

Φυσικές Διεργασίες I

Χειμερινό Εξάμηνο 2025-26

- Διδάσκων: Χρ. Παρασκευά, Καθηγητής
- Φροντιστήριο: Μεταπτ. Φοιτητής: ???
- Εργαστήριο Unisim (HYSYS): Χριστιάνα Αλεξανδρίδου, ΧΜ, ΕΔΙΠ
- Βασικά Βιβλία: **Αρχές Διεργασιών Διαχωρισμού-** [Αρχές Διεργασιών Μεταφοράς + Διεργασιών Μεταφοράς], **Christie John Geankopolis, A. Allen Hersel, Daniel H. Lepek**, επιμέλεια Βαρβάρα Συγγούνη, Χριστάκης Παρασκευά, Πέτρος Κουτσούκος
- **Παραδόσεις- Φροντιστήρια**
- 4-5 Σειρές Ασκήσεων (ΣΑ) + 1 μονάδα αν στην τελική εξέταση γράψετε >5.0

Τελικός Βαθμός

- Τελική εξέταση, 85 % +Unisim 15% + bonus ασκήσεων

ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΟΥ Aspen HYSYS/UNISIM, ΕΙΝΑΙ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΟ, έστω και με βαθμό <5!!!

Σχετικό: Εργαστήριο Διεργασιών I (4 ασκήσεις ΦΔ + 4 ασκήσεις ΧΔ)₁



Christie John Geankoplis • A. Allen Hersel • Daniel H. Lepek

ΑΡΧΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

ΑΡΧΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ
ΚΑΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

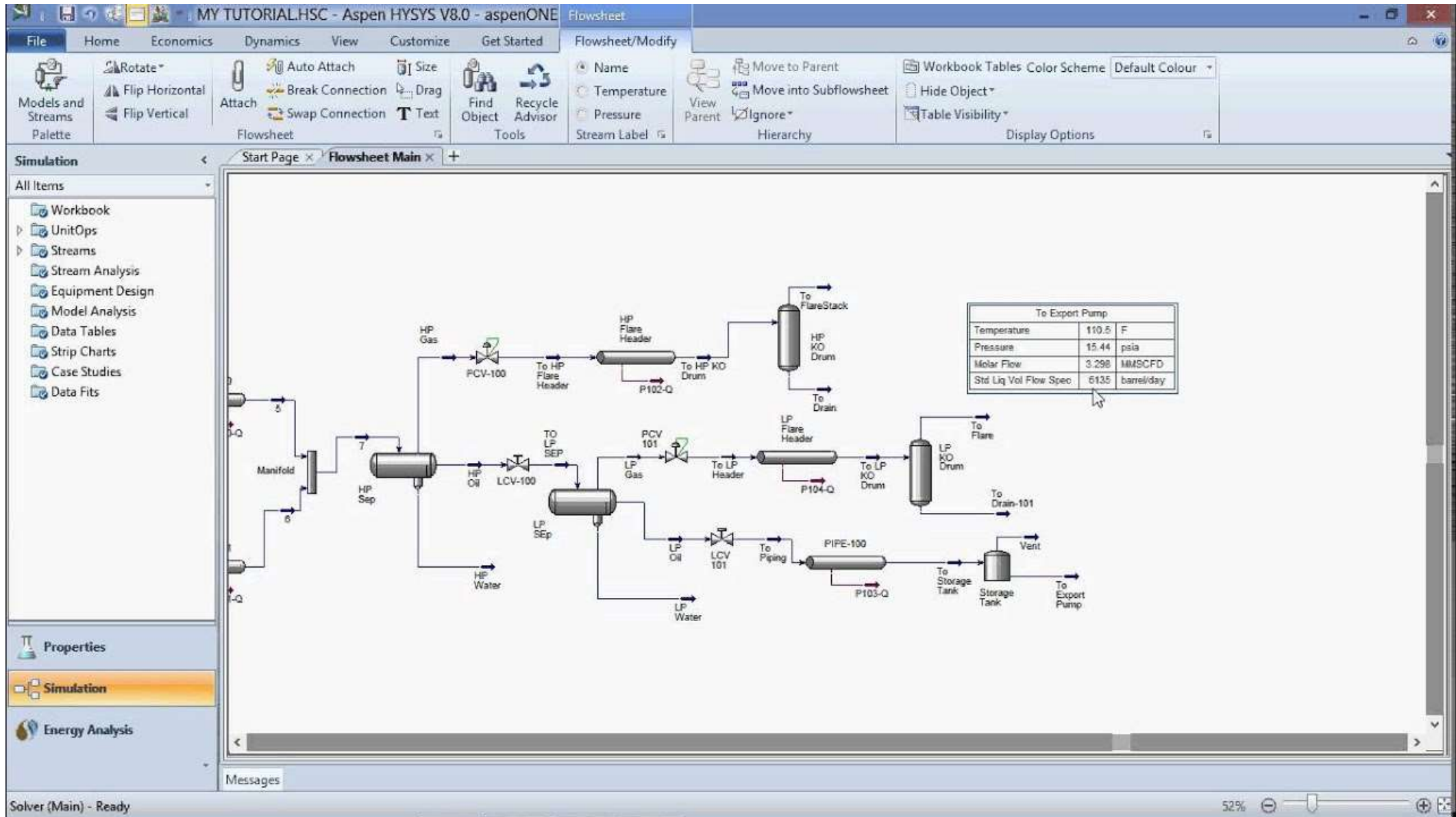
Βαρβάρα Γ. Συγγούνη • Χριστάκης Α. Παρασκευά • Πέτρος Γ. Κουτσούκος



