

Μηχανική Φυσικών Διεργασιών

<https://courses.chemeng.ntua.gr/mfd1/main>

Υλικό Υποστήριξης


- οι διαφάνειες + το υλικό στον ιστό
- 2 βιβλία στον Εύδοξο + 1 στον ιστό



Υλικό

Από τα παλιά χρόνια


Δημοσιεύτηκε Κυριακή 30 Σεπτεμβρίου 2018


 ΓΔ Σαραβάκος, 1973, Τεχνική Θερμικών Διεργασιών, ΕΜΠ.



Excel Process Design

Δημοσιεύτηκε Κυριακή 30 Σεπτεμβρίου 2018

 ZB Maroulis, GD Saravacos, 2003, Food Process Design, Marcel Dekker. Chapter 3: Computer Aided Process Design

 GD Saravacos, ZB Maroulis, 2011, Food Process Engineering Operations, CRC Press. Chapter 16: Spreadsheet Applications.

 Maroulis ZB, Kremalis C, 1995. Development of an effective cyclone simulator under Excel. Filtration and Separation, 32(10) 969-976.

Τεχνική Κατεργασιών
Μηχανική Φυσικών Διεργασιών
Engineering Process

Unit Operations



Unit Operations of Chemical Engineers
McCabe, Smith, Harriott, McGraw-Hill



Ελληνική Μετάφραση, Ζιόλας.
Εύδοξος



Οικονομικές, Κοινωνικές, Ψυχικές, κλπ
Μηχανική Διεργασιών



Σχεδιασμός Διεργασιών
Process Design



Food Process Design
Maroulis and Saravacos, Dekker, 2003



Σχεδιασμός Θερμικών Διεργασιών, ΕΜΤΠ, 2003.
Εύδοξος

Μηχανική Φυσικών Διεργασιών



Διάρκεια Μαθήματος
Χο, Χο, Χο.

