

Είδη Φυσικών Διεργασιών και Βασικές Έννοιες

Τα κυριότερα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στα πλαίσια των παραγωγικών διαδικασιών που οδηγούν στην παρασκευή χημικών ουσιών και υλικών μπορούν να καταταγούν ως εξής:

- Χημικές Μεταβολές (αντιδράσεις). Η υλοποίησή τους σε βιομηχανικά πλαίσια ορίζει αυτό που ονομάζουμε *Χημικές Διεργασίες*
- Φυτικοχημικές μεταβολές ή επέμβαση στη μικρο/μεσο/μακρο-δομή και μορφή των σωμάτων με σκοπό τον έλεγχο των ιδιοτήτων των υλικών – βλ. Σχέση Δομής-Ιδιοτήτων. Εδώ κατατάσσονται οι ποικίλες *Κατεργασίες* των υλικών αλλά και ποικίλες Χημικές και Φυσικές Διεργασίες
- «Βοηθητικές» Διεργασίες που έχουν να κάνουν με την «προπαρασκευή» και «υποστήριξη» των Χημικών Διεργασιών και των Κατεργασιών και τις συνθήκες όπου αυτές λαμβάνουν χώρα. Αυτές θα τις κατατάξουμε εξ ολοκλήρου στις *Φυσικές Διεργασίες* και περιλαμβάνουν:
 - διαχωρισμός συστατικών (στερεών, υγρών, αερίων),
 - ανάμειξη συστατικών,
 - μεταφορά ρευστών,
 - θέρμανση, ψύξη,
 - αλλαγή φάσης (εξάτμιση, συμπύκνωση, ξήρανση)
 - κρυστάλλωση,
 - μεταβολές μεγέθους.

Τι είδους ΦΔ έχουμε; Μπορούμε με τη σειρά τους να τις κατατάξουμε σε 2 μεγάλες κατηγορίες:

α) Βάσει των Φαινομένων Μεταφοράς, με τρεις ανάλογες υποκατηγορίες (μεταφορά ορμής, θερμότητας και μάζας), και

β) «Μηχανικές» διεργασίες με δύο υποκατηγορίες: ελάττωση μεγέθους και διαχωρισμούς βάσει του μεγέθους ή στερεών των στερεών.

Διάκριση Διεργασιών Βάσει Φαινομένων Μεταφοράς

1) Μεταφορά ορμής:

α) αφορά ο,τι ανήκει στο πεδίο της υδροστατικής

β) αφορά τη ρευστομηχανική/υδροδυναμική, αντλίες και σωληνώσεις

2) Μεταφορά θερμότητας:

α) αγωγή,

β) συναγωγή,

γ) ακτινοβολία:

Δηλαδή, θερμικές διεργασίες, θέρμανση, ψύξη, εξάτμιση, ξήρανση, κρυστάλλωση

3) Μεταφορά μάζας: διάχυση, διαχωρισμοί μειγμάτων, ανάμειξη, αλλά και ξήρανση (εδώ, επίσης παίζει συχνά ρόλο και η ισορροπία φάσεων, άρα συνδυάζεται θερμοδυναμική θεώρηση με αυτή των φαινομένων μεταφοράς).

Κινητήριες Δυνάμεις, Ρεύματα, Αντιστάσεις.

Σε όλες τις διεργασίες αυτής της κατηγορίας υπάρχει μία «διαφορά δυναμικού» ή «κινητήρια

