



Σχεδιασμός και βελτιστοποίηση περιβαλλοντικών συστημάτων I

Μάθημα 2^ο

*(Ανασκόπηση Υποσυστημάτων και Διεργασιών
σε Ολοκληρωμένα Περιβαλλοντικά Συστήματα)*

Δρ. Ιψάκης Δημήτρης

Χημικός Μηχανικός, Έκτακτο Διδακτικό Προσωπικό ΠΔΜ

Ποια υποσυστήματα (εξοπλισμός) συναντάμε σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα?



- *Αντιδραστήρες*
- *Συστήματα διαχωρισμού μιγμάτων (υγρής, αέριας, στερεής φάσης)*
- *Συστήματα εναλλαγής θερμότητας*
- *Συστήματα μεταφοράς ρευστών και αύξησης/μείωσης πίεσης*
- *Συστήματα αποθήκευσης*



ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΩΝ



Αντιδραστήρες

- ❑ Χημικός αντιδραστήρας θεωρείται κάθε συσκευή κατά την οποία συμβαίνει μια αντίδραση (φυσικοχημική ή βιοχημική).

- ❑ Στόχος της λειτουργίας ενός αντιδραστήρα είναι η μετατροπή πρώτων υλών σε επιθυμητά προϊόντα.

- ❑ Σημαντικά στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη σε έναν αντιδραστήρα αποτελούν:
 - ✓ *η θερμοκρασία*
 - ✓ *η πίεση*
 - ✓ *η παρουσία καταλύτη*
 - ✓ *η φάση των αντιδρώντων/προϊόντων (ομογενής/ετερογενής) και*
 - ✓ *οι ενώσεις που συμμετέχουν στις αντιδράσεις ή βρίσκονται εντός του αντιδραστήρα (π.χ. προσμίξεις, αδρανή).*

- ❑ Άλλα στοιχεία που χαρακτηρίζουν έναν αντιδραστήρα αποτελούν τα πρότυπα ροής και ανάμιξης, παρουσία θέρμανσης/ψύξης, οι διαστάσεις του (μήκος, διάμετρος, όγκος) και ο τύπος λειτουργίας του (συνεχής, ασυνεχής, κτλ).



Αντιδραστήρες

Αντιδραστήρες διαλείποντος έργου (Batch Reactors)

- ❑ Η λειτουργία τους δεν είναι συνεχής.
- ❑ Χρησιμοποιούνται για αντιδράσεις που τελούνται κυρίως στην υγρή φάση παρουσία ή μη καταλύτη υπό συνεχή ανάδευση.
- ❑ Η ανάδευση βοηθάει στην δημιουργία ομογενούς φάσης (απουσία φαινομένων μεταφοράς μάζας) και σε ομοιόμορφη θερμοκρασία (απουσία φαινομένων μεταφοράς θερμότητας).



Αντιδραστήρες

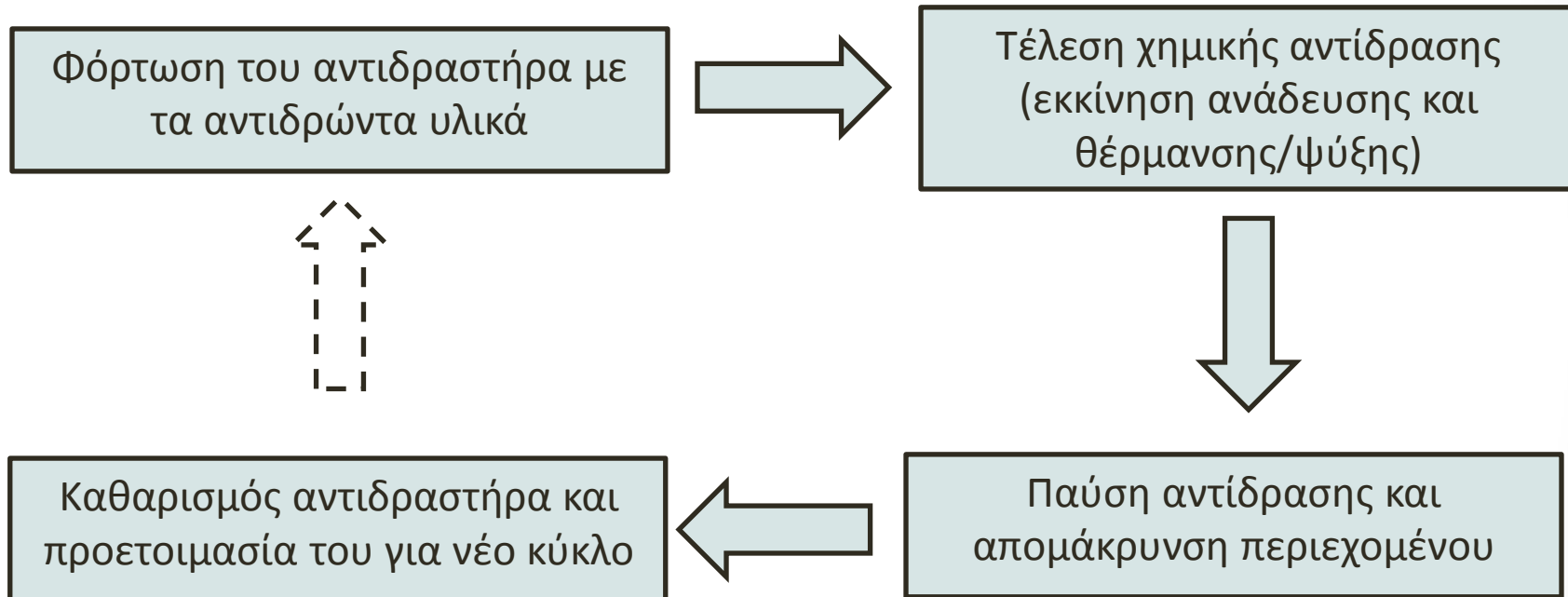
Αντιδραστήρες διαλείποντος έργου (Batch Reactors)

- ❑ Αξιοποιούνται κυρίως για την παραγωγή μικρών ποσοτήτων ειδικών προϊόντων (φάρμακα, πολυμερή, κλπ)
- ❑ Επίσης, μπορούν να αξιοποιηθούν για ερευνητικούς σκοπούς (π.χ. κινητική μελέτη, αξιολόγηση τροφοδοσιών, καταλυτικών υλικών, κτλ).
- ❑ Χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος λειτουργίας.



Αντιδραστήρες

Αντιδραστήρες διαλείποντος έργου (Batch Reactors)





Αντιδραστήρες

Αντιδραστήρες ημι-συνεχούς λειτουργίας (Semi-Batch Reactors)

- ❑ Ο αντιδραστήρας φορτώνεται αρχικά μ' ένα ή περισσότερα συστατικά.
- ❑ Τα υπόλοιπα αντιδρώντα προστίθενται συνεχώς στον αντιδραστήρα κατά τη διάρκεια της αντίδρασης, με ή χωρίς ταυτόχρονη απομάκρυνση των προϊόντων της αντίδρασης από τον αντιδραστήρα.
- ❑ Οι αντιδραστήρες ημι-συνεχούς λειτουργίας χρησιμοποιούνται κυρίως στις περιπτώσεις εκείνες, που θέλουμε να διατηρήσουμε τη συγκέντρωση ενός αντιδραστηρίου χαμηλή.
- ❑ Επίσης χρησιμοποιούνται ώστε να επιτύχουμε καλύτερο έλεγχο της θερμοκρασίας (λόγω του υψηλού θερμοτονισμού της αντίδρασης) ή/και να ελαττώσουμε την παραγωγή ανεπιθύμητων παραπροϊόντων.



Αντιδραστήρες

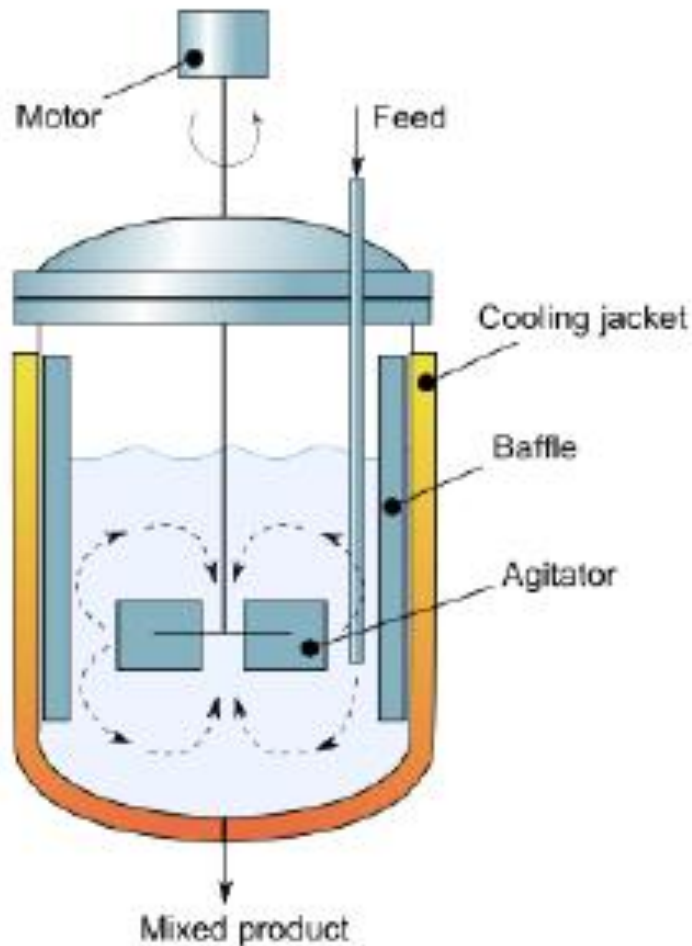
Αντιδραστήρες Συνεχούς και Πλήρους Ανάμιξης (CSTR)

- ❑ Η ροή μάζας στην είσοδο του αντιδραστήρα είναι σταθερή και ίση με την εκροή μάζας από αυτόν (σε μόνιμη κατάσταση).
- ❑ Ο συγκεκριμένος τύπος αντιδραστήρα είναι κατάλληλος για την διεξαγωγή χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα σε υγρή φάση.
- ❑ Η ανάδευση βοηθάει στην δημιουργία ομογενούς φάσης (απουσία φαινομένων μεταφοράς μάζας) και σε ομοιόμορφη θερμοκρασία (απουσία φαινομένων μεταφοράς θερμότητας).
- ❑ Η θερμοκρασία και οι συγκεντρώσεις όλων των συστατικών στην έξοδο του αντιδραστήρα είναι ακριβώς ίδιες με εκείνες που επικρατούν μέσα στον αντιδραστήρα.



Αντιδραστήρες

Αντιδραστήρες Συνεχούς και Πλήρους Ανάμιξης (CSTR)



Η ίδια διάταξη εμφανίζεται και στον αντιδραστήρα ασυνεχούς λειτουργίας με την διαφορά ότι η εισροή/εκροή δεν είναι συνεχής.



