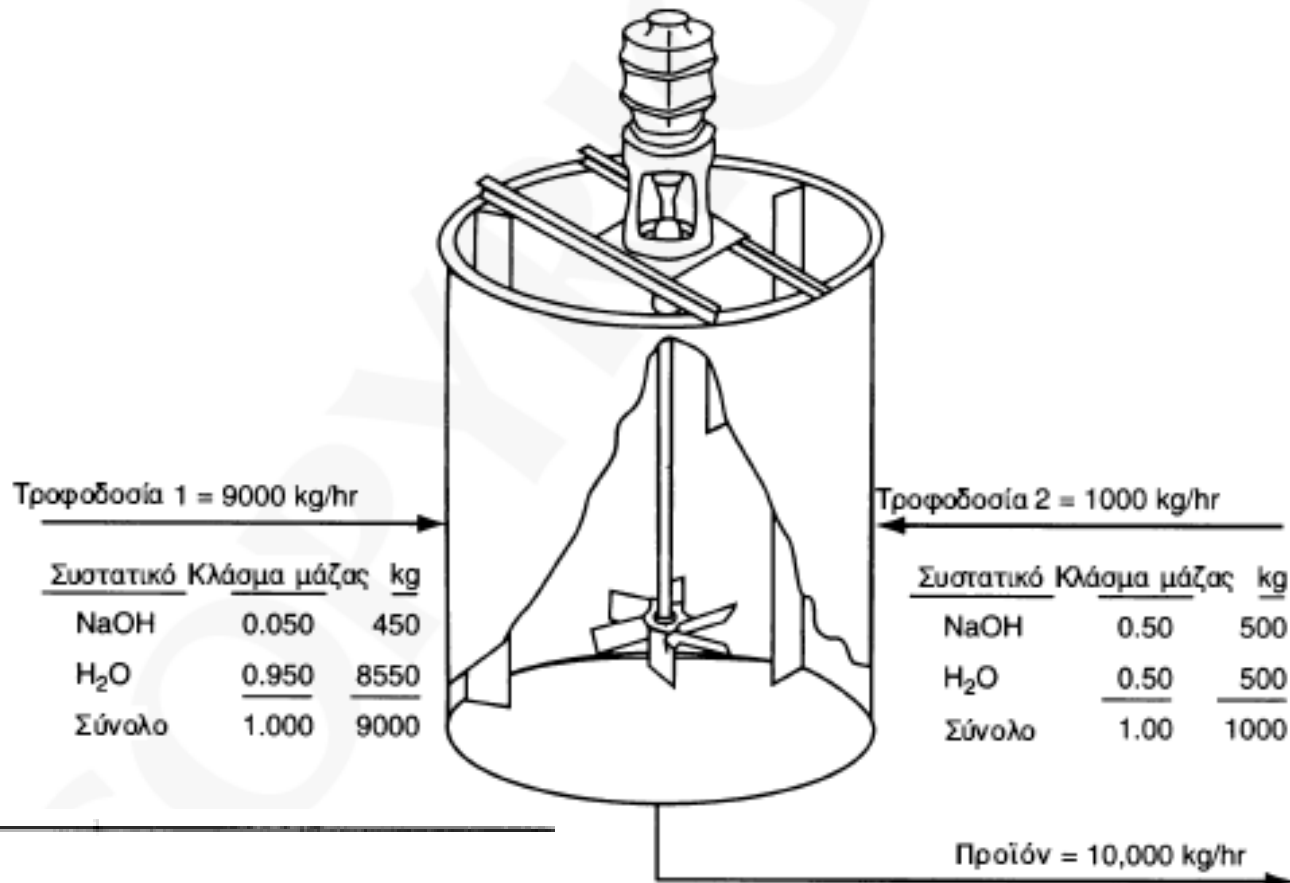


**Σχήμα.** Ένα **ανοιχτό σύστημα** δύο συστατικών (**σταθερό** σύστημα όσον αφορά τη μάζα, **μη σταθερό** σύστημα όσον αφορά στα ισοζύγια του νερού και της ζάχαρης)

# 4. Συστήματα πολλών συστατικών

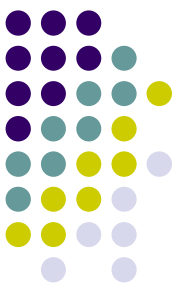


**Βάση: 1 hr**



| Ισοζύγια         | Είσοδος |       | Έξοδος | Συσσώρευση |
|------------------|---------|-------|--------|------------|
|                  | $F_1$   | $F_2$ |        |            |
| NaOH             | 450     | 500   | 950    | = 0        |
| H <sub>2</sub> O | 8,550   | 500   | 9,050  | = 0        |
| Σύνολο           | 9,000   | 1,000 | 10,000 | = 0        |

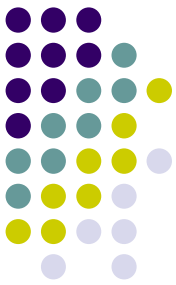
| Συστατικό        | Κλάσμα μάζας | kg    |
|------------------|--------------|-------|
| NaOH             | 0.095        | 950   |
| H <sub>2</sub> O | 0.905        | 9050  |
| Σύνολο           | 1.000        | 10000 |



---

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6.2 Συμπύκνωση Κυττάρων με Χρήση Φυγόκεντρου

Οι φυγόκεντροι χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό σωματιδίων διαμέτρου από 0.1 έως 100  $\mu\text{m}$  σε υγρά, με τη χρήση της φυγόκεντρου δύναμης. Κύτταρα ζύμης παραλαμβάνονται από υγρό μίγμα που περιέχει κύτταρα με την βοήθεια μιας σωληνοειδούς φυγόκεντρου (ενός κυλινδρικού συστήματος που περιστρέφεται πάνω σε έναν κυλινδρικό άξονα). Προσδιορίστε την ποσότητα υπολείμματος που δεν περιέχει κύτταρα και απομακρύνεται από την φυγόκεντρο κάθε 1 ώρα, αν η τροφοδοσία είναι 1000 L/hr, και η τροφοδοσία περιέχει 500 mg cells/L, ενώ το ρεύμα παραγωγής περιέχει 50 % κατά βάρος κύτταρα. Υποθέστε ότι η πυκνότητα της τροφοδοσίας είναι ίση με 1 g/cm<sup>3</sup>.



Το πρόβλημα περιέχει ένα ανοιχτό σύστημα σταθερής κατάστασης χωρίς την ύπαρξη αντίδρασης. Δύο συστατικά περιλαμβάνονται κύτταρα και ζωμός. Επιλέξτε βάση: 1 ώρα.



Σχήμα E.6.2

Στο ισοζύγιο μάζας για τα κύτταρα, η μάζα των κυττάρων που εισέρχονται πρέπει να ισούται με τη μάζα των κυττάρων που εξέρχονται.

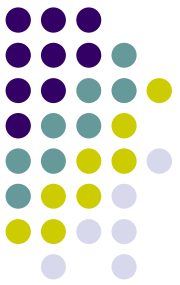
$$\frac{1000 \text{ L feed}}{1 \text{ L τροφοδοσία}} \left| \frac{500 \text{ mg}_{\text{κύτταρα}}}{1000 \text{ mg}} \right| \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ g } P} = \frac{0.5 \text{ g}_{\text{κύτταρα}}}{1 \text{ g } P} \left| \frac{P \text{ g}}{P \text{ g}} \right|$$

$$P = 1000 \text{ g}$$

Στο ισοζύγιο μάζας για το υγρό η μάζα του υγρού που εισέρχεται ισούται με τη μάζα του υγρού που εξέρχεται:

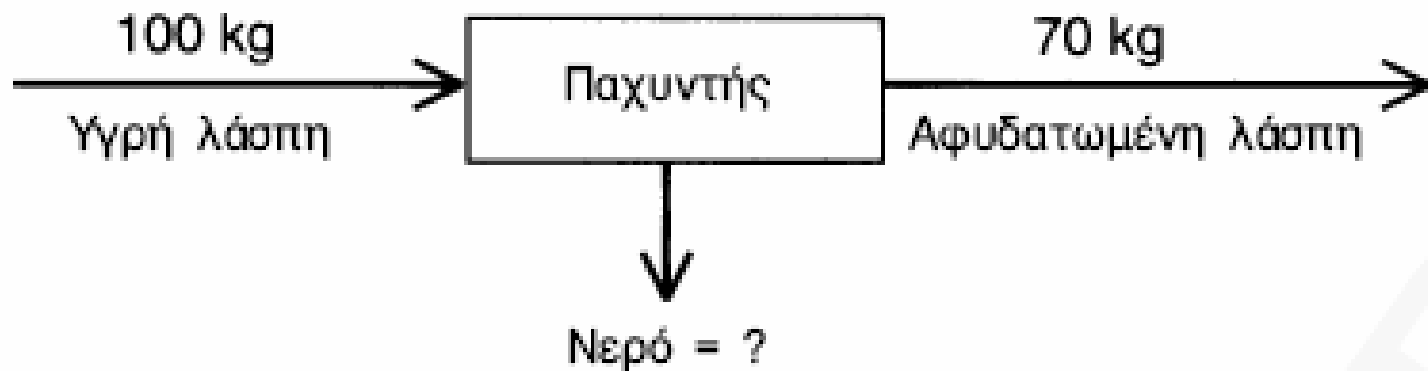
$$\frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ L}} \left| \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ cm}^3} \right| \frac{1 \text{ g}_{\text{ρρυστού}}}{1 \text{ g}_{\text{ρρυστού}}} = \frac{1000 \text{ g } P}{1 \text{ g } P} \left| \frac{0.50 \text{ g}_{\text{ρρυστού}}}{1 \text{ g } P} \right| + D \text{ g}_{\text{ρρυστού}}$$