κανονικά → μια ζωή
στα γρήγορα → 12 βδομάδες
αλλά αν βιαζόμαστε? → σε 2 ώρες



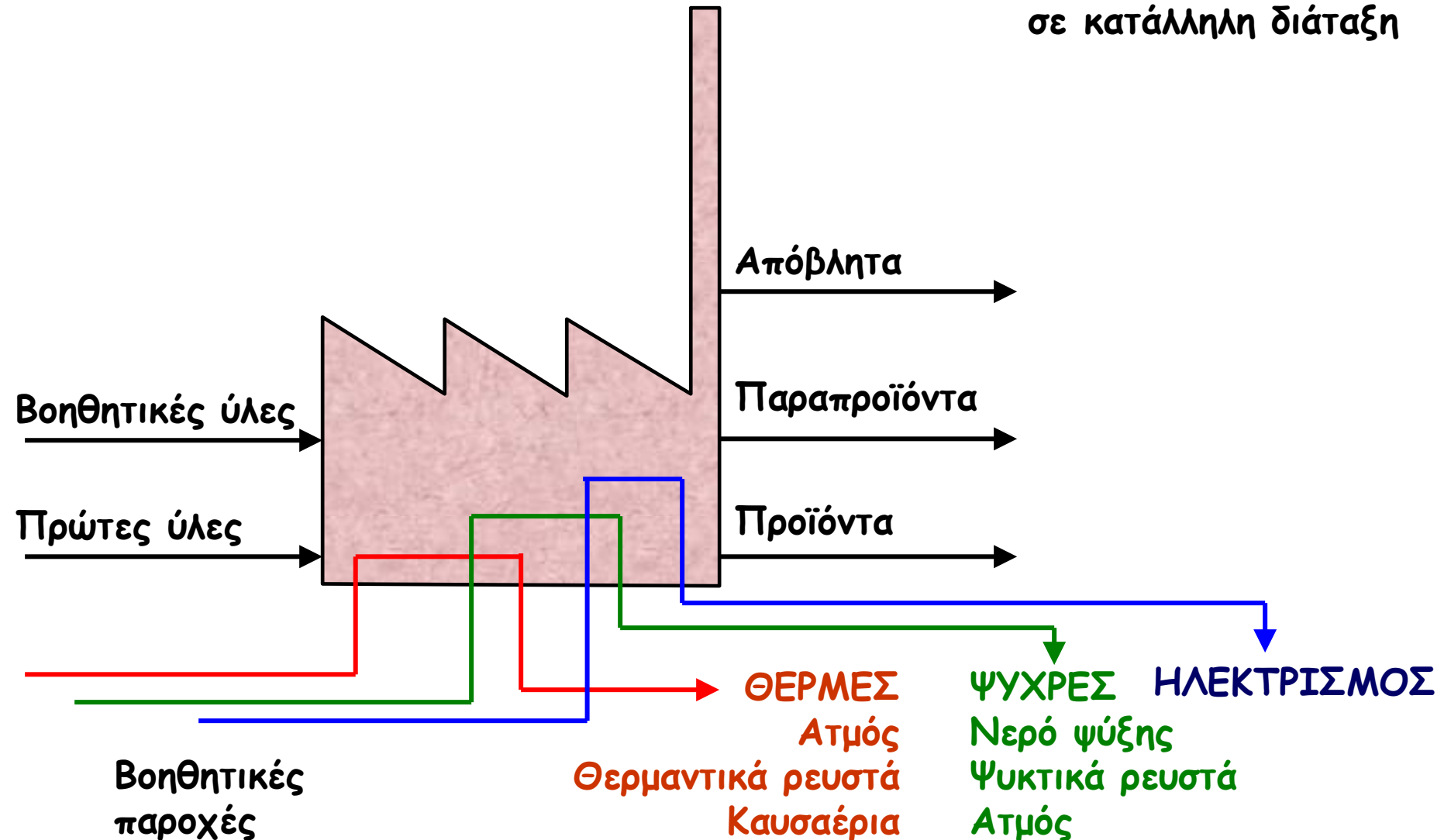
Εργαστήριο: από ανάγκη