Αντιδραστήρες

Αντιδραστήρες Εμβολικής Ροής (Plug Flow Reactor)

- Οι αντιδραστήρες αυτοί είναι συνεχούς λειτουργίας.
- Οι αυλωτοί αντιδραστήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε αντιδράσεις στην υγρή όσο και σε αντιδράσεις στην αέρια φάση.
- Οι αντιδραστήρες αυτοί μπορούν να συνοδεύονται με μανδύα θέρμανσης/ψύξης.



Αντιδραστήρες

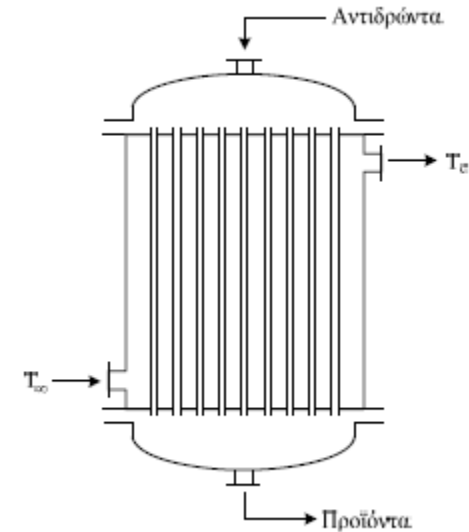
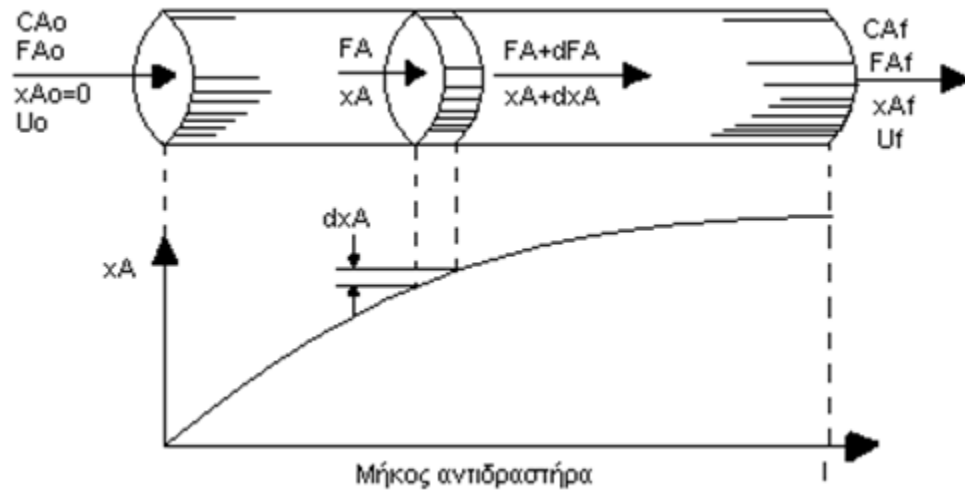
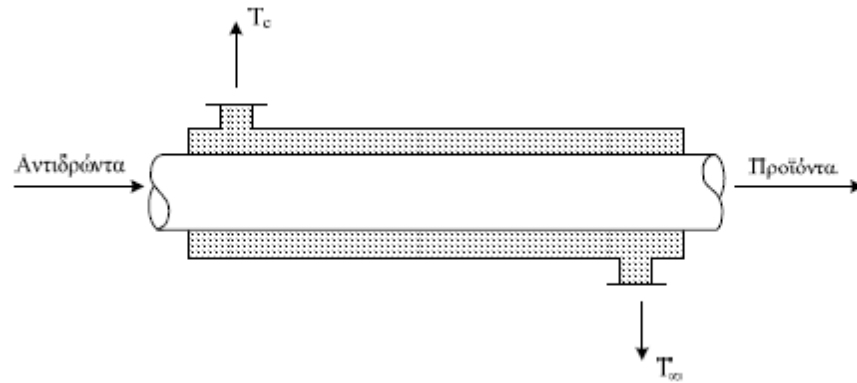
Αντιδραστήρες Εμβολικής Ροής (Plug Flow Reactor)

- ❑ Ονομάζονται και αυλωτοί αντιδραστήρες εμβολικής ροής, λόγω της φυσικής τους διαμόρφωσης (αυλοί) και των συνθηκών ροής (εμβολικής ροής).
- ❑ Οι συγκεντρώσεις των αντιδραστηρίων και η θερμοκρασία μεταβάλλονται κατά την αξονική κατεύθυνση.
- ❑ Οι συγκεντρώσεις των αντιδραστηρίων και η θερμοκρασία (συνήθως) είναι ανεξάρτητες της ακτινικής θέσης τους στον αντιδραστήρα (επικρατούν ομοιόμορφες συνθήκες σε μία διατομή του αντιδραστήρα).



Αντιδραστήρες

Αντιδραστήρες Εμβολικής Ροής (Plug Flow Reactor)

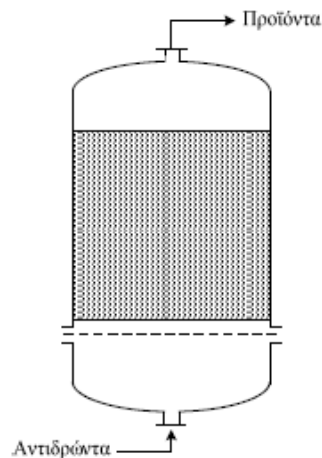




Αντιδραστήρες

Αντιδραστήρες Σταθερής Κλίνης (Fixed Bed Reactor)

- ❑ Οι αντιδραστήρες αυτοί είναι συνήθως κυλινδρικού τύπου και περιέχουν τον καταλύτη υπό μορφή σταθερού στρώματος.
- ❑ Τα αντιδρώντα εισέρχονται συνεχώς στον αντιδραστήρα και ρέουν διαμέσου του καταλυτικού στρώματος και μετατρέπονται σε επιθυμητά προϊόντα.
- ❑ Ο καταλύτης μπορεί να είναι υπό μορφή σκόνης, πελλέτας, σφαιρικών σωματιδίων κτλ και να περιέχεται σε έναν ή περισσότερους αυλούς (συμπεριφορά αντιδραστήρα τύπου εμβολικής ροής).





Αντιδραστήρες

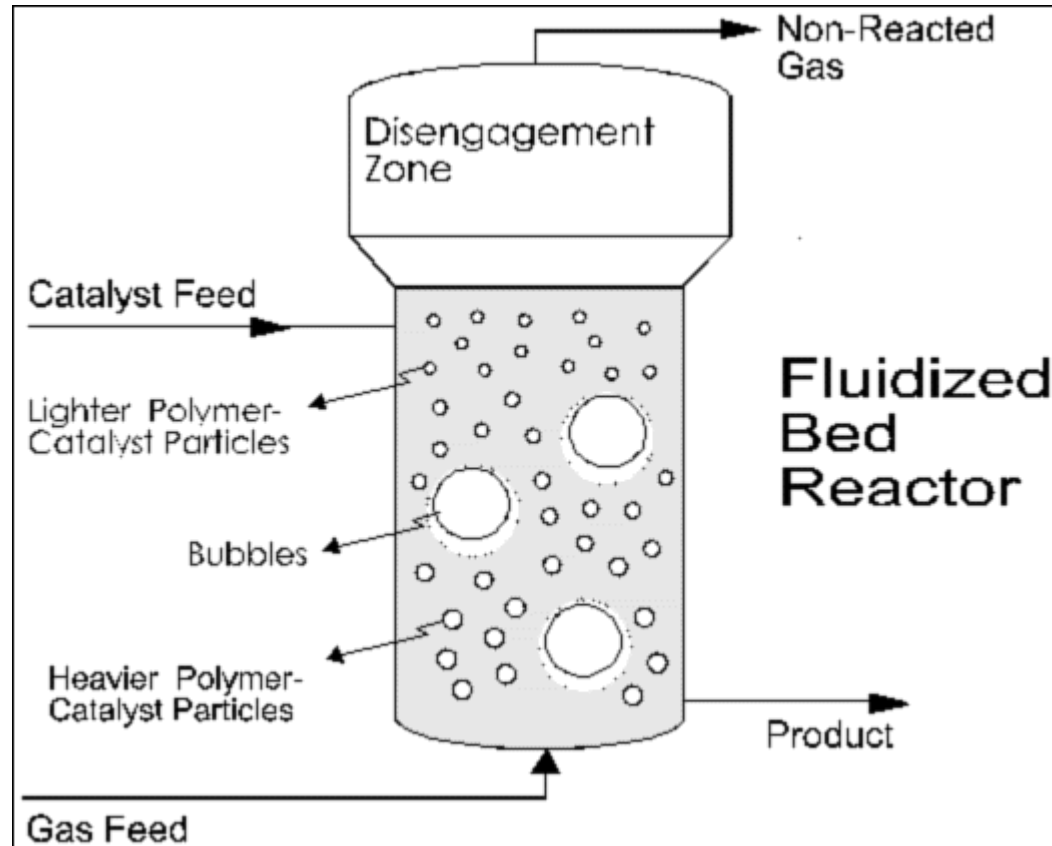
Αντιδραστήρες Ρευστοστερεάς Κλίνης (Fluid or Fluidized Bed Reactor)

- ❑ Οι αντιδραστήρες ρευστοστερεάς κλίνης αποτελούν μία ειδική κατηγορία των καταλυτικών κυρίως αντιδραστήρων.
- ❑ Περιέχουν μία ποσότητα στερεού (καταλύτης) ο οποίος με την βοήθεια ενός αερίου (αδρανούς ή μίγματος αντιδρώντων) ρευστοαιωρείται με κατάλληλη επιλογή της ροής του αερίου.
- ❑ Στην επιφάνεια των καταλυτικών σωματιδίων λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις.
- ❑ Η ομοιόμορφη θερμοκρασία και ανάμιξη των συστατικών αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα αυτών των αντιδραστήρων.
- ❑ Όμως, ο έλεγχος της λειτουργίας τους αποτελεί πρόκληση...