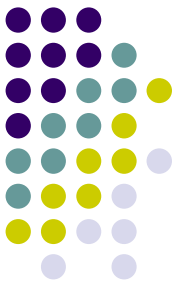
$$D = (10^6 - 500) \text{ g}$$



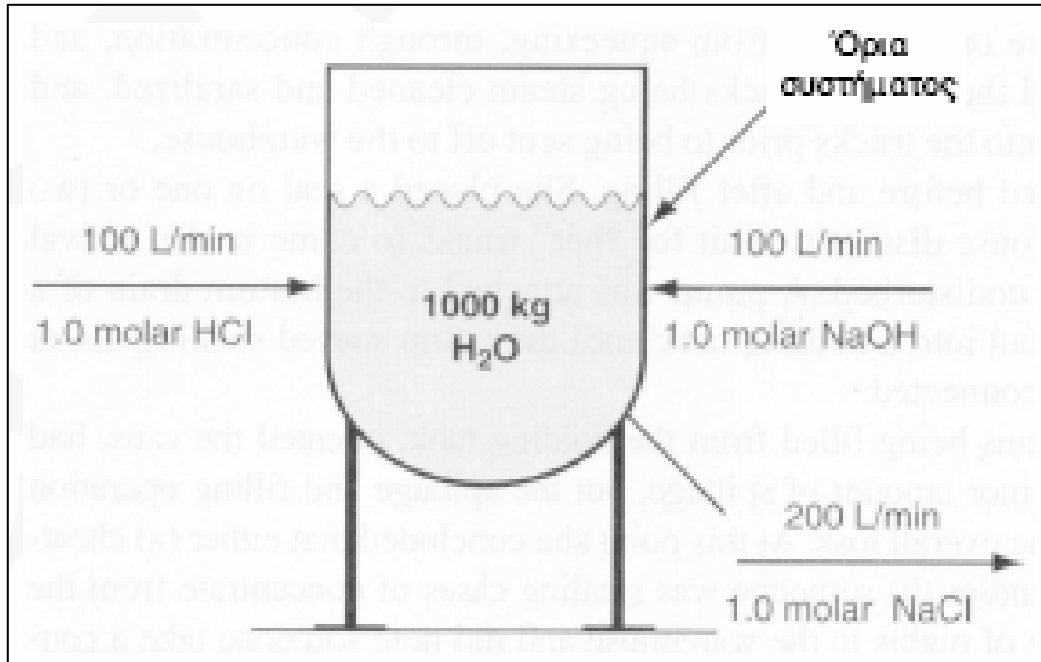
# Πρόβλημα

Ένας παχυντής σε μία μονάδα επεξεργασία αποβλήτων απομακρύνει το νερό από την υγρή λάσπη αποβλήτων υπονόμων όπως φαίνεται στο Σχήμα P6.21. Πόσα κιλά νερού απομακρύνονται από τον παχυντή ανά 100 kg υγρής λάσπης που εισέρχονται στον παχυντή; Η διεργασία είναι σταθερής κατάστασης.





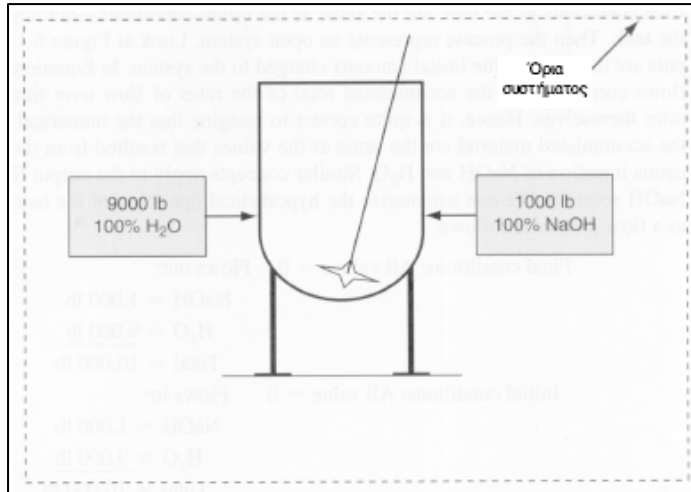
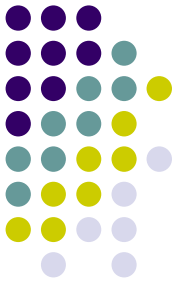
## 5. Χημικές αντιδράσεις σε ισοζύγια μάζας



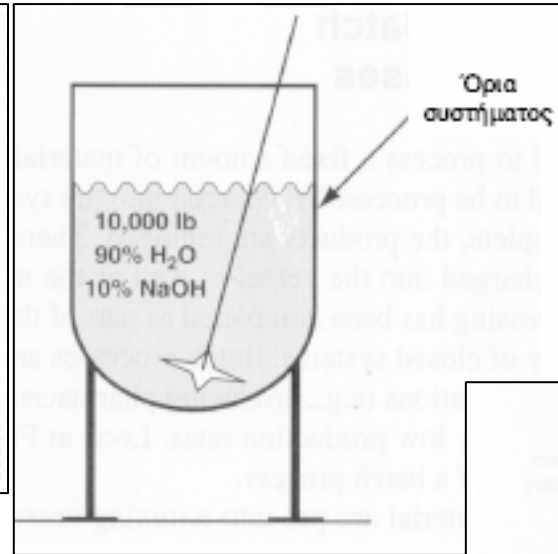
$$\begin{aligned} \{\text{συσσώρευση στο σύστημα}\} &= \{\text{είσοδος διαμέσου των ορίων του συστήματος}\} \\ &- \{\text{έξοδος διαμέσου των ορίων του συστήματος}\} + \{\text{σχηματισμός μέσα στο}\} \\ &\quad \{\text{σύστημα}\} - \{\text{κατανάλωση μέσα στο σύστημα}\} \end{aligned} \quad (6.5)$$



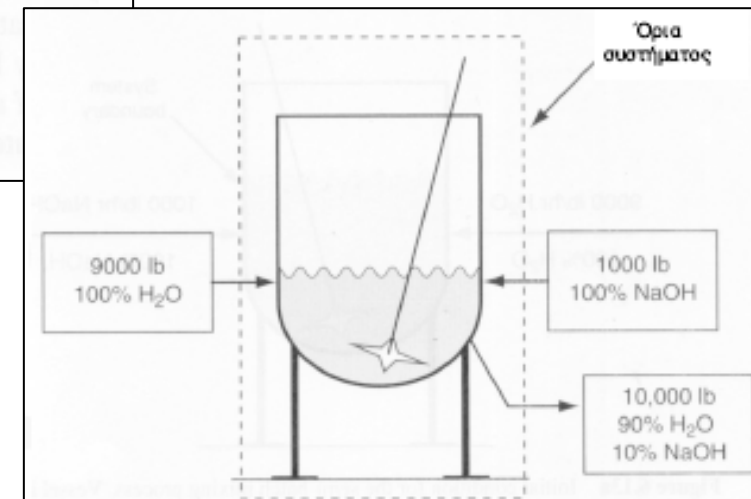
# 6. Ισοζύγια μάζας σε ασυνεχείς διεργασίες



Η αρχική κατάσταση μιας ασυνεχούς διεργασίας ανάμιξης

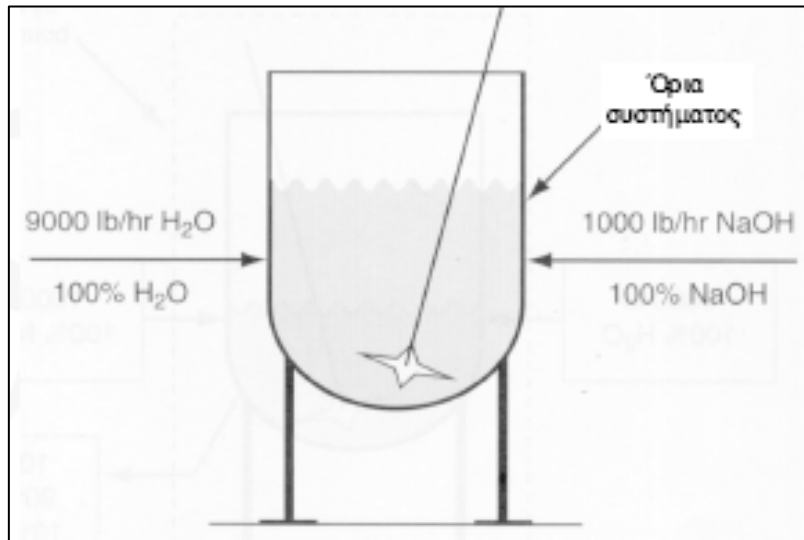
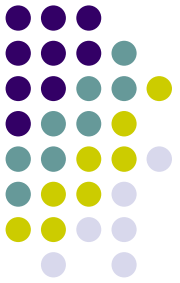


Η τελική κατάσταση μιας ασυνεχούς διεργασίας ανάμιξης

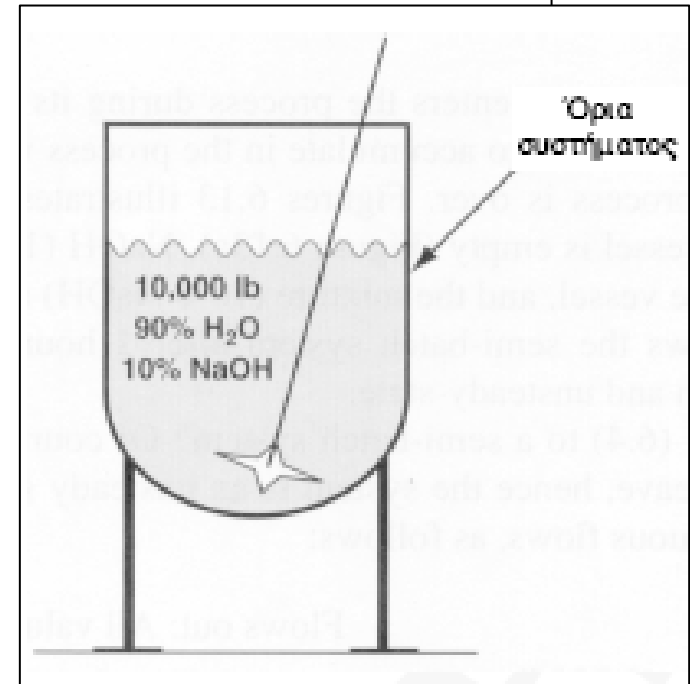


Αναπαράσταση μιας ασυνεχούς διεργασίας ως ανοιχτό σύστημα<sup>25</sup>

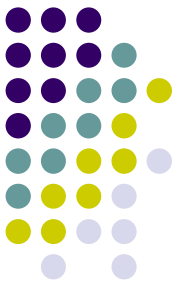
## 6. Ισοζύγια μάζας σε ημι-συνεχείς διεργασίες



Η αρχική κατάσταση μιας ημι-συνεχούς διεργασίας ανάμιξης. Το δοχείο είναι κενό.