Διαλέξεις: από πεποίθηση

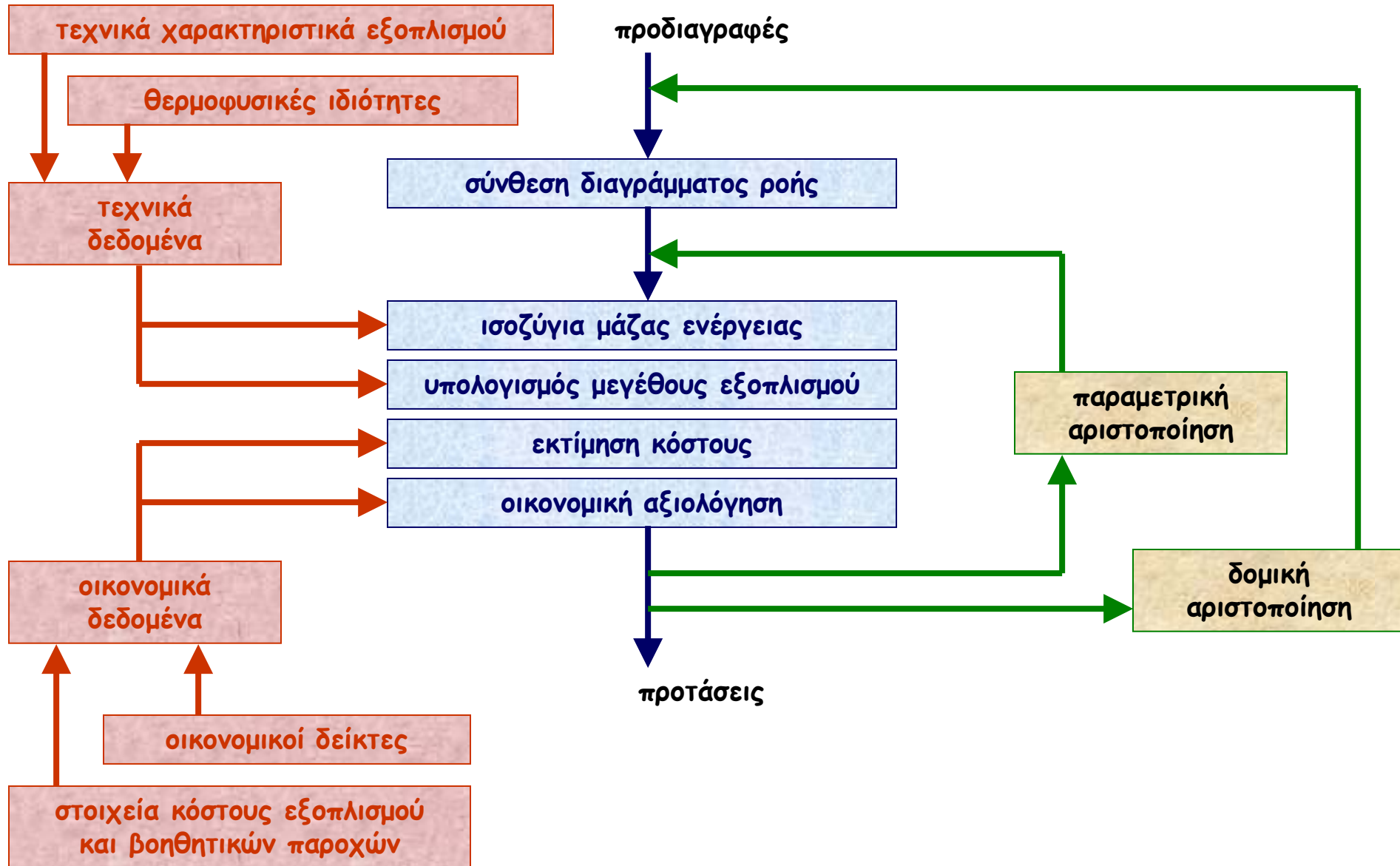
Η φυσιολογική σειρά (Αρχή-Μέση-Τέλος)
και η ανατροπή της