Αντιδραστήρες

Αντιδραστήρες Ρευστοστερεάς Κλίνης (Fluid or Fluidized Bed Reactor)





ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΩΝ



Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Υγρού - Υγρού

Απόσταξη

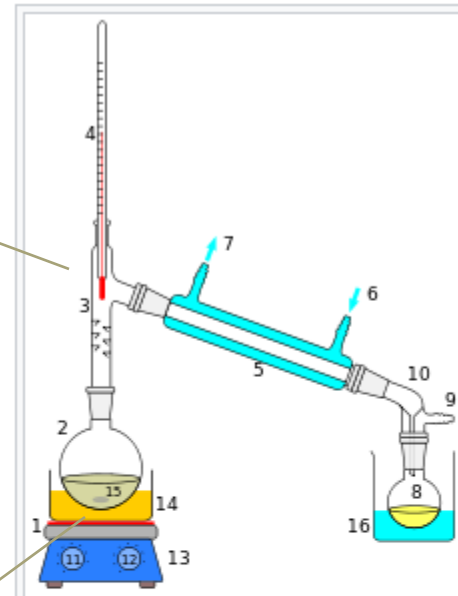
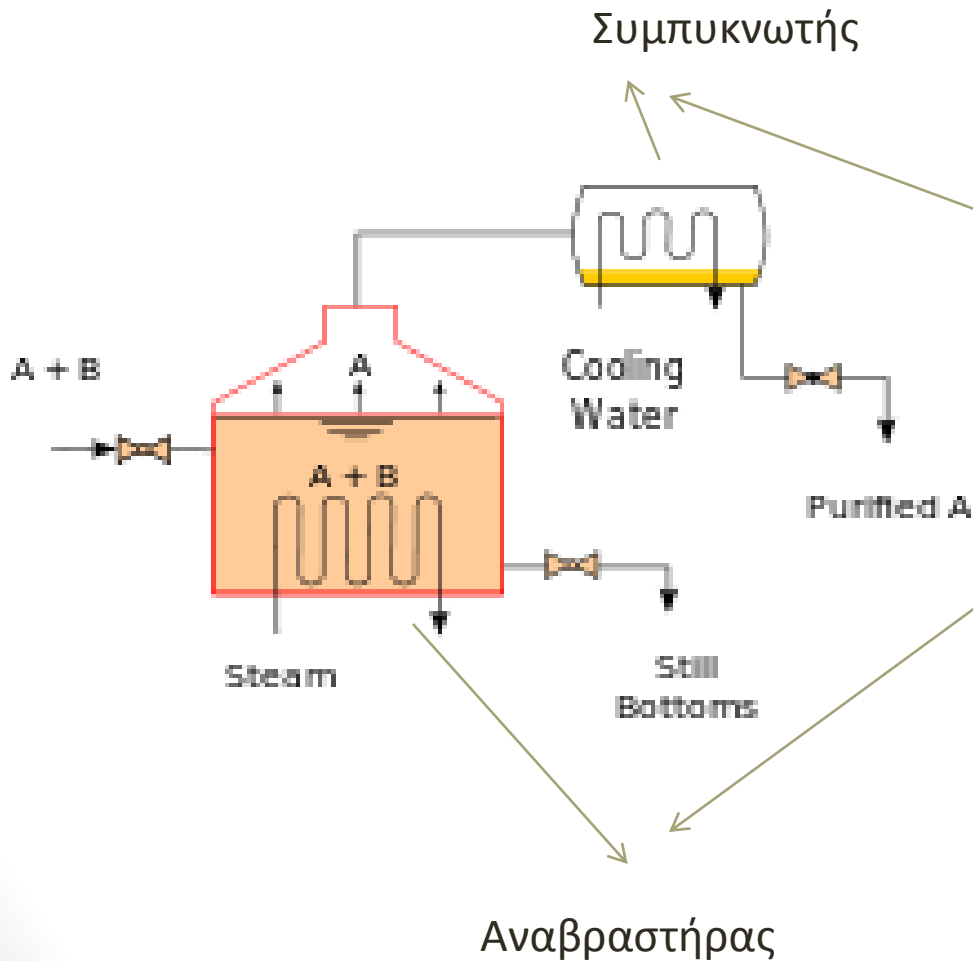
- Απόσταξη ονομάζεται η μέθοδος με την οποία απομονώνεται ένα υγρό συγκεκριμένου σημείου βρασμού από ένα μείγμα υγρών συστατικών.
- Κατά την απόσταξη θερμαίνεται ένα μείγμα που περιέχει μίγμα N υγρών συστατικών. Με βάση την θερμοκρασία απόσταξης, δημιουργούνται ατμοί και μέσω ενός συμπυκνωτή, ψύχονται και διαχωρίζονται μετατρέπονται σε "καθαρότερη μορφή υγρού« (π.χ. διαχωρισμός νερού-αιθανόλης).
- Απόσταξη υπό κενό είναι μία μέθοδος απόσταξης στην οποία η πίεση είναι μικρότερη από την τάση ατμών του υγρού μίγματος (συνήθως μικρότερη από την ατμοσφαιρική). Επειδή η θερμοκρασία βρασμού μιας ουσίας είναι ανάλογη της πίεσης, το πτητικό συστατικό θα εξατμιστεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία.



Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Υγρού - Υγρού

Απόσταξη



Laboratory display of distillation: 1: A source of heat 2: Round bottomed flask 3: Still head 4: Thermometer/Boiling point temperature 5: Condenser 6: Cooling water in 7: Cooling water out 8: Distillate/receiving flask 9: Vacuum/gas inlet 10: Still receiver 11: Heat control 12: Stirrer speed control 13: Stirrer/heat plate 14: Heating (Oil/sand) bath 15: Stirring means e.g. (shown), boiling chips or mechanical stirrer 16: Cooling bath.^[1]

Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων



Διαχωρισμός Υγρού - Υγρού

Κλασματική Απόσταξη

- ❑ Κλασματική απόσταξη ονομάζεται η ίδια μέθοδος με τη διαφορά ότι σ' αυτή επιχειρείται απόσταξη υγρών (με διαφορετικά σημεία βρασμού), που βρίσκονται στο ίδιο μείγμα.
- ❑ Στην κλασματική απόσταξη κάθε υγρό βράζει σε διαφορετική θερμοκρασία, γεγονός που επιτρέπει τη συγκέντρωση - και αντίστοιχα συμπύκνωση - των ατμών τους ξεχωριστά.
- ❑ Σημειώνεται ότι ορισμένα μείγματα υγρών είναι αδύνατο να διαχωριστούν με αυτή τη μέθοδο, καθώς και τα δύο συστατικά ζέουν στην ίδια θερμοκρασία. Ένα τέτοιο μείγμα ονομάζεται αζεοτροπικό (π.χ. αιθυλική αλκοόλη και νερό).



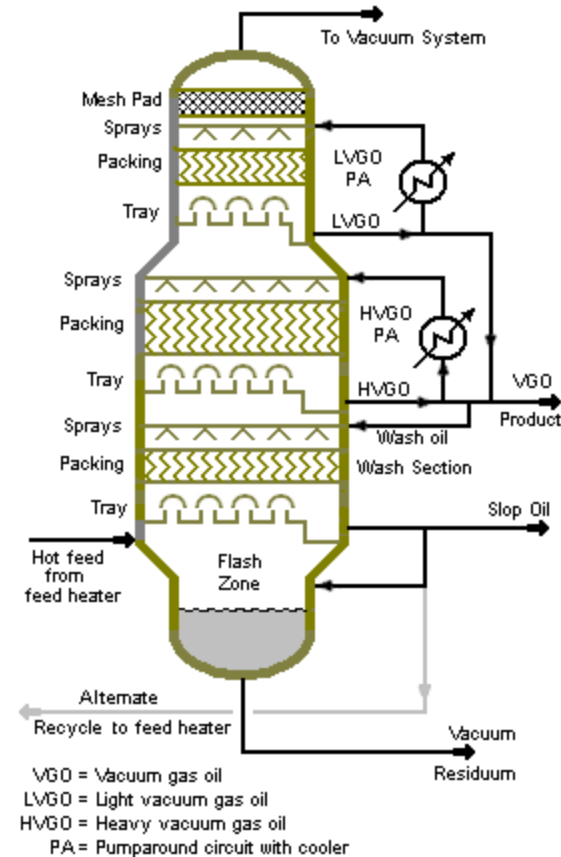
Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Υγρού - Υγρού

Κλασματική Απόσταξη

Είναι ευνόητο ότι η απομόνωση υγρών με κλασματική απόσταξη ξεκινά από το υγρό που έχει το χαμηλότερο σημείο βρασμού. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στη βιομηχανία του πετρελαίου, για το διαχωρισμό του αργού πετρελαίου στα συστατικά του.

Η απόσταξη (κλασματική ή απλή) λαμβάνει χώρα σε δίσκους ή πληρωτικό υλικό (θεωρητικές βαθμίδες).





Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Υγρού - Υγρού

Εκχύλιση

- ❑ Εκχύλιση υγρού/υγρού ονομάζεται η φυσική διεργασία διαχωρισμού ενός ή περισσοτέρων συστατικών ενός υγρού μίγματος με κατεργασία του με κατάλληλο διαλύτη, στον οποίο το(α) συστατικό(α) αυτό(α) διαλύεται εκλεκτικά.
- ❑ Το σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι ο διαχωρισμός των ενώσεων βασίζεται σε διαφορές στη διαλυτότητα (και όχι σε διαφορές στην πτητικότητα, όπως γίνεται στην απόσταξη).
- ❑ Η εκχύλιση υγρού/υγρού εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου η απόσταξη δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική:

α) όταν η σχετική πτητικότητα των συστατικών του μίγματος είναι παραπλήσια της μονάδας

β) τα σημεία ζέσης των συστατικών είναι πολύ κοντά (αζεοτροπικά μίγματα)

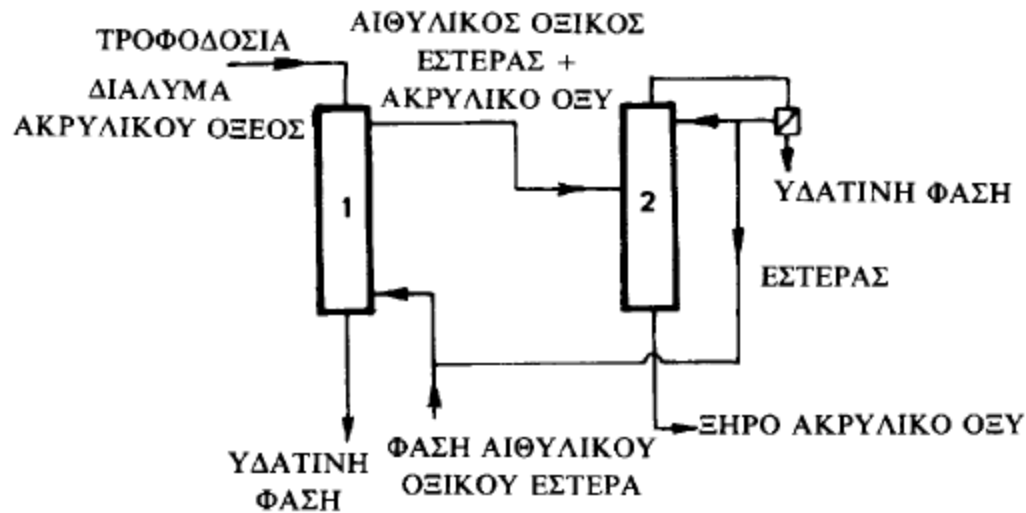
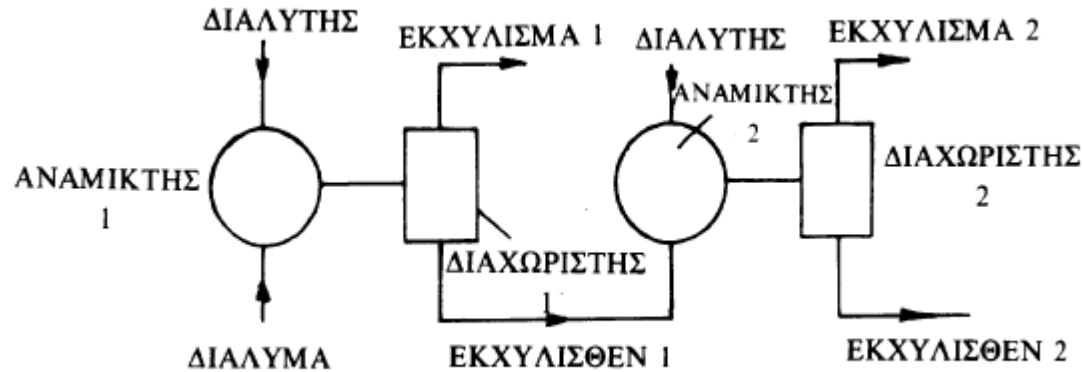
γ) κάποιο συστατικό του μίγματος είναι θερμοευαίσθητο ή αποσυντίθεται κατά τη θέρμανση



Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Υγρού - Υγρού

Εκχύλιση





Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Υγρού - Στερεού

Εκχύλιση

- ❑ Εκχύλιση στερεών ονομάζεται η διεργασία κατά την οποία ένα διαλυτό συστατικό απομακρύνεται από κάποιο αδρανές στερεό με την επίδραση κατάλληλου διαλύτη.
- ❑ Ο διαλύτης αποτελεί τον παράγοντα διαχωρισμού, ενώ η διεργασία πραγματοποιείται λόγω της διαφορετικής διαλυτότητας της μεταφερόμενης ουσίας μεταξύ του αρχικού και του προστιθέμενου διαλύτη.