Ημι-συνεχής διεργασία μετά από λειτουργία μιας ώρας.

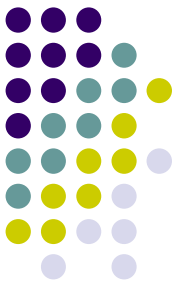


---

---

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6.3 Απόθεση Υπολειμμάτων Δεξαμενών στο Περιβάλλον

Η απώλεια υλικού κατά τον καθαρισμό δεξαμενών και δοχείων μετά την απομάκρυνση των υπολειμμάτων τους έχει τόσο οικονομικές αλλά και περιβαλλοντικές συνέπειες. Μετά το άδειασμα, πριν το ξέπλυμα των δεξαμενών με νερό, ένα συγκεκριμένο ποσοστό των περιεχομένων υλικών παραμένουν στις εσωτερικές επιφάνειες τους. Η μέτρηση της ποσότητας του νερού που χρειάστηκε για το ξέπλυμα δεξαμενής από χάλυβα που αρχικά περιείχε πετρέλαιο κίνησης, έδειξε ότι το 15% κατά βάρος των αρχικών υλικών παρέμειναν στις εσωτερικές επιφάνειες. Ποιο είναι το κλάσμα απωλειών του πετρελαίου πριν το ξέπλυμα με το νερό, και οι λίβρες του πετρελαίου κίνησης που αποβάλλονται στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια καθαρισμού μιας δεξαμενής 10,000 γαλονιών που περιείχε πετρέλαιο κίνησης;



## Λύση:

Βάση : 10,000 gal πετρέλαιο κίνησης σε υποτιθέμενη θερμοκρασία 77 °F

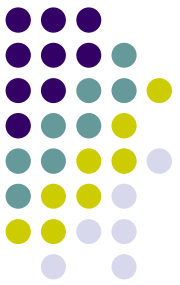
Η πυκνότητα του πετρελαίου κίνησης είναι περίπου ίση με 0.80 g/cm<sup>3</sup>. Η αρχική μάζα του πετρελαίου κίνησης στην δεξαμενή ήταν

$$\frac{10,000 \text{ gal}}{1 \text{ gal}} \left| \frac{0.1337 \text{ ft}^3}{1 \text{ gal}} \right| \left| \frac{62.4 \text{ lb νερό}}{1 \text{ ft}^3 \text{ νερό}} \right| \left| \frac{0.80 \text{ g/cm}^3 \text{ πετρέλ.}}{1.00 \text{ g/cm}^3 \text{ νερό}} \right| = 66,700 \text{ lb}$$

Η απώλεια κλάσματος μάζας είναι 0.0015. Το ισοζύγιο μάζας του πετρελαίου είναι

$$\begin{array}{l} \text{αρχικά} \qquad \text{εκφορτωμένα} \qquad \text{υπόλειμμα που απομακρύνεται κατά το πλύσιμο} \\ 66,700 = 66,700(0.9985) + 66,700(0.0015) \end{array}$$

Επομένως, η απόρριψη των υπολειμμάτων κατά την έκπλυση είναι 66,700 (0.0015) = 100 lb.

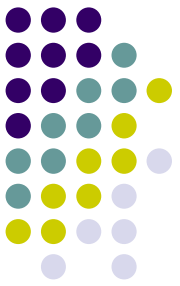


# ΓΕΝΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΙΣΟΖΥΓΙΩΝ ΜΑΖΑΣ

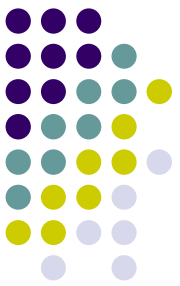
Μία αποτελεσματική μέθοδος ανάλυσης προβλημάτων και παρουσίασης των λύσεών τους αντιπροσωπεύει την εξάσκηση στην λογική σκέψη η οποία έχει πολύ μεγαλύτερη αξία από την απλή γνώση του τρόπου επίλυσης ενός συγκεκριμένου είδους προβλήματος. Η κατανόηση του τρόπου προσέγγισης των προβλημάτων αυτών από μια λογική σκοπιά θα σας βοηθήσει να αναπτύξετε εκείνες τις αρχές που θα αποδειχθούν σημαντικές σε όλη την μετέπειτα πορεία σας. Κρατήστε στο μυαλό σας την παλιά κινέζικη παροιμία:

*Κανένα από τα μυστικά της επιτυχίας δεν θα δουλέψει αν δεν δουλέψετε εσείς.*

# Στρατηγική επίλυσης προβλημάτων ισοζυγίων μάζας



1. Διαβάστε και κατανοήστε την εκφώνησης του προβλήματος.
2. Απεικονίστε σχηματικά την διεργασία και καθορίστε τα όρια του συστήματος.
3. Ονομάστε τις άγνωστες μεταβλητές και τις τιμές των αγνώστων μεταβλητών στο σχήμα.
4. Αποκτήστε τα απαιτούμενα δεδομένα που δεν αναφέρονται.
5. Επιλέξτε μία βάση.
6. Προσδιορίστε τον αριθμό των αγνώστων.
7. Προσδιορίστε τον αριθμό των ανεξάρτητων εξισώσεων και κάντε την ανάλυση των βαθμών ελευθερίας.
8. Γράψτε τις εξισώσεις που πρέπει να επιλυθούν.
9. Επιλύστε τις εξισώσεις και υπολογίστε τις ζητούμενες ποσότητες.
10. Ελέγξτε τις απαντήσεις σας.



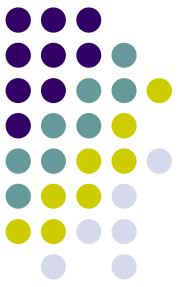
# 1. Κατανόηση του προβλήματος

---

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 7.1 Κατανοώντας το πρόβλημα

Ένα τρένο πλησιάζει έναν σταθμό με ταχύτητα  $105 \text{ cm/s}$ . Ένας άνθρωπος στο μπροστινό μέρος βαδίζει προς τα εμπρός με ταχύτητα  $30 \text{ cm/s}$  σε σχέση με τα καθίσματα. Τρώει ένα χοτ-ντογκ μήκους ενός ποδιού, το οποίο μπαίνει στο στόμα του με ταχύτητα  $2 \text{ cm/s}$ . Ένα μυρμήγκι επάνω στο χοτ-ντογκ, τρέχει μακριά από το στόμα του ανθρώπου με ταχύτητα  $1 \text{ cm/s}$ . Με πόση ταχύτητα το μυρμήγκι πλησιάζει τον σταθμό; Καλύψτε την παρακάτω λύση, και αποφασίστε τι ζητάει το πρόβλημα πριν κρυφοκοιτάξετε.

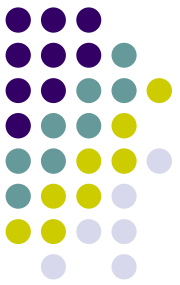
# Στρατηγική επίλυσης προβλημάτων ισοζυγίων μάζας



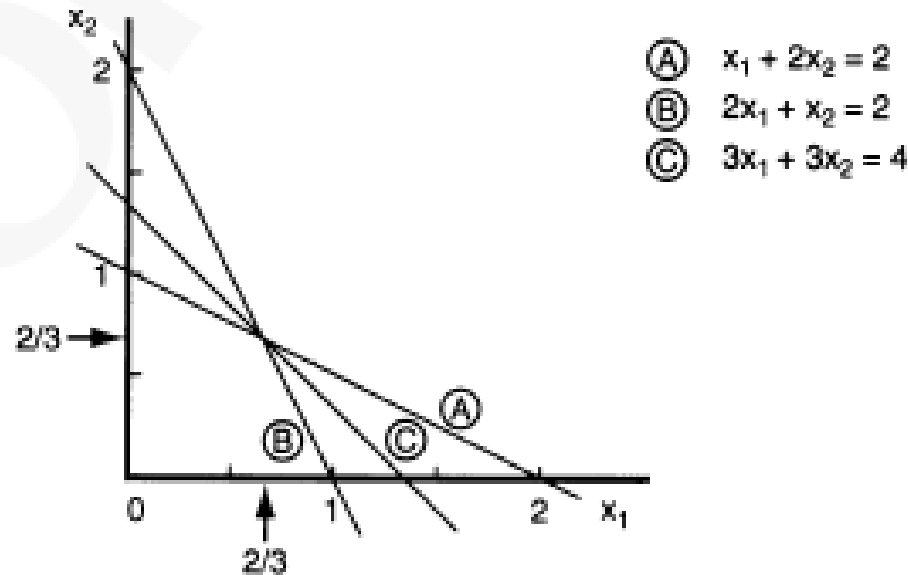
1. Διαβάστε και κατανοήστε την εκφώνηση του προβλήματος.
2. Απεικονίστε σχηματικά την διεργασία και καθορίστε τα όρια του συστήματος.
3. Ονομάστε τις άγνωστες μεταβλητές και τις τιμές των αγνώστων μεταβλητών στο σχήμα.
4. Αποκτήστε τα απαιτούμενα δεδομένα που δεν αναφέρονται.
5. Επιλέξτε μία βάση.
6. Προσδιορίστε τον αριθμό των αγνώστων.
7. Προσδιορίστε τον αριθμό των ανεξάρτητων εξισώσεων και κάντε την ανάλυση των βαθμών ελευθερίας.
8. Γράψτε τις εξισώσεις που πρέπει να επιλυθούν.
9. Επίλύστε τις εξισώσεις και υπολογίστε τις ζητούμενες ποσότητες.
10. Ελέγξτε τις απαντήσεις σας.