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

ένα σύνολο φυσικών και χημικών διεργασιών
σε κατάλληλη διάταξη



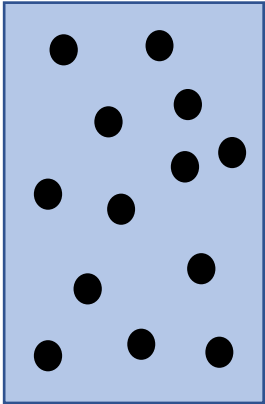
Διάγραμμα Ροής Πληροφοριών στο Βασικό Σχεδιασμό



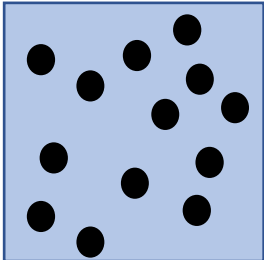
Διεργασίες
μερικά παραδείγματα

Εξατμιστήρας

Αραιό
Διάλυμα



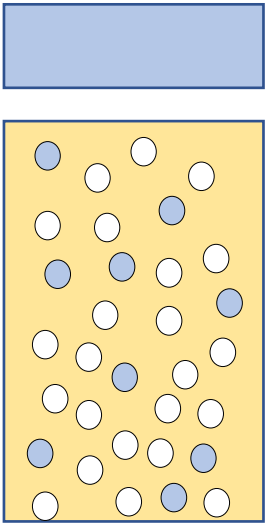
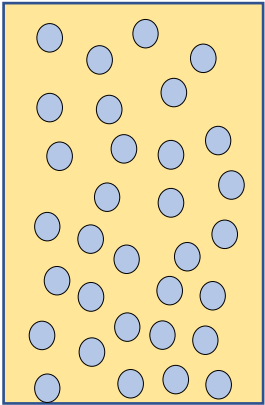
Καθαρός
Διαλύτης



Συμπυκνωμένο
Διάλυμα

Ξηραντήρας

Υγρό
Προϊόν

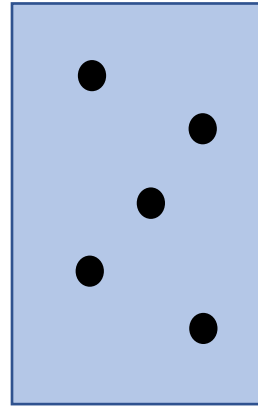
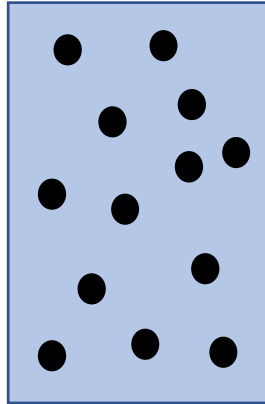