2025-2026

- Θεωρία
- Σειρές Ασκήσεων
- Θέματα

UNISIM (Aspen HYSYS) -8 έως 10 υπολογιστικές ασκήσεις

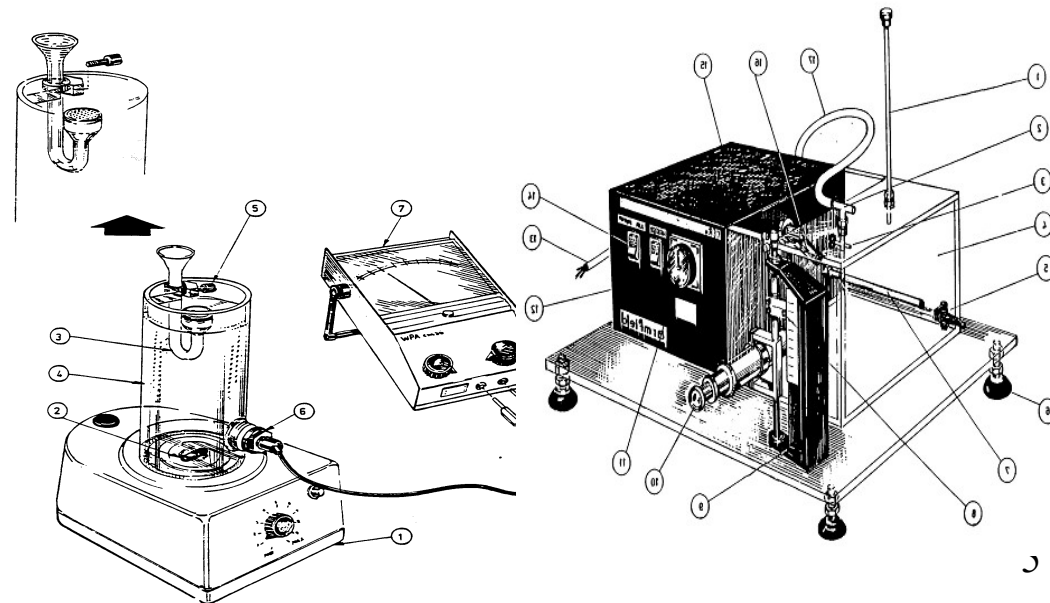
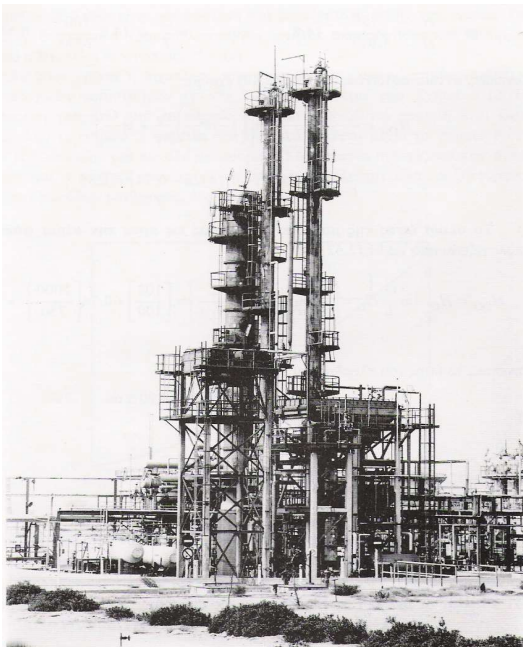
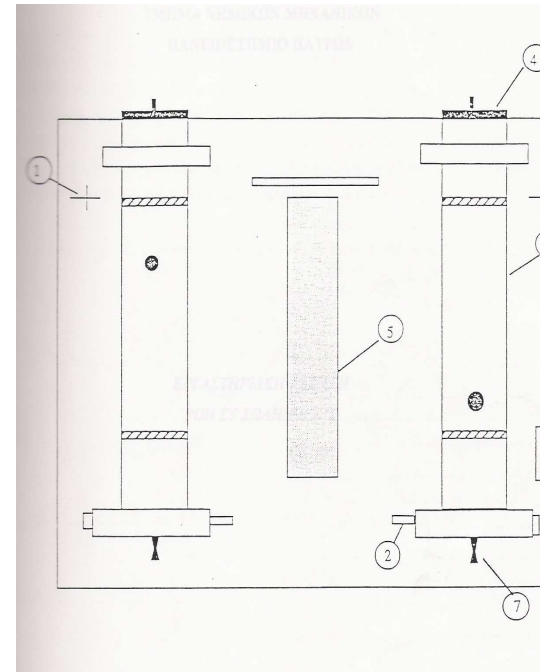