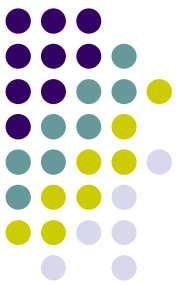
# Βήματα



7. Προσδιορίστε τον αριθμό των ανεξάρτητων εξισώσεων και κάντε ανάλυση των βαθμών ελευθερίας



**Σχήμα 7.1** Παράδειγμα τριών εξισώσεων που διασταυρώνονται στην ίδια λύση. Μόνο οι δύο εξισώσεις είναι ανεξάρτητες.



# Βήματα

## 7. Προσδιορίστε τον αριθμό των ανεξάρτητων εξισώσεων και κάντε ανάλυση των βαθμών ελευθερίας

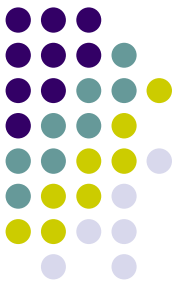
Βαθμοί ελευθερίας = αριθμός αγνώστων – αριθμός ανεξάρτητων εξισώσεων

$$N_D = N_U - N_E$$

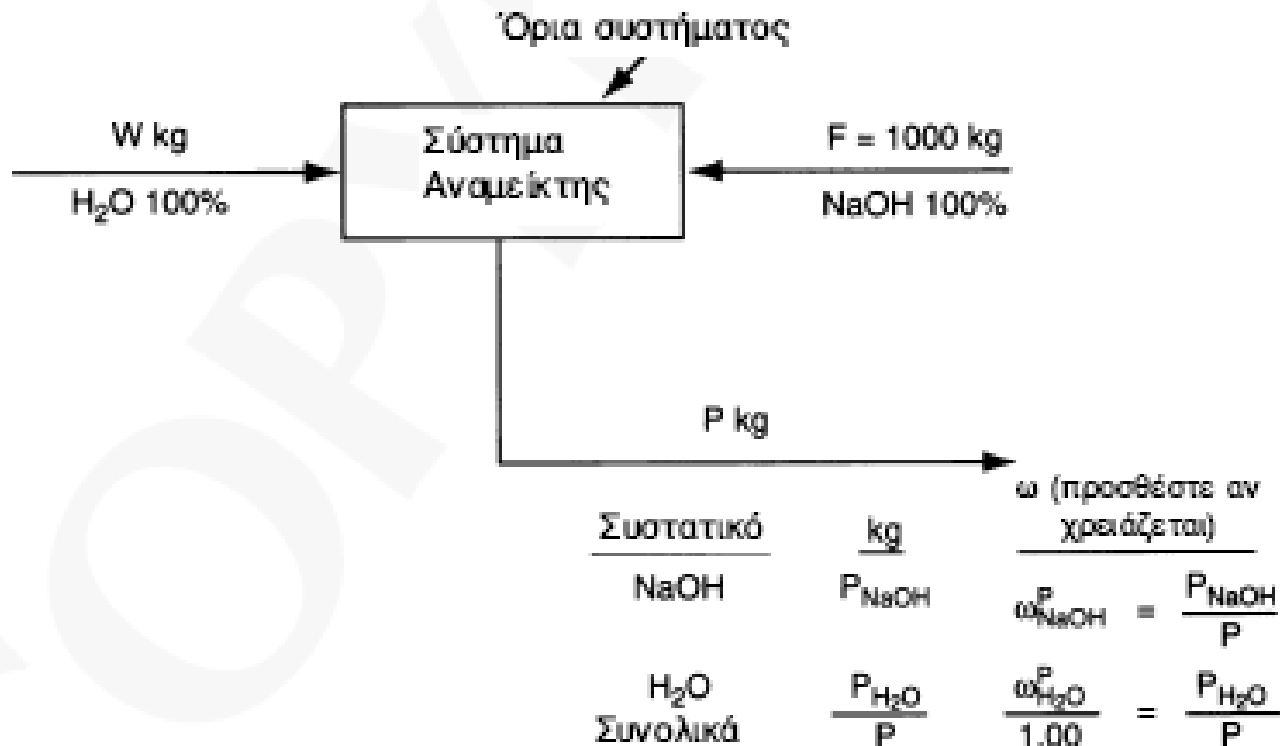
Όταν υπολογίζετε τον αριθμό των βαθμών ελευθερίας εξακριβώνετε την επιτευξιμότητα επίλυσης του προβλήματος. Υπάρχουν τρία αποτελέσματα:

| Περίπτωση   | $N_D$ | Πιθανότητα λύσης   |
|-------------|-------|--|
| $N_U = N_E$ | 0     | Επακριβώς καθορισμένο (αποφασισμένο), υπάρχει λύση.  |
| $N_U > N_E$ | >0    | Υποκαθορισμένο (αποφασισμένο), απαιτούνται περισσότερες ανεξάρτητες εξισώσεις.   |
| $N_U < N_E$ | <0    | Υπερ-καθορισμένο (αποφασισμένο), γενικά δεν υπάρχει εξίσωση εκτός αν κάποιοι περιορισμοί καταργηθούν ή μερικοί επιπλέον άγνωστοι περιληφθούν στο πρόβλημα. |

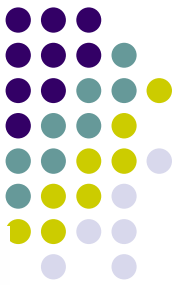
# Παράδειγμα



Σε ένα συνεχούς ροής αναμίκτη, αναμιγνύονται NaOH και H<sub>2</sub>O με σκοπό την παραγωγή υδατικού διαλύματος NaOH. Καθορίστε την σύσταση και τον ρυθμό ροής του προϊόντος αν ο ρυθμός ροής του NaOH είναι 1000 kg/hr και η αναλογία του ρυθμού ροής του H<sub>2</sub>O προς το προϊόν είναι 0.9.



# Βήματα



## 7. Προσδιορίστε τον αριθμό των ανεξάρτητων εξισώσεων και κάντε ανάλυση των βαθμών ελευθερίας

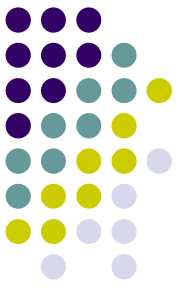
Σε ένα συνεχούς ροής αναμίκτη, αναμιγνύονται NaOH και H<sub>2</sub>O με σκοπό την παραγωγή υδατικού διαλύματος NaOH. Καθορίστε την σύσταση και τον ρυθμό ροής του προϊόντος αν ο ρυθμός ροής του NaOH είναι 1000 kg/hr και η αναλογία του ρυθμού ροής του H<sub>2</sub>O προς το προϊόν είναι 0.9.

*α. Προδιαγραφές και τιμές των μεταβλητών που δίνονται από το πρόβλημα όπως:*

1. Ο λόγος των ρυθμών ροής έχει μία συγκεκριμένη τιμή.
2. Το ποσοστό της μετατροπής μίας αντίδρασης είναι δεδομένο.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3** Λίστα Όλων των Μεταβλητών που Περιλαμβάνονται στο Πρόβλημα του Παραδείγματος

| Είδη             | Ρεύμα                    |                          |                          |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                  | Τροφοδοσία               | Νερό                     | Προϊόν                   |
| NaOH             | $F_{\text{NaOH}}$        | $W_{\text{NaOH}}$        | $P_{\text{NaOH}}$        |
| H <sub>2</sub> O | $F_{\text{H}_2\text{O}}$ | $W_{\text{H}_2\text{O}}$ | $P_{\text{H}_2\text{O}}$ |
| Σύνολο           | $F$                      | $W$                      | $P$                      |



# Βήματα

## 7. Προσδιορίστε τον αριθμό των ανεξάρτητων εξισώσεων και κάντε ανάλυση των βαθμών ελευθερίας

β. *Ανεξάρτητα ισοζύγια μάζας που μπορείτε να γράψετε.*

Για το πρόβλημα του παραδείγματος, μπορείτε να γράψετε δύο ανεξάρτητα ισοζύγια μάζας: ένα για το NaOH και ένα για το H<sub>2</sub>O. Το συνολικό ισοζύγιο μπορεί να αντικατασταθεί από κάθε ένα από τα αντίστοιχα στοιχειώδη ισοζύγια

$$\text{Ισοζύγιο NaOH} \quad (5)$$

$$\text{Ισοζύγιο H}_2\text{O} \quad (6)$$

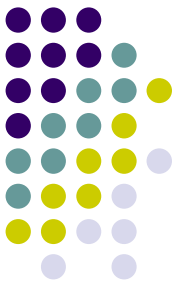
γ. *Άθροισμα των συστατικών, ή των κλασμάτων μάζας ή των γραμμομοριακών κλασμάτων, σε ξεχωριστό ρεύμα.*

$$\sum_i \omega_i^F = 1 \quad \text{ή} \quad F_{\text{NaOH}} + F_{\text{H}_2\text{O}} = F$$

$$\sum_i \omega_i^W = 1 \quad \text{ή} \quad W_{\text{NaOH}} + W_{\text{H}_2\text{O}} = W$$

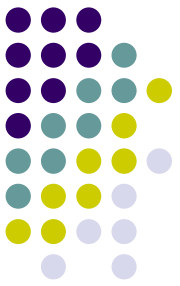
$$\sum_i \omega_i^P = 1 \quad \text{ή} \quad P_{\text{NaOH}} + P_{\text{H}_2\text{O}} = P$$

# Στρατηγική επίλυσης προβλημάτων ισοζυγίων μάζας



1. Διαβάστε και κατανοήστε την εκφώνησης του προβλήματος.
2. Απεικονίστε σχηματικά την διεργασία και καθορίστε τα όρια του συστήματος.
3. Ονομάστε τις άγνωστες μεταβλητές και τις τιμές των αγνώστων μεταβλητών στο σχήμα.
4. Αποκτήστε τα απαιτούμενα δεδομένα που δεν αναφέρονται.
5. Επιλέξτε μία βάση.
6. Προσδιορίστε τον αριθμό των αγνώστων.
7. Προσδιορίστε τον αριθμό των ανεξάρτητων εξισώσεων και κάντε την ανάλυση των βαθμών ελευθερίας.
8. Γράψτε τις εξισώσεις που πρέπει να επιλυθούν.
9. Επίλύστε τις εξισώσεις και υπολογίστε τις ζητούμενες ποσότητες.
10. Ελέγξτε τις απαντήσεις σας.