Διαλύτης

Ξηρό
Προϊόν

Κυκλώνας

Αέρια
με σωματίδια



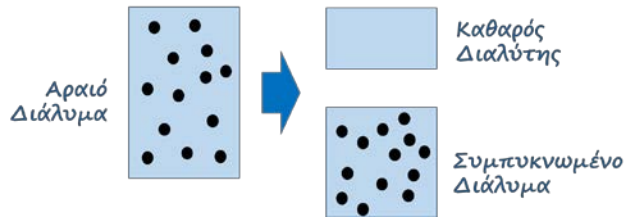
Καθαρότερα
Αέρια



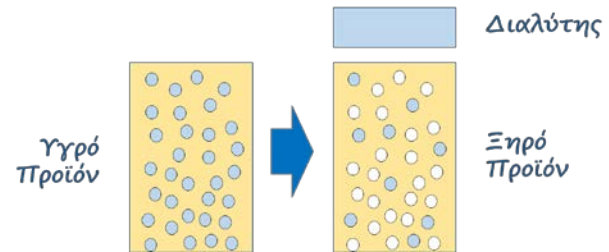
Απομακρυνόμενα
σωματίδια

μερικά προβλήματα που θα λύσουμε

Εξατμιστήρας



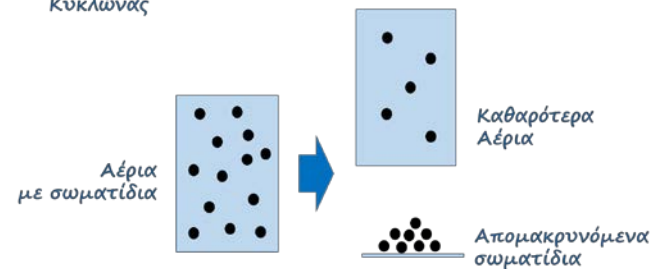
Ξηραντήρας



- (1) Προσαρμογή μοντέλων σε πειραματικά δεδομένα
- (2) Επίλυση μοντέλων στο Excel

- (1) Επίλυση δύο προβλημάτων
 - (α) Σχεδιασμού
 - (β) Λειτουργίας
- (2) Εφαρμογή στο Excel

Κυκλώνας

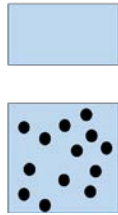
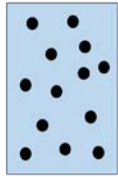


Χο, Χο, Χο.

Ένας ολόκληρος προσομοιωτής

Εξατμιστήρας

Αραιό
Διάλυμα

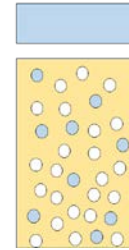
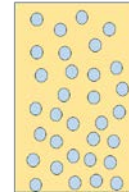


Καθαρός
Διαλύτης

Συμπυκνωμένο
Διάλυμα

Ξηραντήρας

Υγρό
Προϊόν



Διαλύτης

Ξηρό
Προϊόν

μερικές ακόμη Διεργασίες

Κυκλώνας

Αέρια
με σωματίδια

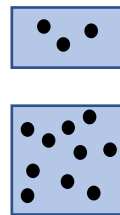
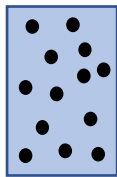


Καθαρότερα
Αέρια

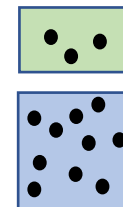
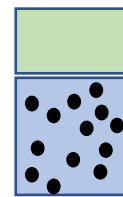


Απομακρυνόμενα
σωματίδια

Απόσταξη



Εκχύλιση



Σκοπός Εργαστηρίου

- (1) Ανάπτυξη του διαγράμματος ροής και οργάνων.
- (2) Κατανόηση των σταθερών και μεταβατικών συνθηκών λειτουργίας.
- (3) Διατύπωση των ισοζυγίων μάζας και ενέργειας.
- (4) Ποσοτικές εκτιμήσεις βασικών μεγεθών και ιδιοτήτων.
- (5) Σύγκριση με τα προβλεπόμενα από βιβλιογραφικά δεδομένα ή/και μαθηματικά μοντέλα.
- (6) Πειραματικό σφάλμα (τυχαίο ή συστηματικό, εκτίμηση με επαναλήψεις ή διάδοση).
- (7) Χρήση των αποτελεσμάτων στην απάντηση τεχνικών ερωτημάτων.
- (8) Προσαρμογή μαθηματικών μοντέλων σε πειραματικά δεδομένα.
- (9) Αναμόρφωση πειραματικών δεδομένων.
- (10) Σχεδιασμός, κλιμάκωση μεγέθους, κλπ.