Εξάτμιση/Ξήρανση

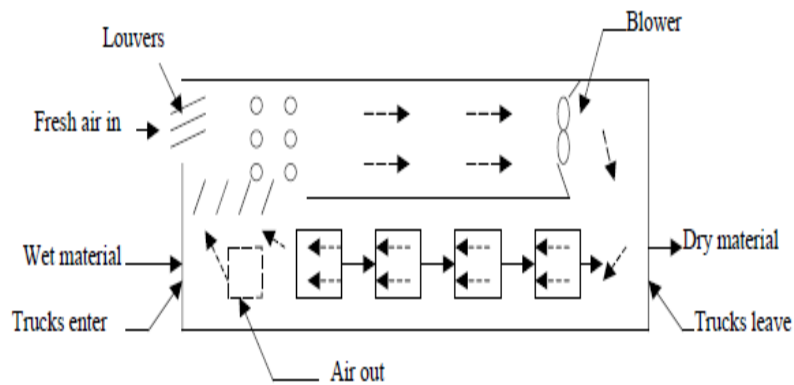
- ❑ Η εξάτμιση χρησιμοποιείται ως φυσική μέθοδος διαχωρισμού ομογενών μιγμάτων υγρών-στερεών. Συνήθως το υγρό μείγμα απλώνεται σε μεγάλες επιφάνειες και υπό την επίδραση θερμότητας εξατμίζεται το υγρό αφήνοντας στο δοχείο το στερεό υπόλειμμα. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται στις αλυκές για το διαχωρισμό του αλατιού από τη θάλασσα.

Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων



Διαχωρισμός Υγρού - Στερεού

Εξάτμιση/Ξήρανση



Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων



Διαχωρισμός Υγρού - Στερεού

Φυγοκέντριση

- ❑ Η φυγοκέντριση είναι μία διαδικασία διαχωρισμού μιγμάτων κατά την οποία γίνεται χρήση της φυγοκέντρου δυνάμεως.
- ❑ Κατά την φυγοκέντριση τα βαρέα στοιχεία του μίγματος πηγαίνουν στο πυθμένα του σωληναρίου όπου αυτό βρίσκεται ενώ τα ελαφρύτερα παραμένουν πάνω από τον πυθμένα.
- ❑ Τα στοιχεία που πηγαίνουν στο πυθμένα αποτελούν το ίζημα και τα στοιχεία που βρίσκονται στην επιφάνεια αποτελούν το υπερκείμενο.



Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Υγρού - Στερεού

Ηλεκτροστατικός Διαχωρισμός

- ❑ Ηλεκτρικός διαχωρισμός είναι μια φυσική μέθοδος διαχωρισμού μιγμάτων που στηρίζεται στον στατικό ηλεκτρισμό.
- ❑ Μερικά συστατικά του μίγματος ηλεκτρίζονται, ώστε να έλκονται από τα ήδη ηλεκτρισμένα σώματα, συνήθως μεταλλικές πλάκες (π.χ. διαχωρισμός στερεών προσμίξεων από το αργό πετρέλαιο).

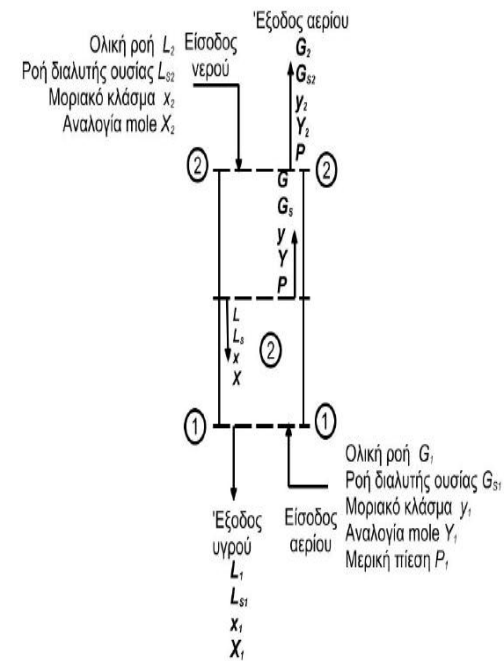


Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Αερίων

Απορρόφηση-Εκρόφηση

- ❑ Ο διαχωρισμός με τη μέθοδο της απορρόφησης συνήθως γίνεται σε πύργους ή στήλες απορρόφησης που μπορεί να έχουν πραγματικούς δίσκους όπως οι στήλες κλασματικής απόσταξης.
- ❑ Ο κατερχόμενος υγρός διαλύτης έρχεται σε επαφή με το ανερχόμενο αέριο μείγμα και απορροφά ένα ή περισσότερα συστατικά από το αέριο μίγμα. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται διαχωρισμός αέριων συστατικών.
- ❑ Στην συνέχεια, απαιτείται αναγέννηση του διαλύτη και εκρόφηση των αέριων συστατικών σε δεύτερη στήλη.





Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

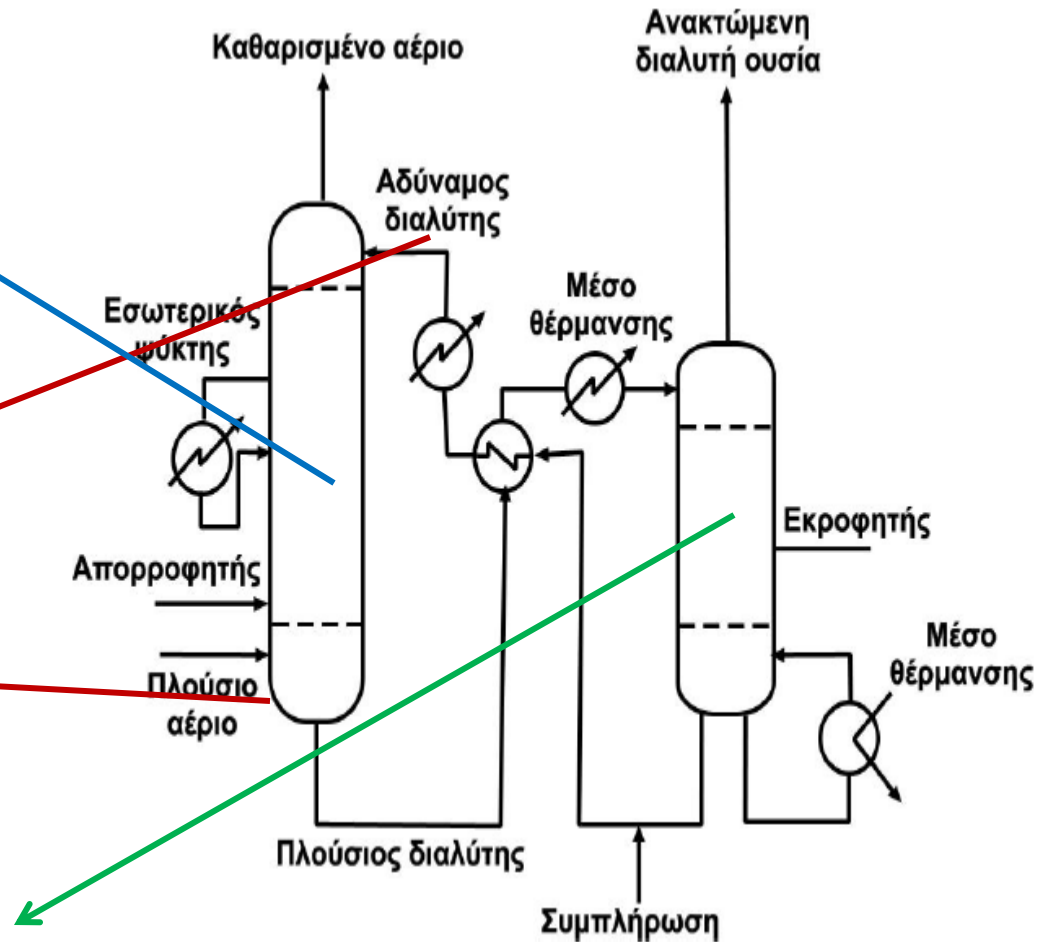
Διαχωρισμός Αερίων

Απορρόφηση-Εκρόφηση

□ Γίνεται σε πύργους ή στήλες απορρόφησης που μπορεί να έχουν πραγματικούς δίσκους όπως οι στήλες κλασματικής απόσταξης.

□ Ο κατερχόμενος υγρός διαλύτης έρχεται σε επαφή με το ανερχόμενο αέριο.

□ Στην συνέχεια, απαιτείται αναγέννηση του διαλύτη και εκρόφηση των αέριων συστατικών σε δεύτερη στήλη.





Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

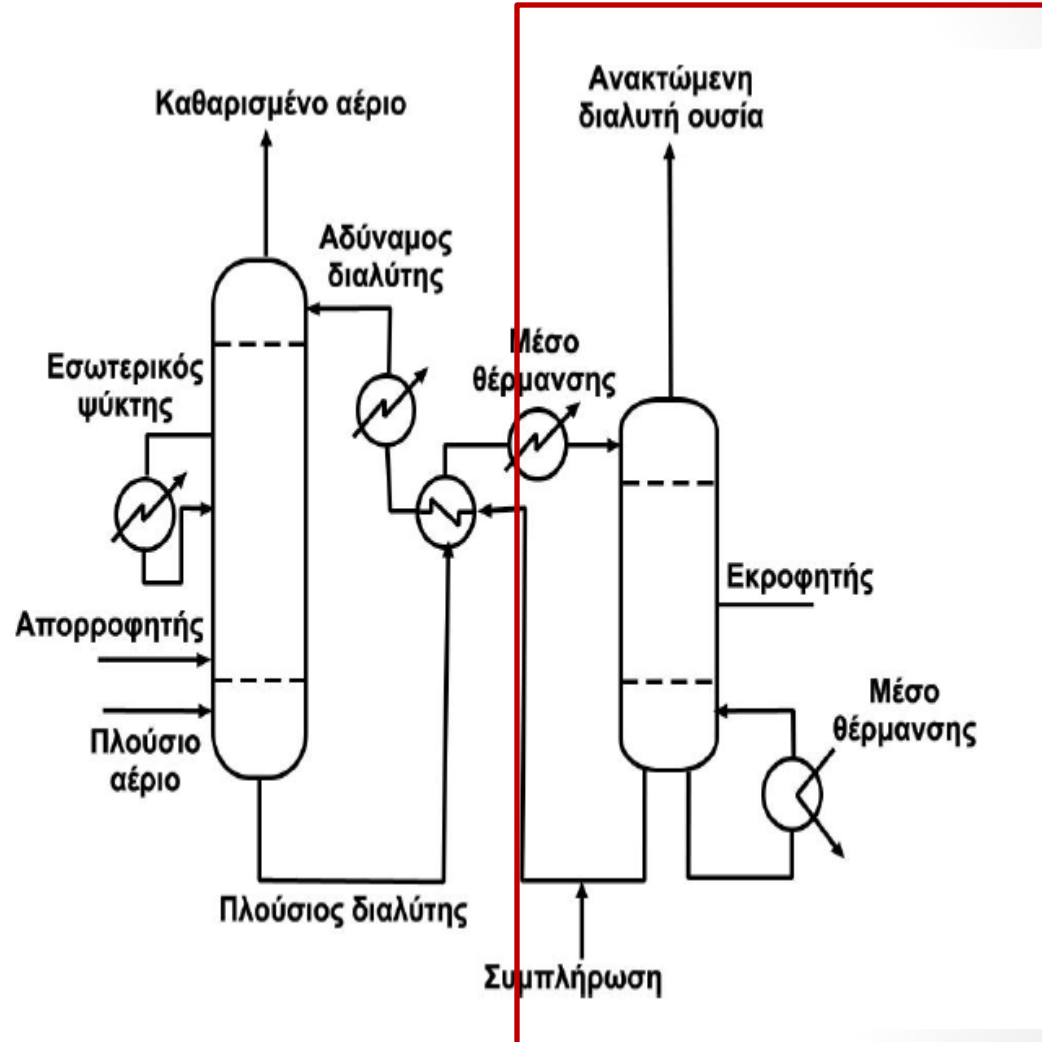
Διαχωρισμός Αερίων - Υγρών

Εκρόφηση

- ❑ Θυμηθείτε: Απαιτείται αναγέννηση του διαλύτη και εκρόφηση των αέριων συστατικών σε δεύτερη στήλη (διαχωρισμός αερίων-υγρών).

Δοχεία Ισορροπίας Φάσεων

- ❑ Στα δοχεία ισορροπίας λαμβάνονται δύο «καθαρές» φάσεις αερίου και υγρού.



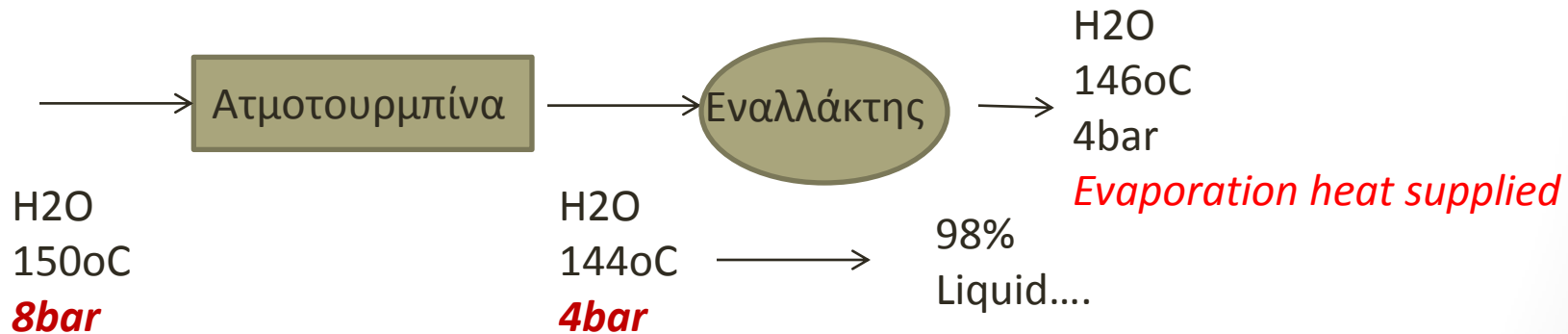


Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Αερίων - Υγρών

Δοχεία Ισορροπίας Φάσεων

- Στα δοχεία ισορροπίας λαμβάνονται δύο «καθαρές» φάσεις αερίου και υγρού.
- Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ανάγκη απομάκρυνσης νερού/υγρασίας από αέριο σε συστήματα πτώσης πίεσης (π.χ. ατμοτουρμπίνα) συμπιεστή πολλαπλών βαθμίδων.



- Συνήθεις οι διαδοχικές βαθμίδες σε ατμοτουρμπίνα συνοδεύονται από θέρμανση και δοχείο ισορροπίας (knock-out drums) έτσι ώστε να μην υπάρχει καμμία «υποψία» υγρής φάσης.



Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Στερεού- Στερεού

Κοσκίνιση

- ❑ Η κοσκίνιση είναι μέθοδος φυσικού διαχωρισμού ετερογενών μειγμάτων που περιέχουν συστατικό σε στερεή μορφή του οποίου τα μέρη είναι μεγαλύτερα από ένα ελάχιστο μέγεθος. Το κοσκίνισμα γίνεται με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο, το κόσκινο.
- ❑ Το κόσκινο έχει τρύπες, το μέγεθος των οποίων επιτρέπει τη διέλευση μόνο των αερίων, των υγρών και όσων στερεών έχουν μικρότερο μέγεθος.

Διήθηση-Φιλτράρισμα

- ❑ Κατά την διήθηση ή φιλτράρισμα, πραγματοποιείται κατακράτηση ενός ή περισσοτέρων στερεών συστατικών και επιτρέπεται ο διαχωρισμός μιγμάτων στερεών.

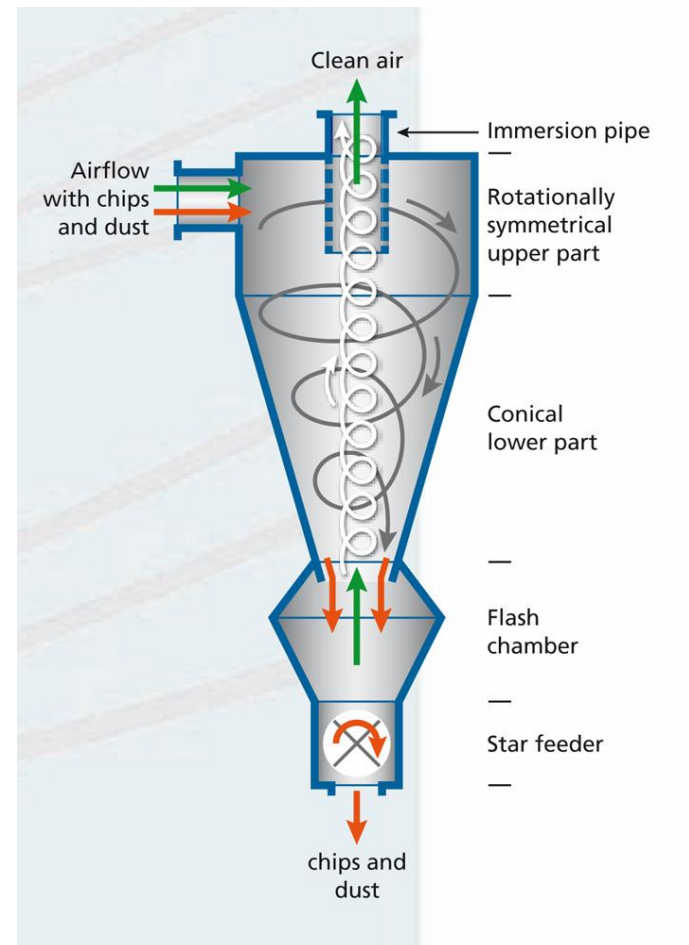


Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Στερεού- Στερεού

- Κρυστάλλωση
- Καθίζηση
- Προσρόφηση
- Ηλεκτροδιάλυση
- Μαγνητικός Διαχωρισμός
- Κυκλώνες (διαχωρισμός αερίων/στερεών)

Φυγοκέντρωση Αέριου - Στερεού



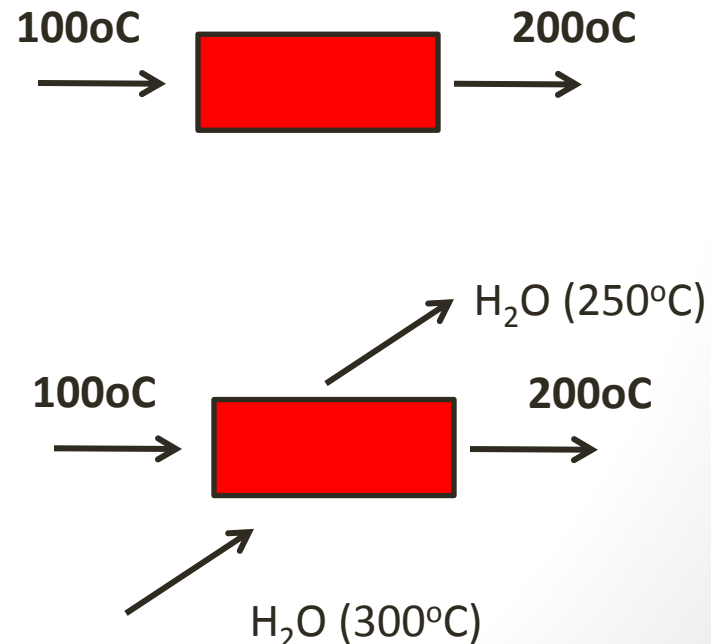
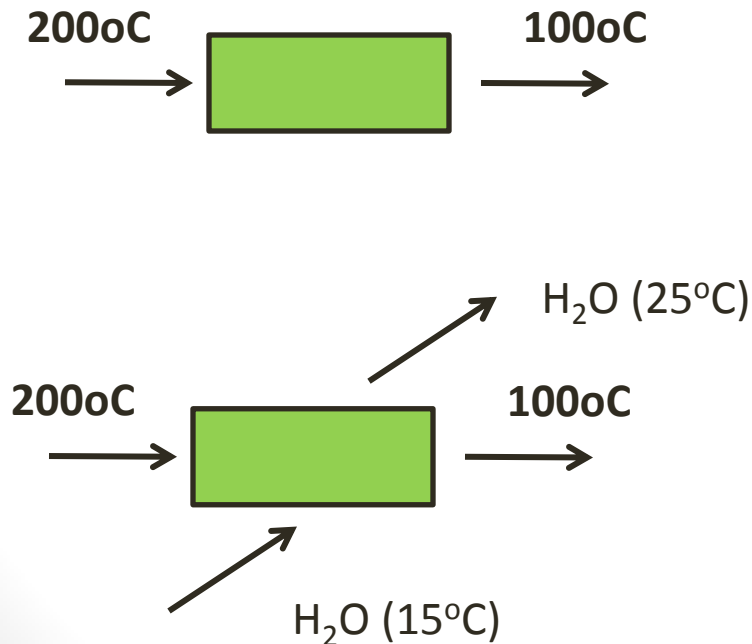


ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ



Συστήματα Εναλλαγής Θερμότητας

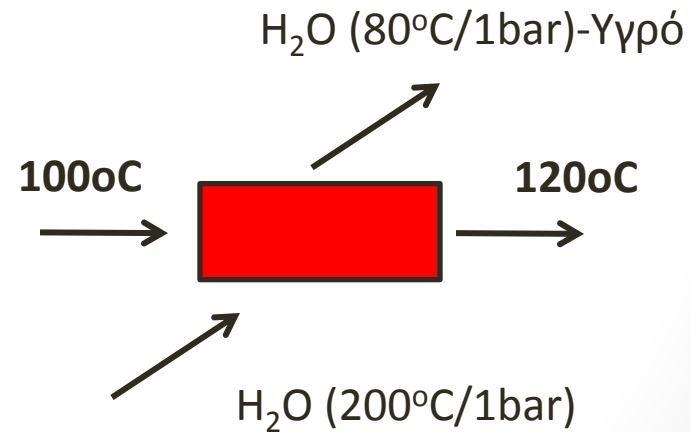
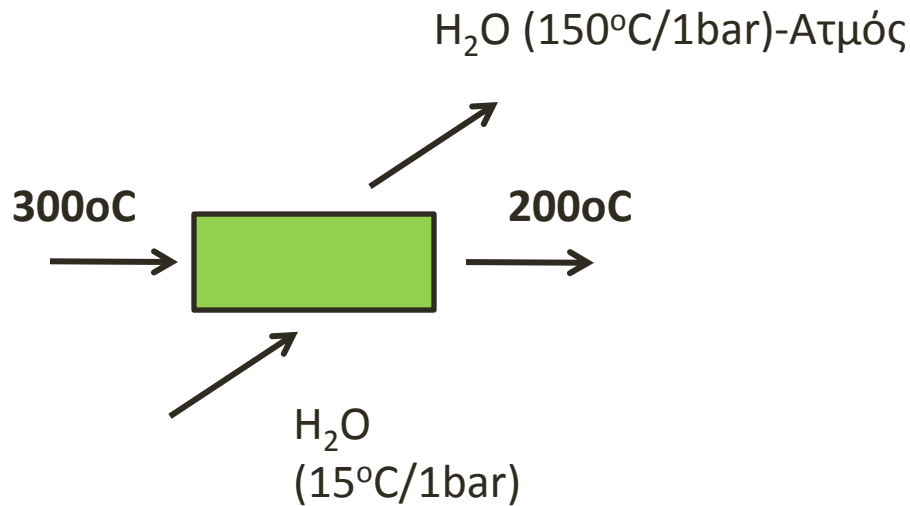
- ❑ Στα συστήματα εναλλαγής θερμότητας λαμβάνει χώρα μεταφορά θερμότητας από ένα ψυχρό ρεύμα σε ένα θερμό ρεύμα (και αντίστροφα).
- ❑ Ανάλογα του στόχου (ψύξης ή θέρμανσης) έχουμε τους εναλλάκτες ψύξης και τους εναλλάκτες θέρμανσης που λαμβάνουν χώρα παρουσία ψυκτικού ή θερμαντικού μέσου.





Συστήματα Εναλλαγής Θερμότητας

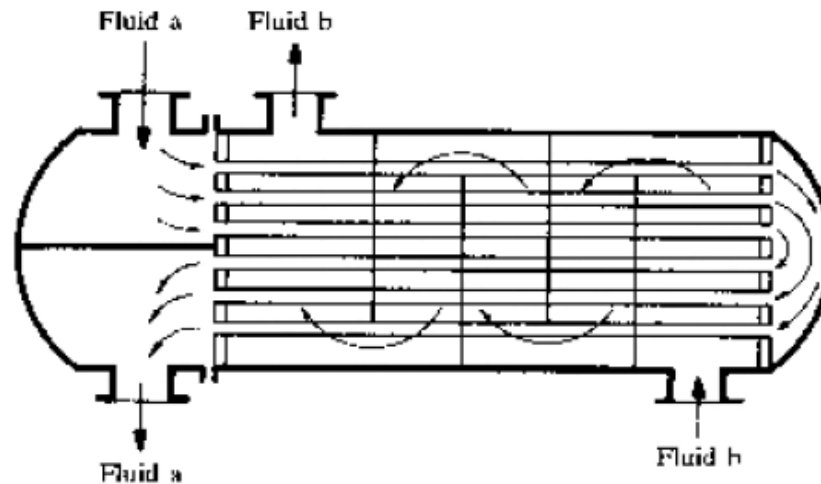
- Στα συστήματα εναλλαγής θερμότητας μπορεί να λάβει χώρα και αλλαγή φάσης.





Τύποι εναλλακτών θερμότητας

- ❑ Οι εναλλάκτες θερμότητας μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τη μορφή της ροής των ρευστών ή με βάση τις κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες τους.
- ❑ Τυπικοί εναλλάκτες θερμότητας είναι οι πλακοειδείς (plate & frame), αυλών-κελύφους (shell & tube) και οι εναλλάκτες σταυρωτής ροής (crossflow).
- ❑ Αν και τα δύο ρευστά κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση, τότε έχουμε παράλληλη ροή και των δύο ρευστών, δηλαδή ομοροή (parallel-flow). Αν κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις, τότε έχουμε αντιροή (counter-flow).





Τύποι εναλλακτών θερμότητας

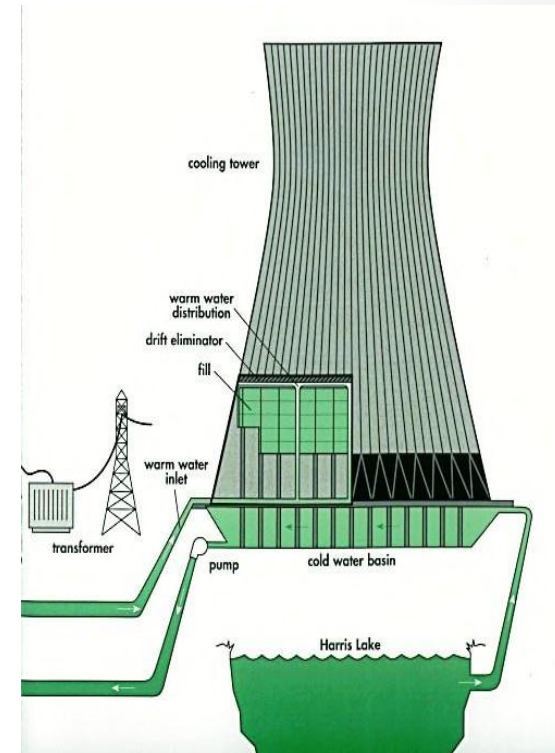
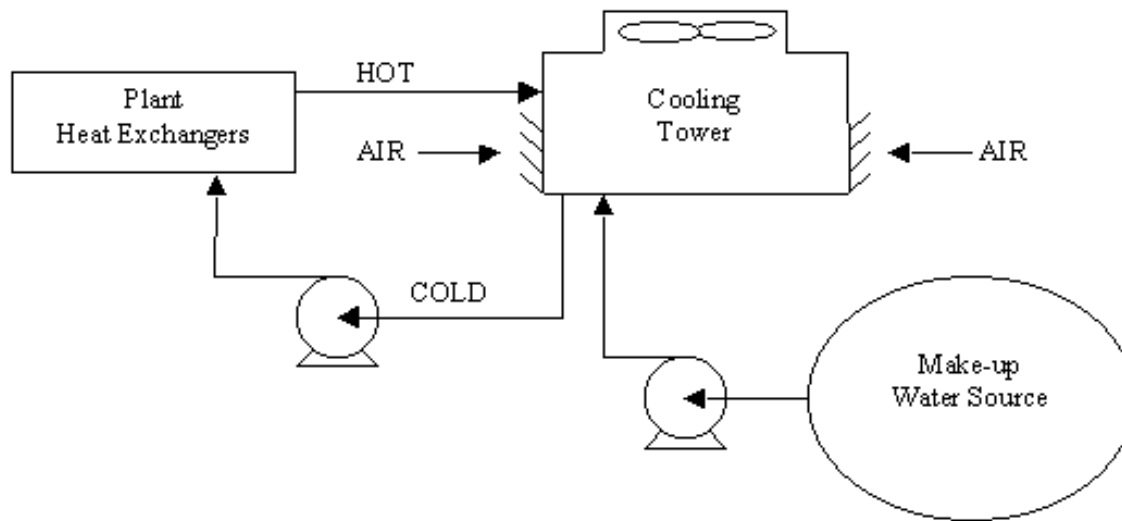
Πύργοι Ψύξης

- ❑ Οι εναλλάκτες θερμότητας χρησιμοποιούν νερό για την ψύξη θερμών ρευμάτων το οποίο και απορροφά θερμότητα.
- ❑ Το νερό απαιτεί την αναγέννηση του σε μία χαμηλότερη θερμοκρασία.
- ❑ Οι πύργοι ψύξης δέχονται το θερμό νερό (π.χ. 45°C) και με την βοήθεια αέρα το ψύχουν έως την επιθυμητή θερμοκρασία.
- ❑ Διακρίνονται πύργοι ψύξης μηχανικής και φυσικής κυκλοφορίας του αέρα (π.χ. με χρήση ανεμιστήρων).



Τύποι εναλλακτών θερμότητας

Πύργοι Ψύξης



Τύποι εναλλακτών θερμότητας



Πύργοι Ψύξης



Τύποι εναλλακτών θερμότητας



Καυστήρες/Φούρνοι

- ❑ Οι καυστήρες χρησιμοποιούνται για την παροχή θερμότητας μέσω της καύσης.
- ❑ Καύσιμα τροφοδοσίας συνήθως είναι το φυσικό αέριο, υγροί υδρογονάνθρακες (diesel) αλλά και στερεά (π.χ. βιομάζα).
- ❑ Κατά την καύση παράγεται ένα θερμό ρεύμα απαερίων ($>200^{\circ}\text{C}$) το οποίο αποτελεί πηγή παροχής θερμότητας για την δημιουργία ατμού ή την απευθείας παροχή του σε ένα σύστημα.