# Παράδειγμα

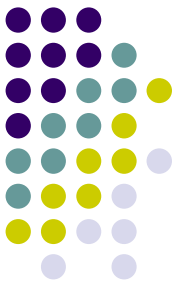


Μπορείτε να επιλύσετε τα τρία αυτά ισοζύγια μάζας ως προς  $F$ ,  $D$  και  $P$ ; Αν όχι, εξηγήστε γιατί.

$$0.1F + 0.3D = 0.2P$$

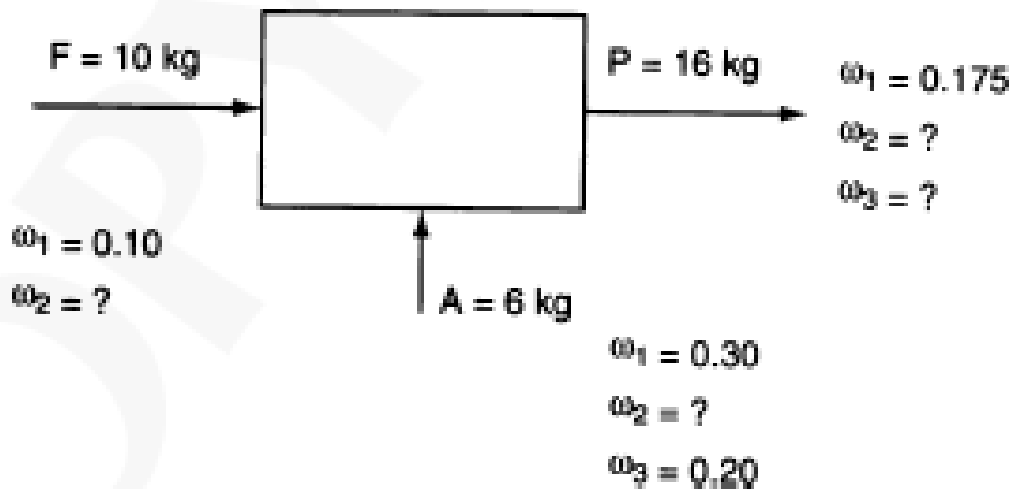
$$0.9F + 0.7D = 0.8P$$

$$F + D = P$$

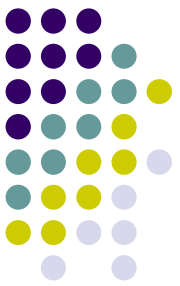


# Πρόβλημα

Για την διεργασία σταθερής κατάστασης του Σχήματος P7.7, σας ζητείται να αποφασίσετε αν υπάρχει μοναδική λύση για την τιμή των μεταβλητών. Υπάρχει; Δείξτε όλους τους υπολογισμούς.  $\omega$  είναι το κλάσμα μάζας του συστατικού  $i$ .







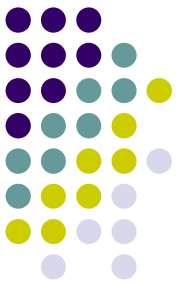
# Πρόβλημα

Τρία αέρια μίγματα Α, Β και Γ με συστάσεις που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα αναμιγνύονται.

| Αέριο                         | Α   | Β   | Δ   |
|-------------------------------|-----|-----|-----|
| CH <sub>4</sub>               | 25  | 25  | 60  |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | 35  | 30  | 25  |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | 40  | 45  | 15  |
| Συνολικά                      | 100 | 100 | 100 |

Ένας νέος αναλυτής δηλώνει ότι η σύσταση του μίγματος είναι 25 % CH<sub>4</sub>, 25 % C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> και 50 % C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>. Χωρίς να κάνετε λεπτομερείς υπολογισμούς, εξηγήστε γιατί η ανάλυση είναι λάθος.

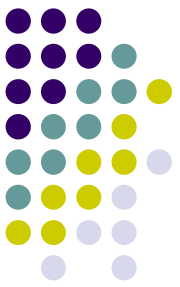
# Προβλήματα



Ένας ξηραντήρας απομακρύνει το νερό από υγρή ξυλεία (20.1 % νερού) και το μειώνει σε 8.6%. Θέλετε να προσδιορίσετε τα kg του νερού που απομακρύνθηκαν ανά kg ξυλείας που εισέρχεται στην διεργασία.

Η δεξαμενή Α που περιέχει 90 % αζώτου αναμιγνύεται με τη δεξαμενή Β που περιέχει 30 % αζώτου ώστε να προκύψει η δεξαμενή Γ με 65% άζωτο. Σας ζητείται να προσδιορίσετε την αναλογία του αερίου που χρησιμοποιείται στην δεξαμενή Α προς το αέριο που χρησιμοποιείται στη δεξαμενή Β.

# ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΙΣΟΖΥΓΙΩΝ ΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΑΠΛΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΧΩΡΙΣ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ

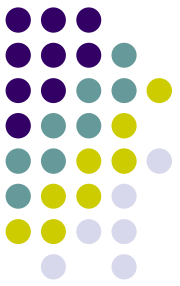


## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 8.1 Εκχύλιση Στρεπτομυκίνης από Χυμό Ζύμωσης

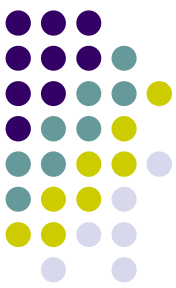
Η στρεπτομυκίνη χρησιμοποιείται σαν αντιβιοτικό για την καταπολέμηση βακτηριακών ασθενειών, και παράγεται με ζύμωση βακτηρίων σε βιολογικό αντιδραστήρα με θρεπτικά υλικά γλυκόζη και αμινοξέα. Μετά την διεργασία ζύμωσης, η Στρεπτομυκίνη ανακτάται με επεξεργασία του χυμού με έναν οργανικό διαλύτη σε μία διαδικασία εκχύλισης. Με την διαδικασία αυτή η Στρεπτομυκίνη ανακτάται επειδή έχει μεγαλύτερη συγγένεια και επομένως μεγαλύτερη διαλυτότητα σε οργανικό διάλυμα από ότι σε υδατικό. Στο Σχήμα Ε8.1 απεικονίζεται η συνολική διαδικασία.

Προσδιορίστε το κλάσμα μάζας της Στρεπτομυκίνης στο εξερχόμενο οργανικό υλικό υποθέτοντας ότι ο οργανικός διαλύτης δεν περιέχει καθόλου νερό και το υδατικό διάλυμα δεν περιέχει καθόλου διαλύτη. Η πυκνότητα του υδατικού διαλύματος είναι  $1 \text{ g/cm}^3$  και η πυκνότητα του οργανικού διαλύτη είναι  $0.6 \text{ g/cm}^3$ .

# Στρατηγική επίλυσης προβλημάτων ισοζυγίων μάζας



1. Διαβάστε και κατανοήστε την εκφώνησης του προβλήματος.
2. Απεικονίστε σχηματικά την διεργασία και καθορίστε τα όρια του συστήματος.
3. Ονομάστε τις άγνωστες μεταβλητές και τις τιμές των αγνώστων μεταβλητών στο σχήμα.
4. Αποκτήστε τα απαιτούμενα δεδομένα που δεν αναφέρονται.
5. Επιλέξτε μία βάση.
6. Προσδιορίστε τον αριθμό των αγνώστων.
7. Προσδιορίστε τον αριθμό των ανεξάρτητων εξισώσεων και κάντε την ανάλυση των βαθμών ελευθερίας.
8. Γράψτε τις εξισώσεις που πρέπει να επιλυθούν.
9. Επιλύστε τις εξισώσεις και υπολογίστε τις ζητούμενες ποσότητες.
10. Ελέγξτε τις απαντήσεις σας.

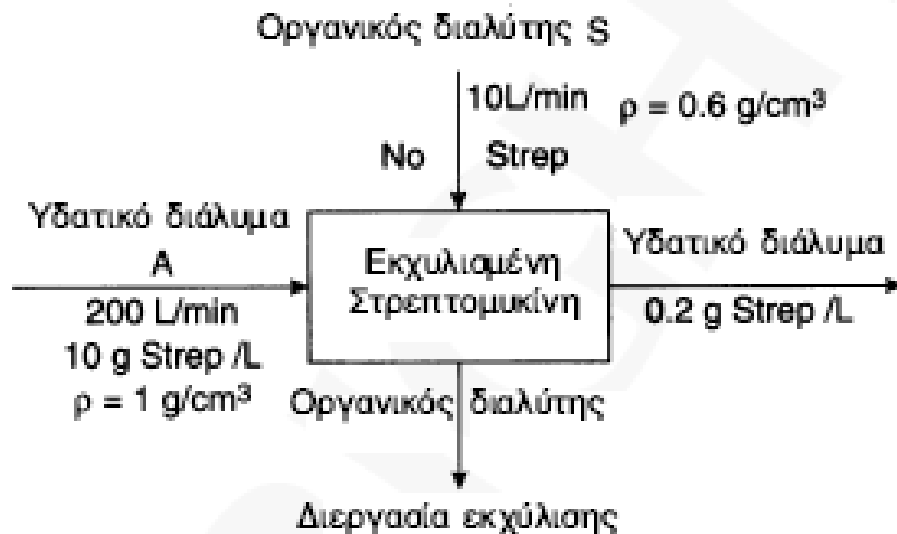


## Βήμα 1

Πρόκειται για μία ανοιχτή (ροής), σταθερής κατάστασης διεργασία χωρίς χημική αντίδραση. Υποθέστε, εξαιτίας της χαμηλής συγκέντρωσης της Στρεπτομικίνης στα οργανικά και υδατικά ρευστά ότι οι ρυθμοί ροής των εισερχόμενων υγρών είναι ίσες με αυτές των εξερχόμενων υγρών.