δύναμη», μια «αντίσταση» και ένα «ρεύμα». Για παράδειγμα, ας φανταστούμε τις διεργασίες εναλλαγής θερμότητας που θα εξετάσουμε σε επόμενη ενότητα. Μια τέτοια διεργασία μπορεί να περιλαμβάνει τη διέλευση ενός θερμού ρευστού, π.χ. ατμού μέσω μιας σωλήνωσης που περιβάλλει κάποιο δοχείο με αντιδρόν μείγμα συστατικών το οποίο θέλουμε να θερμάνουμε. Η διαφορά $\Delta\theta$ της θερμοκρασίας μεταξύ του ατμού και του μείγματος είναι η *διαφορά δυναμικού* της διεργασίας. Αυτή προκαλεί μία ροή θερμότητας από το θερμό στο ψυχρό, από το θερμαντικό ρευστό στο αντιδρόν μείγμα. Αυτή η ροή είναι το *ρεύμα* της διεργασίας. Τέλος, η ροή αυτή περιορίζεται από την αγωγιμότητα των υλικών των σωληνώσεων, του δοχείου, τις επικαθήσεις που τυχόν υπάρχουν στις επιφάνειες. Όσο πιο μεγάλη αγωγιμότητα, τόσο πιο μικρή λέμε ότι είναι η *αντίσταση* που προβάλλεται στη ροή της θερμότητας.

Παρόμοια, σε μια διεργασία διαχωρισμού, π.χ. στην απορρόφηση ενός συστατικού Α που υπάρχει σε ένα μείγμα αερίων, από ένα διαλύτη, υπάρχει μία συγκέντρωση του Α στο διαλύτη και στο αέριο που είναι σε επαφή με αυτόν, η οποία χαρακτηρίζεται ως σύσταση ισορροπίας και δε μεταβάλλεται με το χρόνο. Αν στη διεργασία εισέρχεται καθαρός διαλύτης, τότε υπάρχει περιθώριο να διαλύσει ένα μέρος της ουσίας Α. Αυτή η απόκλιση από τη συγκέντρωση ισορροπίας είναι μια διαφορά δυναμικού που θα προκαλέσει ένα ρεύμα ροής μορίων συστατικού Α από την αέρια στην υγρή φάση, αλλά θα συναντήσει μια αντίσταση στη διεπιφάνεια αερίου-υγρού.

Γενικά, μπορούμε να ορίσουμε:

Ρεύμα := (ανταλλασσόμενη μάζα ή ενέργεια) / (μέγεθος Χ χρόνος)
= (Κινητήρια Δύναμη) / Αντίσταση

Η ομοιότητα με το νόμο του Ohm δεν είναι καθόλου τυχαία. Το ηλεκτρικό ρεύμα υπάγεται και αυτό στα Φαινόμενα Μεταφοράς (μεταφορά φορτίου) και, εντελώς ανάλογα, στη χημική τεχνολογία περιλαμβάνονται και ηλεκτροχημικές διεργασίες που όμως δε θα μελετήσουμε εδώ.

Μηχανικές Διεργασίες

- 1) Μηχανικοί Διαχωρισμοί
- 2) Ελάττωση μεγέθους, τεχνική σωματιδίων

Ισοζύγια

Σε όλες τις Διεργασίες της Χημικής Τεχνολογίας και Τεχνολογίας Υλικών, έχουμε ροή ενέργειας (κυρίως θερμότητας) και υλικών (άρα, ροή μάζας). Σύμφωνα με τους βασικούς νόμους διατήρησης (μάζας και ενέργειας – βλ. πρώτος θερμοδυναμικός νόμος) όση ύλη/ενέργεια εισέρει στη διεργασία ή παράγεται εντός της σε δεδομένο χρόνο, τόση πρέπει να εξέρχεται, καταναλώνεται ή συσσωρεύεται. Άρα, πρέπει να είμαστε σε θέση να γράψουμε *ισοζύγια μάζας και ενέργειας* που περιγράφουν τη διεργασία.

Στις Χημικές Διεργασίες όπου συμβαίνουν αντιδράσεις, μπορεί να έχουμε παραγωγή ή κατανάλωση κάποιου συστατικού. Στις Φυσικές Διεργασίες όμως έχουμε μόνο είσοδο και έξοδο και τα ισοζύγια μάζας παίρνουν μια σχετικά απλή μορφή:

Είσοδος στη μονάδα του χρόνου – Εξόδος στη μονάδα του χρόνου = Συσσώρευση στη μονάδα χρόνου.