Τύποι εναλλακτών θερμότητας

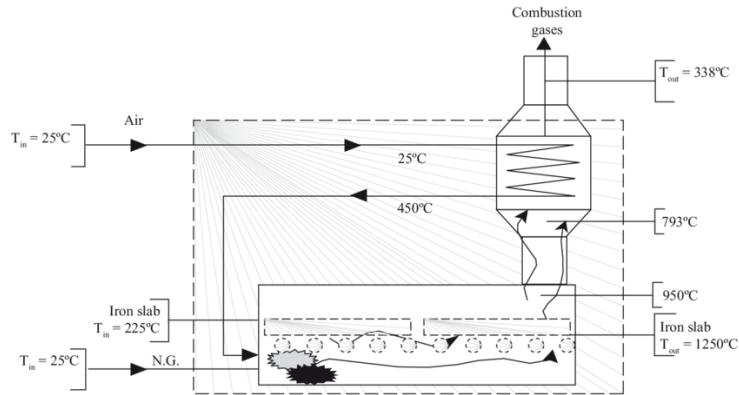
Λέβητες

- ❑ Στους λέβητες συνήθως παρέχεται νερό το οποίο και θερμαίνεται με στόχο την χρήση του σε εναλλάκτες θερμότητας.
- ❑ Η θερμότητα μπορεί να παρέχεται από τα απαέρια των καυστήρων/φούρνων ή εξωτερικά (χρήση φλόγας).

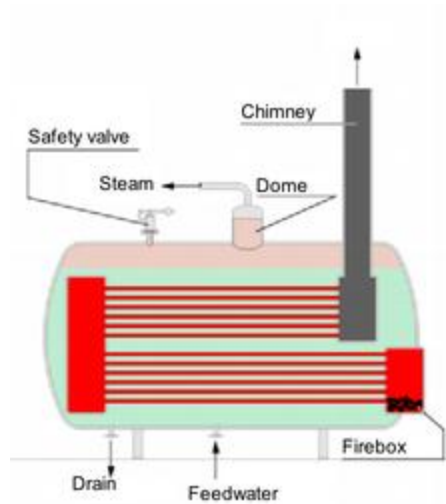
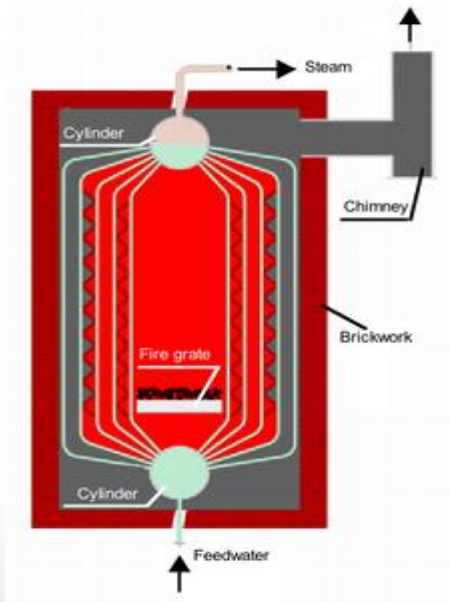


Τύποι εναλλακτών θερμότητας

Καυστήρες/Φούρνοι



Λέβητες





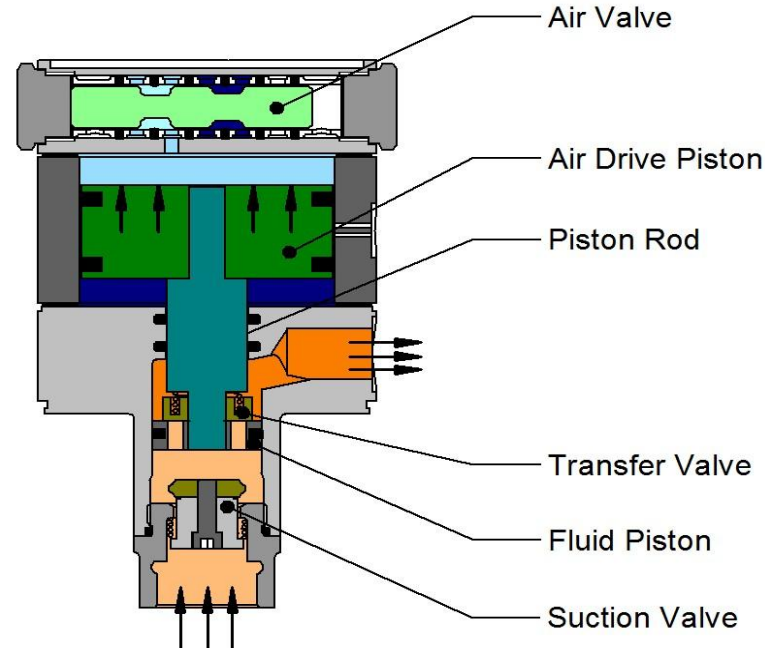
ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Συστήματα Μεταβολής Πίεσης (και μεταφοράς ρευστών)



Αντλίες

- ❑ Χρησιμοποιούνται κυρίως για την μεταφορά και μεταβολή πίεσης υγρών. Οι αντλίες επιτυγχάνουν κίνηση του υγρού μέσω μηχανικής δράσης.
- ❑ Οι συνηθέστεροι τύποι αντλιών είναι οι φυγοκεντρικές αντλίες (αξονικές, ακτινικές ή μικτού τύπου) και οι αντλίες θετικής εκτόπισης (παλινδρομική με έμβολα, περιστροφική με λοβούς, περιστροφική με γρανάζια).

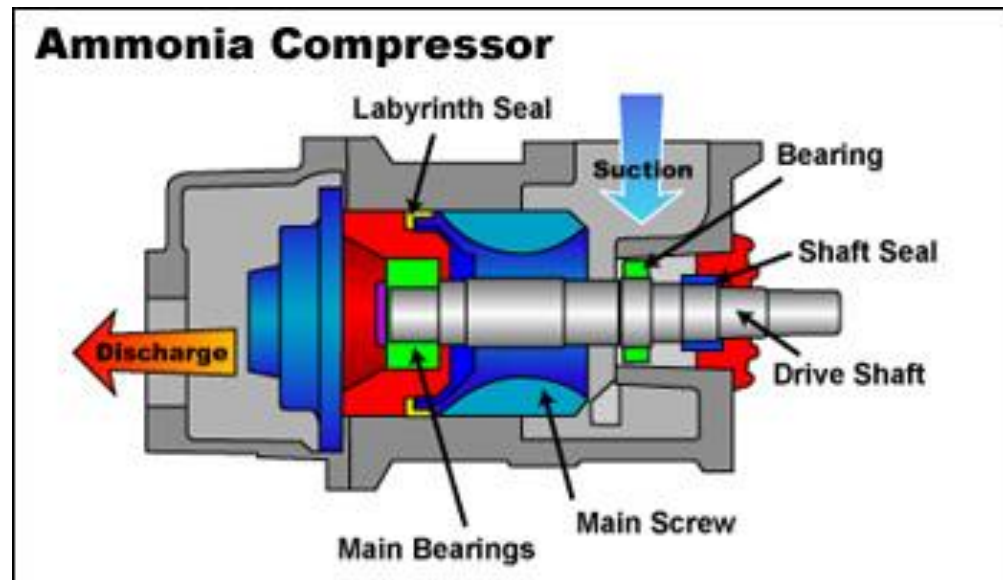


Συστήματα Μεταβολής Πίεσης (και μεταφοράς ρευστών)



Συμπιεστές

- ❑ Ο συμπιεστής συγκεντρώνει σε έναν κλειστό χώρο ένα αέριο αυξάνοντας κατ' επέκταση μέσα εκεί την πυκνότητά του και την πίεσή του.
- ❑ Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές μέθοδοι μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η συμπίεση του αερίου. Οι πιο συνηθισμένες κατηγορίες αεροσυμπιεστών είναι οι εμβολοφόροι, οι περιστροφικοί, οι κοχλιοφόροι και οι πτερυγιοφόροι.

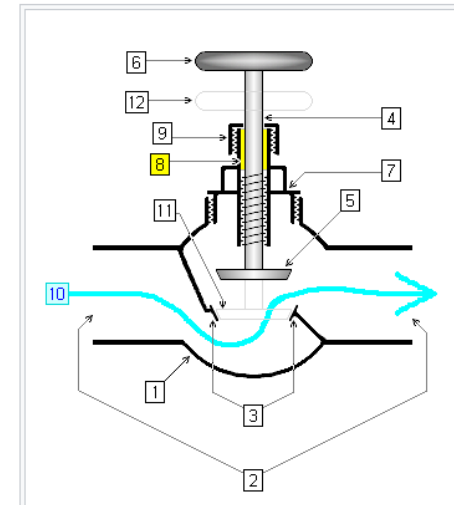


Συστήματα Μεταβολής Πίεσης (και μεταφοράς ρευστών)



Βάνες

- ❑ Οι βάνες ρυθμίζουν και κατευθύνουν τη ροή ενός ρευστού (αέρια, υγρά, ρευστοποιημένα στερεά ή ιλύες) με το άνοιγμα, το κλείσιμο ή την μερική παρεμπόδιση διαφόρων διαδρόμων.
- ❑ Σε μία ανοικτή βάνα το ρευστό ρέει σε μια κατεύθυνση από χαμηλότερη πίεση.
- ❑ Οι βάνες κατατάσσονται σε
 - α) υδραυλικές
 - β) πνευματικές
 - γ) ηλεκτρομαγνητικές και
 - δ) μηχανικές.



Cross-sectional diagram of an open **globe valve**.

1. **body**
2. **ports**
3. **seat**
4. **stem**
5. **disc** when valve is open
6. **handle** or **handwheel** when valve is open
7. **bonnet**
8. **packing**
9. **gland nut**
10. **fluid flow** when valve is open
11. position of disc if valve were shut
12. position of handle or handwheel if valve were shut

Συστήματα Μεταβολής Πίεσης (και μεταφοράς ρευστών)

Μεταφορά Στερεών

- ❑ Σε αντίθεση με τα ρευστά (υγρά και αέρια), τα στερεά μεταφέρονται με αρκετά απλουστευμένους τρόπους.
- ❑ Ενδεικτικές περιπτώσεις αποτελούν οι ταινίες μεταφοράς (belt conveyor) διαφόρων τύπων.





ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ



Συστήματα Αποθήκευσης

Αποθήκευση Στερεών

- Εξωτερική αποθήκευση για την περίπτωση πολύ μεγάλων ποσοτήτων.
- Εσωτερική αποθήκευση για την περίπτωση μικρότερων ποσοτήτων ή ποσοτήτων που θέλουν ειδική διαχείριση (π.χ. απομόνωση από το περιβάλλον).
- Τέτοιες περιπτώσεις αφορούν τα σιλό, χοάνες, κυλινδρικά δοχεία, κτλ.
- Διάφορα υλικά μπορούν να συναντηθούν για την κατασκευή τους (τσιμέντο, κράμματα μετάλλων, κτλ).



Συστήματα Αποθήκευσης

Outdoor storage:



Coal storage



Gravel storage





Συστήματα Αποθήκευσης

Αποθήκευση Υγρών

- ❑ Η αποθήκευση υγρών συνήθως συνοδεύεται από αυστηρές προδιαγραφές και εξαρτάται από τον τύπο των υγρών που πρόκειται να αποθηκευθούν (καύσιμα, υγρά υψηλού ιξώδους, πτητικά υγρά, μίγματα υγρών).
- ❑ Σημαντική παράμετρος αποτελεί η πιθανή ισορροπία αερίου-υγρού που μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη ή διαρροή.
- ❑ Διάφορα υλικά μπορούν να συναντηθούν για την κατασκευή τους (τσιμέντο, κράμματα μετάλλων, κτλ).