## Βήματα 2, 3, και 4.

Όλα τα δεδομένα τοποθετήθηκαν στο Σχήμα E8.1.



Σχήμα E8.1

## Βήμα 5

Βάση : 1 min

## Βήματα 6 και 7

Η ανάλυση των βαθμών ελευθερίας είναι:

Αριθμός μεταβλητών (8): (σε L ) συν 4 συγκεντρώσεις (σε g/L).

Αριθμός εξισώσεων (8):

Βάση: Τροφοδοσία = 200 L (ροή υδατικών που εισέρχονται στο υδατικό διάλυμα) 1.

Προδιαγραφές : Συγκέντρωση της Στρεπτομυκίνης στο εισερχόμενο υδατικό διάλυμα 1.

Συγκέντρωση της Στρεπτομυκίνης στο εξερχόμενο υδατικό διάλυμα 1.

Συγκέντρωση της Στρεπτομυκίνης στον εισερχόμενο οργανικό διαλύτη 1.

Ροή εξερχόμενου υδατικού διαλύματος (ίδια με την υπάρχουσα ροή) 1.

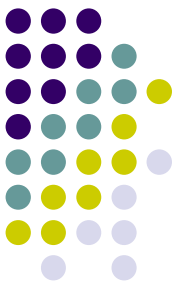
Ροή εισερχόμενου οργανικού διαλύματος 1.

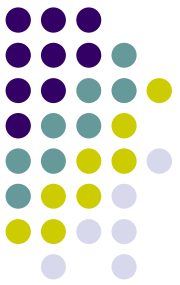
Ροή εξερχόμενου οργανικού διαλύματος (ίδια με την υπάρχουσα ροή) 1.

Ισοζύγιο μάζας Στρεπτομυκίνης 1.

*Σύνολο 8.*

Οι βαθμοί ελευθερίας είναι 0.





## Βήματα 8 και 9

Για τα ισοζύγια μάζας ισχύει είσοδος = έξοδος σε g. Έστω  $x$  τα g της Στρεπτομυκίνης ανά L διαλύτη S.

Ισοζύγιο στρεπτομυκίνης (Strep):

$$\frac{200 \text{ L of A} \left| \frac{10 \text{ g Strep}}{1 \text{ L of A}} \right.}{1 \text{ L of A}} + \frac{10 \text{ L of S} \left| \frac{0 \text{ g Strep}}{1 \text{ L of S}} \right.}{1 \text{ L of S}} = \frac{200 \text{ L of A} \left| \frac{0.2 \text{ g Strep}}{1 \text{ L of A}} \right.}{1 \text{ L of A}} + \frac{10 \text{ L of S} \left| \frac{x \text{ g Strep}}{1 \text{ L of S}} \right.}{1 \text{ L of S}}$$

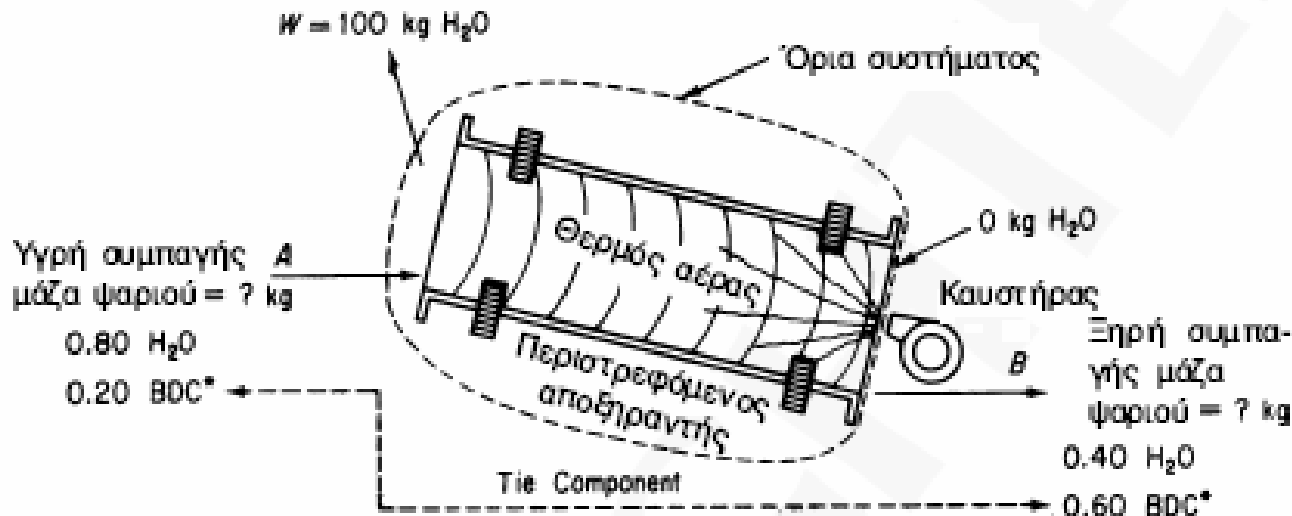
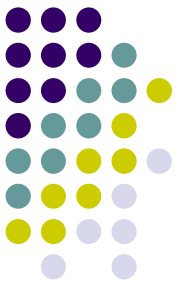
$$x = 196 \text{ g Strep / L του S}$$

Για να πάρετε τα g Strep/g διαλύτη, χρησιμοποιείτε την πυκνότητα του διαλύτη:

$$\frac{196 \text{ g Strep}}{1 \text{ L of S}} \left| \frac{1 \text{ L of S}}{1000 \text{ cm}^3 \text{ of S}} \right| \frac{1 \text{ cm}^3 \text{ of S}}{0.6 \text{ g of S}} = 0.3267 \text{ g Strep/g of S}$$

$$\text{Το κλάσμα μάζας Strep} = \frac{0.3267}{1 + 0.3267} = 0.246$$

# Παράδειγμα: Ξήρανση



Σχήμα E8.5

Κατά την κατεργασία ψαριών μετά την εκχύλιση του λίπους, η συμπαγής μάζα του ψαριού ξηραίνεται σε περιστρεφόμενους κυλινδρικούς αποξηραντές, και τελικά αλέθεται και συμπιέζεται. Το προϊόν που προκύπτει περιέχει 65% πρωτεΐνης. Από μία παρτίδα συμπαγούς μάζας ψαριού που περιέχει 80% νερό (το υπόλοιπο είναι ξηρή μάζα ψαριού), απομακρύνονται 100 kg νερού, και υπολογίζεται ότι η μάζα του ψαριού αποτελείται από 40% νερό. Υπολογίστε το βάρος της μάζας του ψαριού που τοποθετήθηκε αρχικά στον αποξηραντή. Το Σχήμα E8.5 αποτελεί το διάγραμμα της διεργασίας.



## Βήματα 1, 2, 3, και 4

Πρόκειται για διεργασία σταθερής κατάστασης χωρίς χημική αντίδραση. Το σύστημα είναι ο αποξηραντής.

## Βήμα 5

Διαλέξτε μια βάση από τα δεδομένα.

Βάση: 100 kg νερού που εξατμίστηκε =  $W$

## Βήματα 6 και 7

Η ανάλυση των βαθμών ελευθερίας δίνει μηδέν βαθμούς ελευθερίας. Υπάρχουν τέσσερα ρεύματα, δύο εσωτερικά (αέρας και μάζα ψαριού) και δύο εξωτερικά (αέρας και μάζα ψαριού), αν και ο αέρας δεν φαίνεται στο Σχήμα E8.5 αφού δεν συμπεριλαμβάνεται στην διεργασία. Μόνο η υγρασία του αέρα συμπεριλαμβάνεται. Δύο ανεξάρτητα ισοζύγια μπορούν να γραφούν. Θα χρησιμοποιήσουμε το συνολικό ισοζύγιο μάζας συν το ισοζύγιο του BDC (πολτός ξηρών οστών) ( το συνδεδετικό συστατικό) σε kg.

Το ισοζύγιο του νερού

$$0.80A = 0.40 B + 100$$

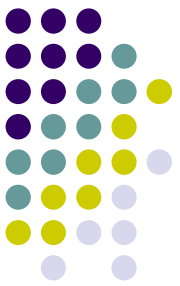
μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξουμε τους υπολογισμούς μας.

|                 | Είσοδος | Εξοδος              |                  |
|-----------------|---------|---------------------|------------------|
| Ολικό ισοζύγιο: | $A$     | $= B + W = B + 100$ | } Ισοζύγια μάζας |
| BDC Ισοζύγιο:   | $0.20A$ | $= 0.60B$           |                  |

Η λύση είναι  $A = 150$  kg αρχικής μάζας ψαριού και  $B = (150)(0.20/0.60) = 50$  kg



# Άλλη λύση



Στο Παράδειγμα E8.5 το BDC, στην ξηρή και στην υγρή μάζα του ψαριού, είναι γνωστό και σαν **συνδεδεικτό συστατικό** επειδή το BDC μεταφέρεται από ένα ρεύμα της διεργασίας στο άλλο χωρίς απώλεια, προσθήκη ή διαχωρισμό. Το BDC συνδέει τα δύο ρεύματα. Συνεπώς, αν επιλέξετε το BDC σαν βάση του προβλήματος, μπορείτε να προσθέσετε και να αφαιρέσετε αναλογίες της ποσότητας μιας ένωσης ανά μονάδα ποσότητας του BDC, σε ένα ισοζύγιο μάζας.