Κατάλογος Ασκήσεων

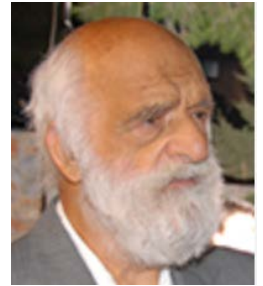
Άσκηση

- 1 Εναλλαγή Θερμότητας
 - 2 Ξήρανση
 - 3 Απόσταξη
 - 4 Εκχύλιση
 - 5 Κρυστάλλωση
 - 6 Ρευστοποίηση Κλίνης
-

Οδηγός Συγγραφής Εκθέσεων

- Εξώφυλλο
- Περίληψη
- Πίνακας Περιεχομένων
- (1) Εισαγωγή. Το αντικείμενο και οι Στόχοι.
- (2) Πειραματική Διάταξη – Διαδικασία – Μετρήσεις
- (3) Επεξεργασία Πειραματικών Μετρήσεων
- (4) Συμπεράσματα
- (5) Βιβλιογραφία
- Παραρτήματα

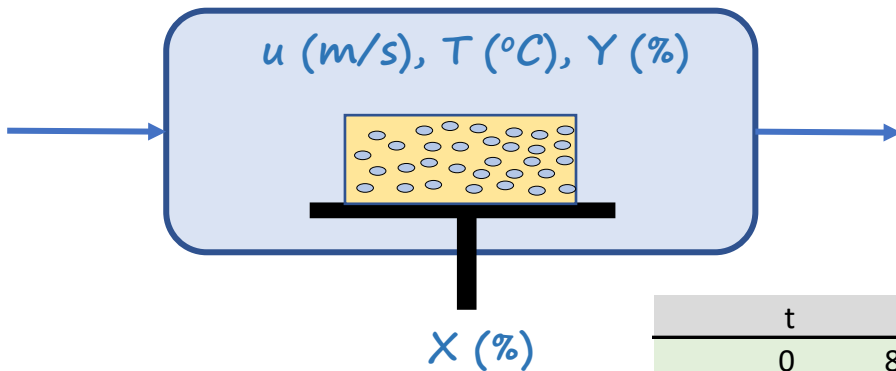
ο τύπος
και η ουσία



2. Ξήρανση

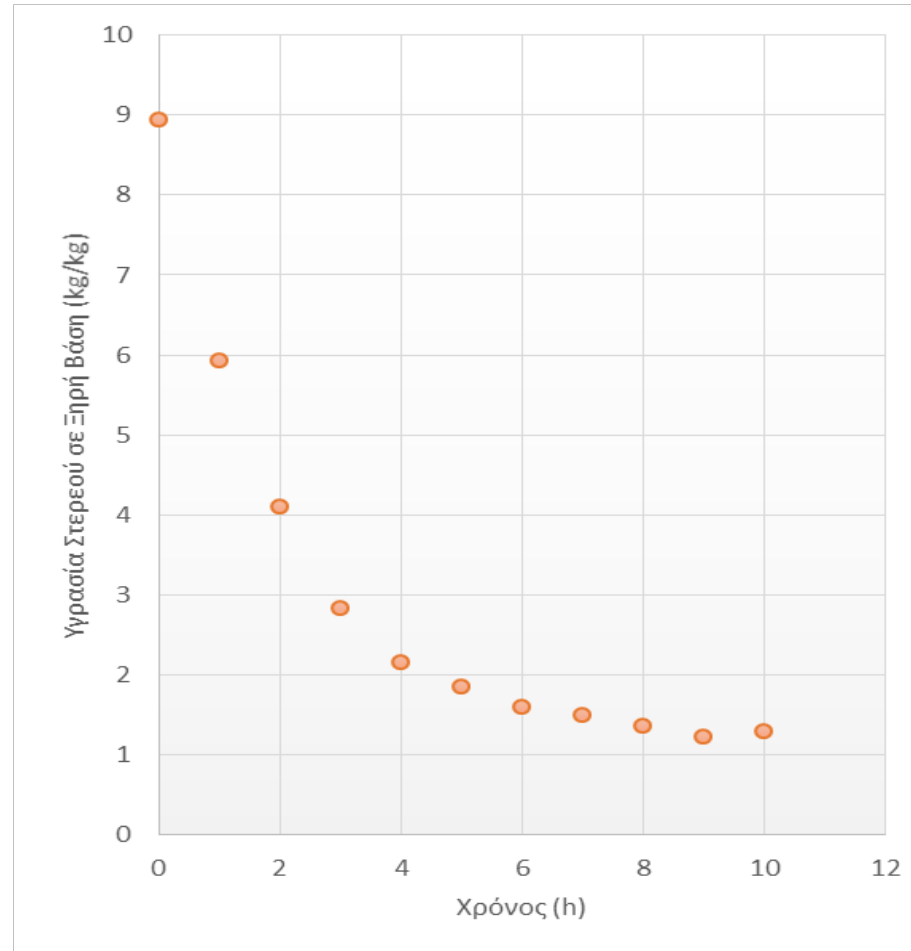
Ένα Πείραμα σε Ξηραντήρα Ρεύματος Αέρα

το διάγραμμα ροής



οι μετρήσεις $X(t)$

t	X
0	8.94
1	5.94
2	4.11
3	2.84
4	2.16
5	1.86
6	1.60
7	1.51
8	1.37
9	1.22
10	1.30



Το μαθηματικό Μοντέλο

Κινητική Πρώτης Τάξης: $dX/dt = -k (X - X_e)$

Ολοκλήρωση: $X = X_e + (X_0 - X_e) \exp(-kt)$

Οι παράμετροι: X_0 , X_e , k .

Να δούμε λίγο πιο πέρα από τη μύτη μας:



Είπαμε:

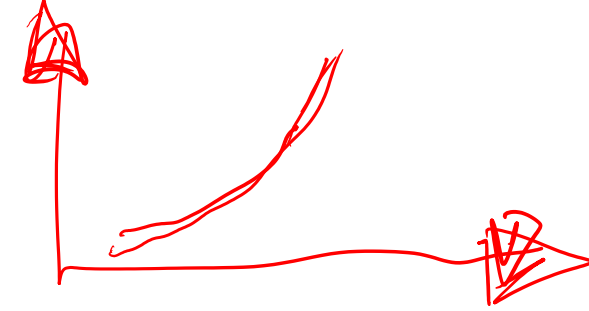
$$dX/dt = k(Xe-X)$$

ο δρόμος προς την ισορροπία, δηλαδή του τέλους.

Αν όμως:

$$dX/dt = kX$$

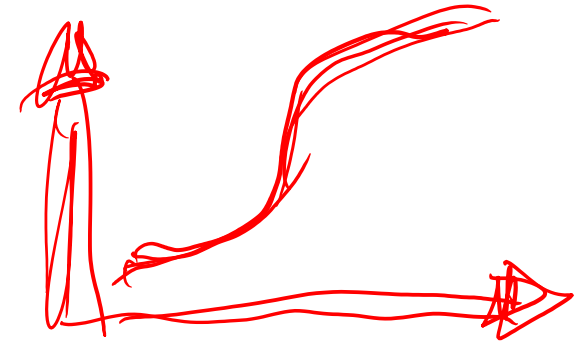
ο δρόμος της ανάπτυξης, δηλαδή της αρχής.



Και ο συνδυασμός τους:

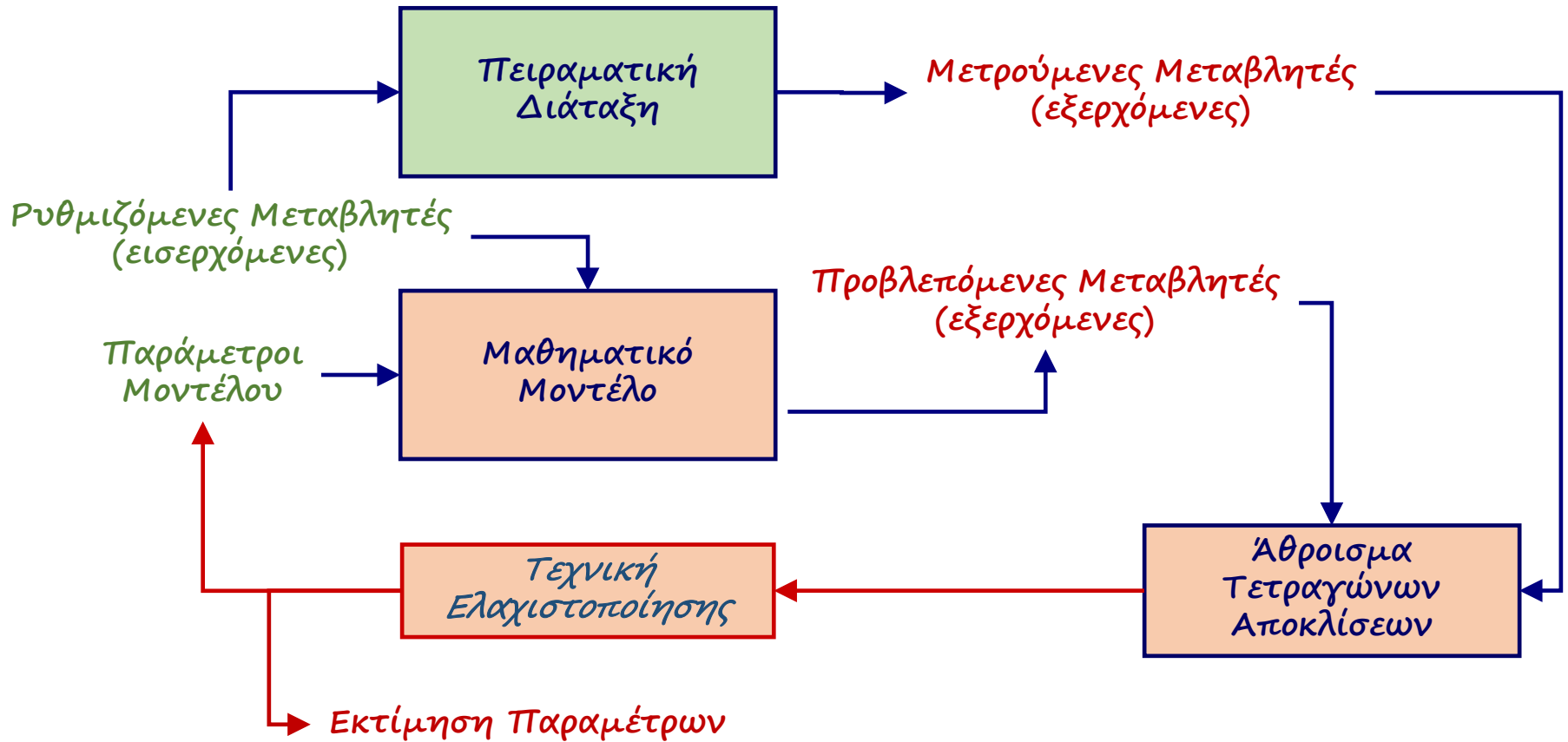
$$dX/dt = kX(Xe-X)$$

ο νόμος της ζωής.



... θα τα ξαναπούμε.

Πειραματική Επαλήθευση Μαθηματικών Μοντέλων



Ξήρανση Χαρτοπολτού σε Ξηραντήρα Περιστρεφόμενου Τύμπανου

Χαρτοπολτός με παροχή $F=10\text{t/h db}$ (ξηρή βάση) ξηραίνεται στην επιφάνεια περιστρεφόμενου τύμπανου από αρχική υγρασία $X_0=1.25\text{kg/kg db}$ σε τελική $X=0.05\text{kg/kg db}$.

Στο εσωτερικό του τύμπανου καταναλώνεται κορεσμένος ατμός $P_s=7\text{bar}$ με παροχή $F_s=10\text{t/h}$.

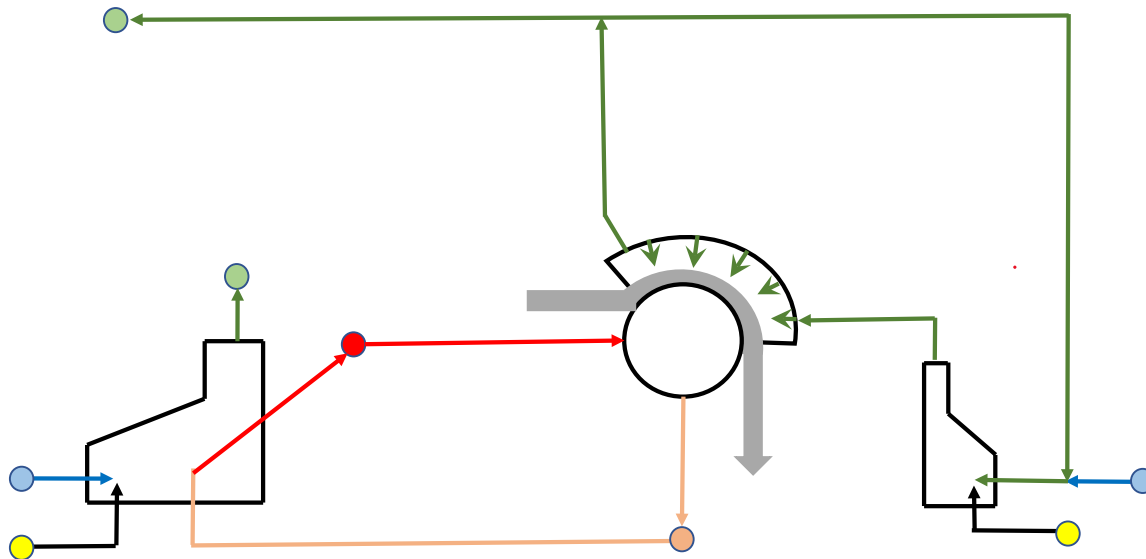
Ο ατμός παράγεται σε λέβητα φυσικού αερίου.