Συστήματα Αποθήκευσης

Αποθήκευση Αερίων

- ❑ Η αποθήκευση αερίων συνοδεύεται από αυστηρές προδιαγραφές και συνήθως η πίεση αποθήκευσης αποτελεί σημαντική παράμετρο (αέρας, μεθάνιο, άζωτο, CO₂).
- ❑ Σημαντική παράμετρος αποτελεί η πιθανή ισορροπία αερίου-υγρού που μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη ή διαρροή (αέρια που υγροποιούνται πολύ εύκολα).
- ❑ Διάφορα υλικά μπορούν να συναντηθούν για την κατασκευή τους (τσιμέντο, κράματα μετάλλων, κτλ) και εμφανίζουν μία σφαιρική διάταξη.





Ανασκόπηση 2^{ου} Μαθήματος

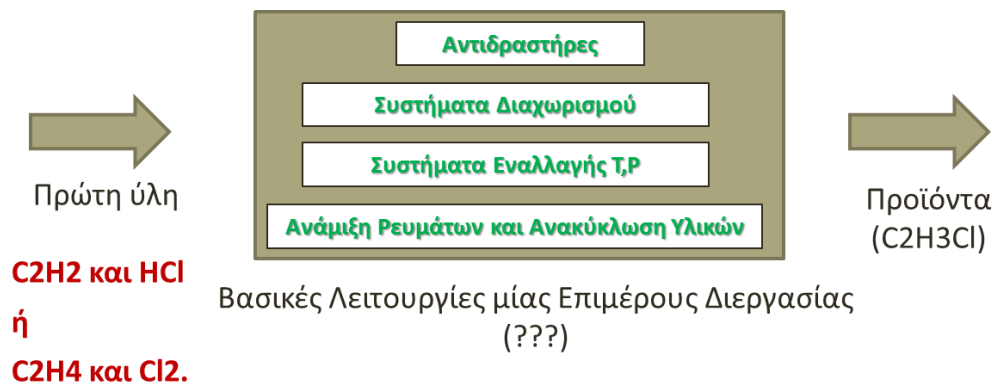
- **Ανασκόπηση εξοπλισμού ενός ολοκληρωμένου συστήματος:**
 - *Τύποι αντιδραστήρων.*
 - *Συστήματα διαχωρισμού μιγμάτων (αερίων, υγρών, στερεών)*
 - *Συστήματα εναλλαγής θερμότητας*
 - *Συστήματα μεταφοράς ρευστών και μεταβολής πίεσης*
 - *Συστήματα αποθήκευσης*
- **Η λίστα ενός μηχανολογικού εξοπλισμού μπορεί να γίνει τρομερά εκτενής.**
- **Σε αυτή την φάση, αρκεί να μπορείτε να αναγνωρίσετε τις διαφορετικές κατηγορίες και τις βασικές αρχές λειτουργίας αυτών ώστε να επιλέξετε τον κατάλληλο εξοπλισμό για τον σχεδιασμό του συστήματος σας.**



Ανασκόπηση 2^{ου} Μαθήματος

■ Ανασκόπηση εξοπλισμού ενός ολοκληρωμένου συστήματος:

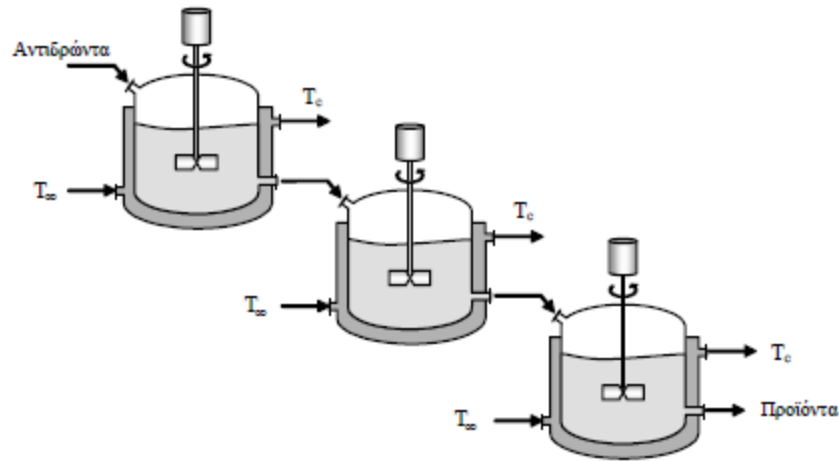
- Τύποι αντιδραστήρων.
- Συστήματα διαχωρισμού μιγμάτων (αερίων, υγρών, στερεών)
- Συστήματα εναλλαγής θερμότητας
- Συστήματα μεταφοράς ρευστών και μεταβολής πίεσης
- Συστήματα αποθήκευση





ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Αντιδραστήρες



Σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές όταν ο απαιτούμενος όγκος του αντιδραστήρα είναι μεγάλος ή η αντίδραση είναι ισχυρά εξώθερμη ή και για άλλους λόγους (καλύτερη ανάμιξη, καλύτερος έλεγχος των συνθηκών αντίδρασης), είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε μία συστοιχία αντιδραστήρων (Continuous Stirred Tank Reactor Train). Στην περίπτωση αυτή, το ρεύμα εξόδου ενός αντιδραστήρα αποτελεί το ρεύμα εισόδου (τροφοδοσία) του επόμενου αντιδραστήρα.

Αντιδραστήρες

| | Αντιδραστήρες ασυνεχούς λειτουργίας και πλήρους ανάμιξης (BR) | Αντιδραστήρες συνεχούς λειτουργίας και πλήρους ανάμιξης (CSTR) | Αντιδραστήρες συνεχούς λειτουργίας και καθόλου ανάμιξης (PFR, FBR) |
|-----------------------------|--|--|---|
| Φυσικά χαρακτηρισικά | Κυλινδρικό δοχείο διαστάσεων $L/D \sim 1$ | Κυλινδρικό δοχείο διαστάσεων $L/D \sim 1$ | Αδειαί ή πληρωμένοι αυλοί διατεταγμένοι σε σειρά ή παράλληλα, διαστάσεων $L/D \gg 1$ |
| Λειτουργία | Δυναμική | Μόνιμη κατάσταση (συνήθως) | Μόνιμη κατάσταση (συνήθως) |
| Ανάμιξη | Πλήρης | Πλήρης | Καθόλου ανάμιξη |
| Βαθμός μετατροπής | Υψηλός | Χαμηλός | Υψηλός |
| Πλεονεκτήματα | <ul style="list-style-type: none"> Υψηλοί ρυθμοί λειτουργίας Ευκολόχρηστοι Χαμηλό κόστος κατασκευής Κατάλληλοι για μικρή κλίμακας παραγωγή | <ul style="list-style-type: none"> Υπαρξη ισχυρής ανάδευσης Καλός έλεγχος των συνθηκών λειτουργίας και ποιότητας των προϊόντων Χαμηλό κόστος λειτουργίας | <ul style="list-style-type: none"> Υψηλοί ρυθμοί λειτουργίας Κατάλληλοι για αντιδράσεις σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις Καλός έλεγχος των συνθηκών λειτουργίας Χαμηλό κόστος λειτουργίας |
| Μειονεκτήματα | <ul style="list-style-type: none"> Υψηλό κόστος λειτουργίας Δυσκολία ακριβούς αναπαραγωγής των συνθηκών λειτουργίας Δύσκολος έλεγχος της ποιότητας των προϊόντων Ακατάλληλοι για μεγάλης κλίμακας παραγωγή | <ul style="list-style-type: none"> Χαμηλοί ρυθμοί λειτουργίας Υψηλό κόστος κατασκευής Χαμηλοί ρυθμοί μεταφοράς θερμότητας ανά μονάδα όγκου Δεν είναι κατάλληλοι για αντιδράσεις σε υψηλή πίεση | <ul style="list-style-type: none"> Δύσκολος ο τοπικός έλεγχος της θερμοκρασίας για ισχυρά εξώθερμες αντιδράσεις Υψηλό κόστος κατασκευής Δυσκολία στον καθαρισμό αυλών |
| Εφαρμογές | <ul style="list-style-type: none"> Αντιδράσεις σε υγρή φάση Παραγωγή φαρμάκων Παραγωγή προϊόντων ζύμωσης Παραγωγή πολυμερών | <ul style="list-style-type: none"> Μεγάλης κλίμακας συνεχής παραγωγή Ομογενείς αντιδράσεις (υγρή φάση) Ετερογενείς αντιδράσεις Αντιδράσεις πολυμερισμού | <ul style="list-style-type: none"> Μεγάλης κλίμακας συνεχής παραγωγή Ομογενείς αντιδράσεις σε αέρια φάση Καταλυτικές αντιδράσεις |

Αντιδραστήρες

Οι χημικοί αντιδραστήρες μπορούν να ταξινομηθούν σε ορισμένες γενικές κατηγορίες ανάλογα:

- ❖ με τον τρόπο λειτουργίας τους
 - Αντιδραστήρες συνεχούς λειτουργίας
 - Αντιδραστήρες ημι-συνεχούς λειτουργίας
 - Αντιδραστήρες ασυνεχούς λειτουργίας
- ❖ τον αριθμό των φάσεων που συνυπάρχουν στον αντιδραστήρα
 - Ομογενείς Αντιδραστήρες
 - Ετερογενείς Αντιδραστήρες
- ❖ τα πρότυπα ροής και ανάπτυξης
 - Αντιδραστήρες Πλήρους ανάμιξης
 - Αντιδραστήρες Εμβολικής ροής
- ❖ τη μεταβολή ή όχι της θερμοκρασίας
 - Ισοθερμοκρασιακοί Αντιδραστήρες
 - Μη Ισοθερμοκρασιακοί Αντιδραστήρες



Συστήματα Διαχωρισμού Μιγμάτων

Διαχωρισμός Υγρού - Υγρού

Ώσμωση

- Ώσμωση ονομάζεται το φαινόμενο της διέλευσης περισσότερων μορίων διαλύτη, μέσω ημιπερατής μεμβράνης, από τον διαλύτη στο διάλυμα ή από το διάλυμα μικρότερης συγκέντρωσης (αραιότερο) προς το διάλυμα μεγαλύτερης συγκέντρωσης σε διαλυμένη ουσία (πυκνότερο).
- Ημιπερατή είναι η μεμβράνη που επιτρέπει να περνούν μέσα από τους πόρους της τα μόρια του διαλύτη, αλλά δεν επιτρέπει να περνούν τα μόρια της διαλυμένης ουσίας. Ημιπερατές μεμβράνες υπάρχουν και φυσικές (π.χ. η κυτταρική μεμβράνη) και συνθετικές (π.χ. το σελοφάν).
- Κατά τον διαχωρισμό με βάση το φαινόμενο της ώσμωσης, παίζει ρόλο η συγκέντρωση, η ωσμωτική πίεση αλλά και η διαπερατότητα συστατικών.