Βάση: 1 kg BDC

Ισοζύγιο H<sub>2</sub>O:

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{array}{c} \text{Είσοδος} \\ \hline 0.80 \text{ kg H}_2\text{O στο A} \\ \hline 0.20 \text{ kg BDC στο A} \end{array} & - & \begin{array}{c} \text{Έξοδος} \\ \hline 0.40 \text{ kg H}_2\text{O στο B} \\ \hline 0.60 \text{ kg BDC στο B} \end{array} = \begin{array}{c} \text{H}_2\text{O που} \\ \text{απομακρύνεται} \\ \hline 3.33 \text{ kg H}_2\text{O} \\ \hline \text{kg BDC (στο A ή B)} \end{array}
 \end{array}$$

Στη συνέχεια, χρησιμοποιήστε ως βάση 100 kg H<sub>2</sub>O στο W. Το H<sub>2</sub>O απομακρύνεται στο W:

$$\begin{array}{c}
 \frac{100 \text{ kg H}_2\text{O στο W}}{3.33 \text{ kg H}_2\text{O απομακρύνεται}} \left| \frac{1 \text{ kg BDC στο A}}{0.20 \text{ kg BDC}} \right| \frac{1.00 \text{ kg A}}{0.20 \text{ kg BDC}} \\
 = 150 \text{ kg A}
 \end{array}$$

Μερικές φορές η χρήση συνδεδεικτού συστατικού ελαττώνει την έκταση των υπολογισμών σε ένα πρόβλημα.

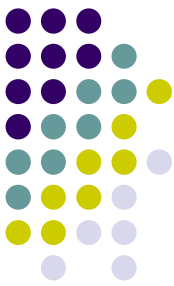
## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 8.7 Αιμοδιάλυση

Η αιμοδιάλυση είναι η πιο κοινή μέθοδος αντιμετώπισης προχωρημένης και μόνιμης νεφρικής ανεπάρκειας. Κατά την νεφρική ανεπάρκεια, στο σώμα σχηματίζονται επικίνδυνα απόβλητα, η πίεση του αίματος αυξάνει, υπάρχει κατακράτηση υγρών και ο σχηματισμός των ερυθρών αιμοσφαιρίων ελαττώνεται. Στην αιμοδιάλυση, το αίμα περνάει από μία συσκευή που φέρει ειδικό φίλτρο το οποίο κατακρατεί τα απόβλητα.

Η συσκευή διάλυσης (Σχήμα Ε8.7β) είναι ένα μεγάλο κάνιστρο που περιέχει χιλιάδες μικρές ίνες μέσα από τις οποίες περνάει το αίμα.

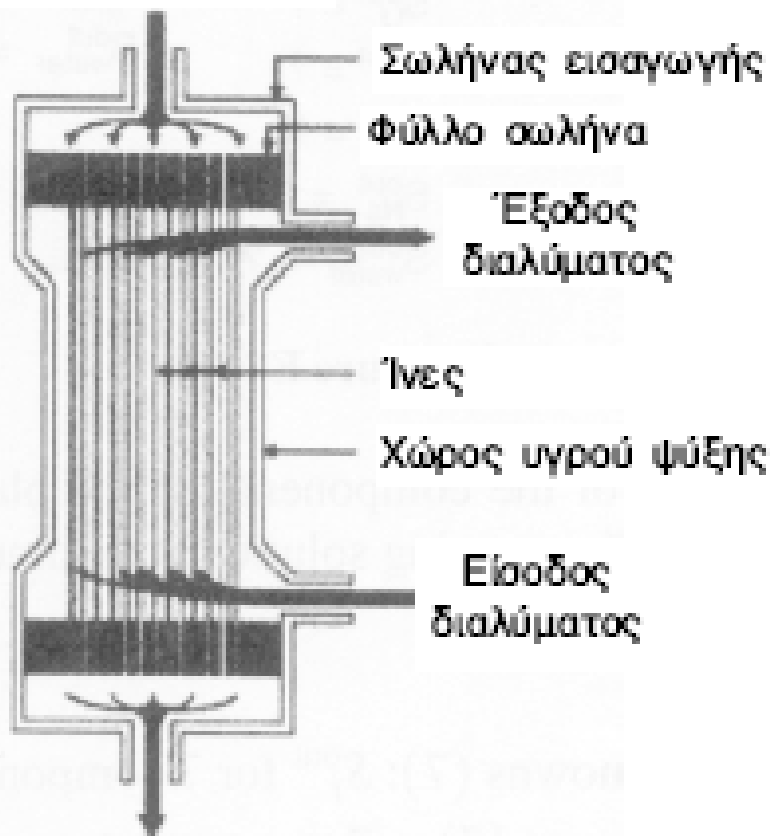
Το διάλυμα της διάλυσης, το διάλυμα καθαρισμού, προωθείται γύρω από αυτές τις ίνες. Οι ίνες επιτρέπουν την μεταφορά των αποβλήτων και των πλεοναζόντων υγρών να απομακρυνθούν.

Το παράδειγμα αυτό επικεντρώνεται στα συστατικά πλάσματος των ρευμάτων: νερό, ουρικό οξύ (UR), κρεατινίνη (CR) ουρία (U), P, K και Na. Μπορείτε να αγνοήσετε το αρχικό περιεχόμενο της συσκευής διάλυσης επειδή η διαδικασία διαρκεί για ένα διάστημα δύο ή τριών ωρών. Με δεδομένες τις μετρήσεις μίας διαδικασίας, όπως φαίνεται στο Σχήμα Ε8.7 β, υπολογίστε τα γραμμάρια ανά λίτρο κάθε συστατικού του πλάσματος στην έξοδο του διαλύματος.

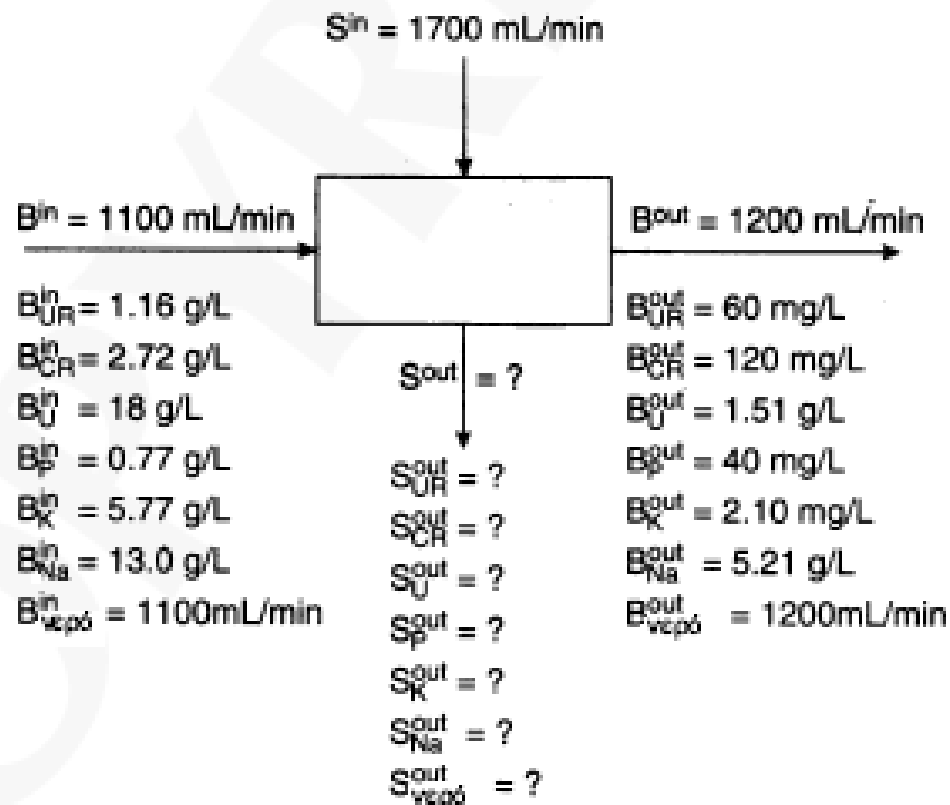




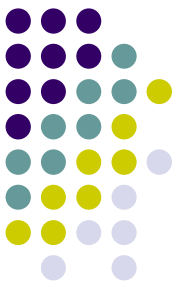
Είσοδος αίματος



Σχήμα Ε8.7β



Σχήμα Ε8.7 β



# Βήμα 5

## Βάση: 1 λεπτό

### Βήματα 8 και 9

Το ισοζύγιο του νερού σε gr θεωρώντας ότι 1 mL είναι ισοδύναμο με 1gr, είναι:

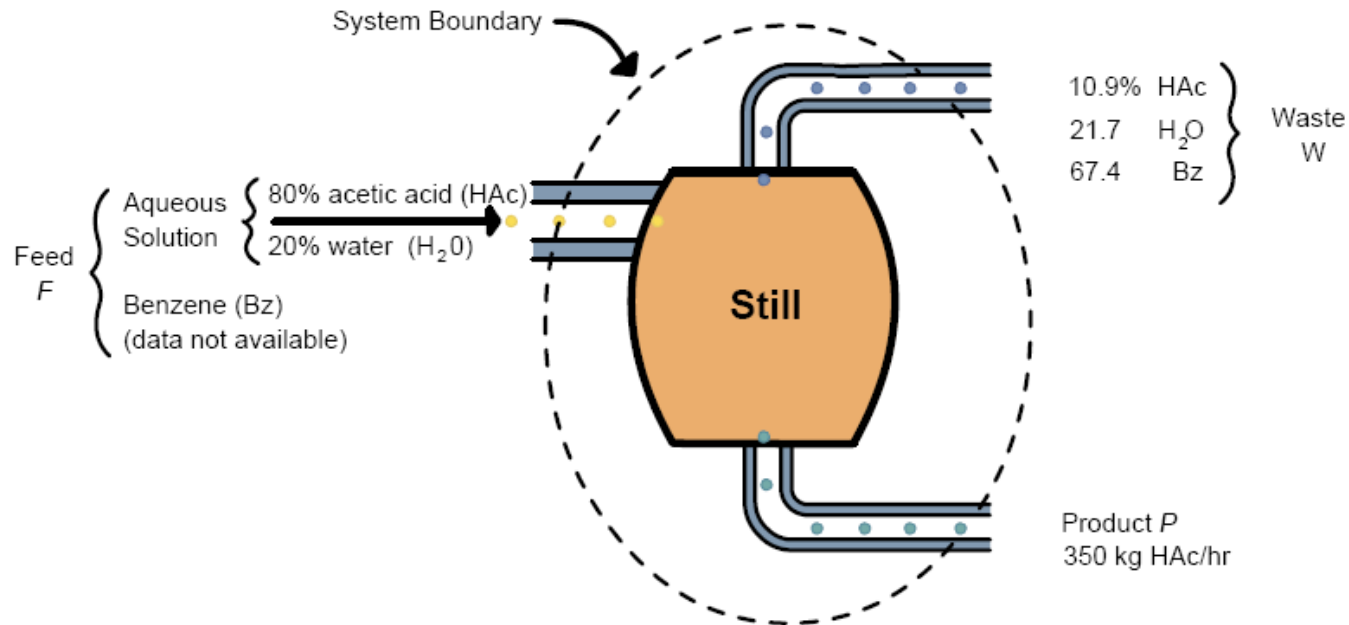
$$1100 + 1700 = 1200 + S_{\text{νερό}}^{\text{έξοδος}} \text{ επομένως : } S_{\text{νερό}}^{\text{έξοδος}} = 1600$$