Εξωτερικά του τύμπανου και εντός του καλύμματος μέσω ακροφυσίων εκτοξεύονται καυσαέρια με παροχή $F_g=120\text{t/h db}$, θερμοκρασία $T_0=470^\circ\text{C}$ και υγρασία $Y_0=0.30\text{kg/kg db}$.

Το μεγαλύτερο μέρος ($3/4$) των καυσαερίων επανακυκλοφορεί

ενώ το υπόλοιπο απορρίπτεται με παροχή $F_r=30\text{kg/h db}$, θερμοκρασία $T=350^\circ\text{C}$ και υγρασία $Y=0.40\text{kg/kg db}$.

Τα καυσαέρια παράγονται σε καυστήρα φυσικού αερίου.



1 Ισοζύγια Μάζας και Ενέργειας

Να διατυπωθούν, να εξηγηθούν, να υπολογισθούν και να αναλυθούν τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας.

2 Ανάκτηση θερμότητας από τα καυσαέρια

Σχεδιάζεται η ανάκτηση θερμότητας από τα απορριπτόμενα καυσαέρια προς παραγωγή ατμού.

- (α) Να υπολογιστεί η ποσότητα του ατμού 7 bar που μπορεί να παραχθεί και να προστεθεί στο δίκτυο του ατμού αν τα επιστρεφόμενα συμπυκνώματα που θα χρησιμοποιηθούν είναι στους 100°C.
- (β) Να υπολογιστεί το μέγεθος του απαιτούμενου εναλλάκτη υποθέτοντας λογικές τιμές των επιφανειακών συντελεστών μεταφοράς θερμότητας.
- (γ) Να σχεδιαστεί το διάγραμμα ροής.
- (δ) Να σχεδιαστεί το διάγραμμα θερμοκρασίας συναρτήσει της ενθαλπίας.

3 Οικονομική αξιολόγηση της ιδέας παραγωγής ατμού από τα καυσαέρια

- (α) Να διατυπώσετε τις εξισώσεις που περιγράφουν ένα κριτήριο οικονομικής αξιολόγησης.
- (β) Να προσδιορίσετε τα απαιτούμενα τεχνικά και οικονομικά δεδομένα για την εφαρμογή του παραπάνω κριτηρίου.
- (γ) Να υποθέσετε λογικές τιμές για τα παραπάνω δεδομένα (β), να υπολογίσετε την τιμή του κριτηρίου (α) και να αποφανθείτε για την ελκυστικότητα του εγχειρήματος.

Ενδεικτικά δεδομένα:

Σταθερές εξίσωσης Antoine για το νερό: $a_1=11.9$, $a_2=3950$, $a_3=232$ όπου η πίεση σε bar και η θερμοκρασία σε °C.

Μέση ειδική θερμότητα ξηρού αέρα $C_{PA}= 1.04$ kJ/kgC.

Μέση ειδική θερμότητα υδρατμού $C_{PV}=1.88$ kJ/kgC

Μέση ειδική θερμότητα νερού $C_{PL}=4.18$ kJ/kgC

Μέση ειδική θερμότητα ξηρού χαρτιού $C_{PS}=2.00$ kJ/kgC

Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης νερού στους 0°C $\Delta H_o=2.50$ MJ/kg.

Κρίσιμη θερμοκρασία νερού 374 °C