Η συσσώρευση μπορεί να έχει και αρνητικό πρόσημο, δηλ. η συνολική μάζα ή η μάζα ενός συστατικού, μπορεί να μειώνεται με το χρόνο. Πάντως, γενικά, όταν εκκινεί η λειτουργία μιας Φυσικής Διεργασίας, σταδιακά η Είσοδος και η Έξοδος εξισορροπούνται και από ένα σημείο και μετά δεν αλλάζουν με το πέρασμα του χρόνου. Τότε, ο ρυθμός συσσώρευσης μηδενίζεται (έχουμε σταθερή μάζα στο εσωτερικό της διεργασίας) και λέμε ότι φτάσαμε στη *μόνιμη κατάσταση*. Εμείς θα μελετήσουμε Διεργασίες σε μόνιμη κατάσταση.

Τέλος, σημειώνεται ότι μπορούμε να διατυπώσουμε *ολικά ισοζύγια* για τη συνολική μάζα που

διέρχεται από μια διεργασία και *μερικά ισοζύγια* που αφορούν τα επιμέρους συστατικά και η διατύπωσή τους απαιτεί γνώση της σύστασης των εισερχόμενων και εξερχόμενων ρευμάτων. Συγκεκριμένα παραδείγματα τέτοιων ισοζυγίων θα δώσουμε στις ενότητες που αφορούν τις διεργασίες διαχωρισμού.

Παρόμοια ισοζύγια μπορούμε να διατυπώσουμε για τη ροή θερμότητας και εν γένει, ενέργειας, αν και ενδέχεται επίσης να υπάρχουν όροι παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, π.χ. κατά τη διάρκεια ανάμιξης ή διάλυσης διαφόρων συστατικών.

Τα ισοζύγια μάζας, μαζί με τις εξισώσεις της Ισορροπίας Φάσεων και των Φαινομένων Μεταφοράς περιγράφουν πλήρως τις Φυσικές Διεργασίες.

Παραδείγματα

- Διαχωριστής βαρύτητας για υγρά/υγρά και για στερεά/υγρά (καθίζηση, επίπλευση)
- Φυγοκέντρωση
- Ακροφύσια
- Ροή μέσα από κλίνες στερεών, διήθηση
- Ρευστοποιημένες κλίνες
- Αντλίες και σωληνώσεις
- Ανάδευση και ανάμιξη υγρών, αιώρηση στερεών
- Μεταφορά θερμότητας: αγωγή, συναγωγή (φυσική και εξαναγκασμένη), ακτινοβολία.
- Ροή θερμότητας μέσα σε στερεά και διαμέσου αυτών. Αντιστάσεις και σύνθετες αντιστάσεις – βλ. επόμενη ενότητα
- Ροή θερμότητας μέσα από ρευστά και χρήση τους για ανταλλαγή θερμότητας. Ομορροή/Αντιρροή, Ισοζύγια ενθαλπίας. Εναλλάκτες, συμπυκνωτήρες. Συντελεστές μεταφοράς θερμότητας. Μέση Λογαριθμική Διαφορά Θερμοκρασίας.
- Μεταφορά θερμότητας χωρίς και με αλλαγή φάσης.
- Ακτινοβολία μεταξύ επιφανειών.
- Εξάτμιση: οδηγεί σε πιο συμπυκνωμένο ρευστό – όχι στερεό, αλλιώς πρόκειται για ξήρανση.
- Διάχυση
- Απορρόφηση
- Ύγρανση
- Διεργασίες Ισορροπίας: απόσταξη με εκτόνωση, συνεχής απόσταξη με επαναρροή
- έκπλυση ή εκχύλιση στερεών, εκχύλιση υγρών
- διαχωρισμοί σταθερής κλίνης: προσρόφηση, ιοντοεναλλαγή, διαχωρισμοί με μεμβράνες
- Ελάττωση μεγέθους, δηλ.
- Μηχανικοί διαχωρισμοί: κοσκίνιση, διήθηση (φιλτρόπρεσσες, φυγοκέντρωση), κατακάθιση, θρόμβωση-πύκνωση, κυκλώνες κλπ.