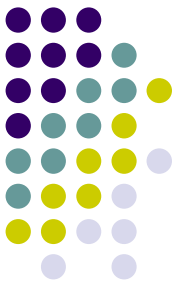
Τα ισοζύγια των συστατικών σε gr είναι:

|   | <u>g/L</u>                          |
|---|-------------------------------------|
| UR: $1.1(1.16) + 0 = 1.2(0.060) + 1.6 S_{\text{UR}}^{\text{out}}$ | $S_{\text{UR}}^{\text{out}} = 0.75$ |
| CR: $1.1(2.72) + 0 = 1.2(0.120) + 1.6 S_{\text{CR}}^{\text{out}}$ | $S_{\text{CR}}^{\text{out}} = 1.78$ |
| U: $1.1(18) + 0 = 1.2(1.51) + 1.6 S_{\text{U}}^{\text{out}}$      | $S_{\text{U}}^{\text{out}} = 11.2$  |
| P: $1.1(0.77) + 0 = 1.2(0.040) + 1.6 S_{\text{P}}^{\text{out}}$   | $S_{\text{P}}^{\text{out}} = 0.50$  |
| K: $1.1(5.77) + 0 = 1.2(0.120) + 16 S_{\text{K}}^{\text{out}}$    | $S_{\text{K}}^{\text{out}} = 3.8$   |
| Na: $1.1(13.0) + 0 = 1.2(3.21) + 1.6 S_{\text{Na}}^{\text{out}}$  | $S_{\text{Na}}^{\text{out}} = 6.53$ |

## Problem 7.4

A continuous still is to be used to separate acetic acid, water, and benzene from each other. On a trial run, the calculated data were as shown in the figure. Data recording the benzene composition of the feed were not taken because of an instrument defect. The problem is to calculate the benzene flow in the feed per hour. How many independent material balance equations can be formulated for this problem? How many variables whose values are unknown exist in the problem?





No reaction occurs in this problem and the process is in the steady state. Values of two streams,  $W$  and  $F$ , are not known if 1 hr is taken as a basis, nor is the concentration of the benzene in  $F$ ,  $\omega_{Bz,F}$ . (If you know the concentration of benzene in  $F$ , you know all the concentrations in the aqueous feed. Thus, we have three unknowns.

Three components exist in the problem, hence three mass balances can be written down (the units are kg):

| <u>Balance</u>    | <u><math>F</math> in</u>   | = | <u><math>W</math> out</u> | + | <u><math>P</math> out</u> |     |
|-------------------|----------------------------|---|---------------------------|---|---------------------------|-----|
| HAc:              | $0.80(1 - \omega_{Bz,F})F$ | = | $0.109W$                  | + | $350$                     | (a) |
| H <sub>2</sub> O: | $0.20(1 - \omega_{Bz,F})F$ | = | $0.217W$                  | + | $0$                       | (b) |
| Benzene:          | $\omega_{Bz,F}F$           | = | $0.67W$                   | + | $0$                       | (c) |

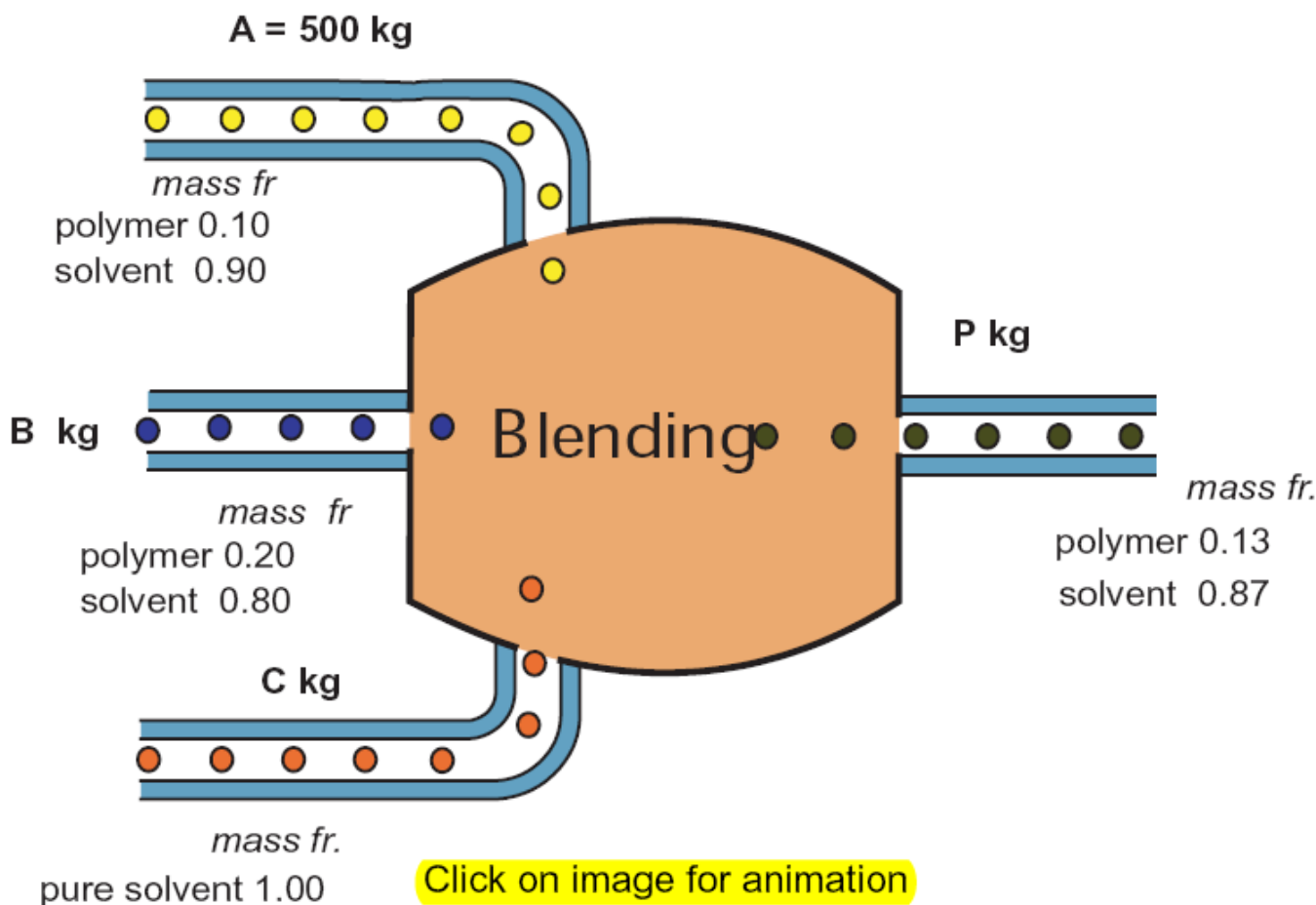
The total balance would be:  $F = W + 350$  (in kg). Are the three component balances independent? Because of the zero terms in the right-hand sides of Eqs. (b) and (c), no variation or combination of Eqs. (b) and (c) will lead to Eq. (a). Are Eqs. (b) and (c) redundant equations? No constant exists that when multiplied into Eq. (b) gives Eq. (c), hence the three mass balances are independent.

### Problem 8.1

A liquid adhesive, which is used to make laminated boards, consists of a polymer dissolved in a solvent. The amount of polymer in the solution has to be carefully controlled for this application. When the supplier of the adhesive receives an order for 3000 kg of an adhesive solution containing 13 wt % polymer, all it has on hand is (1) 500 kg of a 10 wt % solution, (2) a very large quantity of a 20 wt % solution, and (3) pure solvent.

Calculate the weight of each of the three stocks that must be blended together to fill the order. Use all of the 10 wt % solution.

*Steps 1, 2, 3 and 4*      This is a steady state process without reaction.





**Step 5** Basis: 3000 kg 13 wt % polymer solution

**Step 6** Two unknowns: B and C . (A is not an unknown since all of it must be used).

**Step 7 and 8** Two component balances and one total balance can be made. Only 2 of the balances are independent.

$$\text{Total balance: } 500 + B + C = 3000 \quad (1)$$

$$\text{Polymer balance: } 0.10 (500) + 0.20 B + 0.00 (C) = 0.13 (3000) \quad (2)$$

$$\text{Solvent balance: } 0.90 (500) + 0.80 B + 1.00 (C) = 0.87 (3000) \quad (3)$$

We will use equations (1) and (2).

**Step 9**

$$\text{from (2)} \quad 0.1 (500) + 0.20 B = 0.13 (3000)$$

$$\mathbf{B = 1700 \text{ kg}}$$

$$\text{from (1)} \quad 500 + 1700 + C = 3000$$

$$\mathbf{C = \hat{E}800 \text{ kg}}$$

**Step 10**

Equation (3) can be used as a check,

$$0.90 A + 0.80 B + C = 0.87 P$$

$$0.90 (500) + 0.80 (1700) + 800 = 2610 = 0.87 (3000) = 2610$$



## Δικτυακοί Τόποι

<http://www.engin.umich.edu/labs/mel/MnEBooklet.html>

<http://www.glue.umd.edu/~adomati/ench215/matlabintro.pdf>

<http://www.mapleapps.com/maplelinks/html/cpc2.html>

[http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/205-Knowledge Structure.pdf](http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/205-Knowledge%20Structure.pdf)