Περιεχόμενο Μαθήματος

- | | |
|-------------------------|-----------|
| • Εισαγωγή | • 2 ώρες |
| • Εργαστήριο Διεργασιών | • 2 ώρες |
| -Κλίνες | • 2 ώρες |
| • Ισορροπία ατμών-υγρού | • 4 ώρες |
| • Απλές Αποστάξεις | • 8 ώρες |
| • Κλασματική απόσταξη | • 20 ώρες |
| • Απορρόφηση Αερίων | • 16 ώρες |
| • Εκχύλιση | • 4 ώρες |
| • Μembrάνες | • 4 ώρες |
| • Προσρόφηση | • 6 ώρες |
| • Επανάληψη | • 4 ώρες |

Σύνολο: 76 ώρες (?) διαθέσιμες
 $13 \times 4 + 52$

Εργαστήριο Διεργασιών Ι (Χρ. Παρασκευά/Αλ. Κατσαούνης/ Δ. Σωτηροπούλου/Suzanne Brosda)



Εισαγωγή

Οι **διεργασίες διαχωρισμού** σε χημικά μείγματα είναι γνωστές εδώ και χιλιετίες.

Οι πρώτοι πολιτισμοί ανέπτυξαν διεργασίες για:

- (1) την **εξαγωγή μετάλλων** από μεταλλεύματα, αρωμάτων από άνθη, χρωστικών από φυτά και καλίου (ποτάσσας) από απανθρακωμένα φυτά,
- (2) την **εξάτμιση του θαλασσινού νερού** για την παραγωγή αλατιού,
- (3) τη **διύλιση της φυσικής ασφάλτου** και
- (4) την **απόσταξη των υγρών**.
- (5) το ανθρώπινο σώμα δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει εάν **τα νεφρά** δεν διαχώριζαν το νερό και τα απόβλητα του οργανισμού από το αίμα

Εισαγωγή

- Οι χημικοί μηχανικοί **σχεδιάζουν εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας**, οι οποίες χρησιμοποιούν **μεθόδους διαχωρισμού**, οι οποίες συνήθως διαφέρουν σημαντικά από τις αντίστοιχες, οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους χημικούς στα εργαστήρια.
- Περιλαμβάνονται όλες οι συνήθεις μοναδιαίες διεργασίες (UNIT OPERATIONS), όπως η **απόσταξη** (τόσο η συνεχής όσο και η ασυνεχής), η **απορρόφηση αερίου**, η **εκρόφηση συστατικών** (stripping), η **εκχύλιση υγρού-υγρού ή υγρού-στερεού**, οι **διαχωρισμοί με μεμβράνες**, η **προσρόφηση αερίου και υγρού**, κλπ
- Αυτές οι μέθοδοι σχεδιασμού ενσωματώνονται σε εμπορικούς, υποβοηθούμενους από υπολογιστή, εξομοιωτές διεργασιών, όπως οι Aspen Plus, **Aspen HYSYS/UNISIM**, CHEMCAD, ChemSep, ProSimPlus και UniSim.

Εισαγωγή

Οι Χημικοί Μηχανικοί **σχεδιάζουν εγκαταστάσεις ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΑΙΜΑΚΑΣ**, οι οποίες χρησιμοποιούν **μεθόδους διαχωρισμού**, που συνήθως διαφέρουν σημαντικά από τις αντίστοιχες, οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους χημικούς στα εργαστήρια.

<https://www.youtube.com/watch?v=WqU9hjlS8hU&t=11s>

<https://www.youtube.com/watch?v=xRPKQPeCU6k>

Εισαγωγή

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Βιομηχανία πετρελαίου

- Εξόρυξη, προκατεργασία, απόσταξη, καταλυτική μετατροπή κλασμάτων, ανάμιξη και προσθήκη υλικών, αποθήκευση τελικών προϊόντων (κλαστική μέθοδος)

- <https://www.youtube.com/watch?v=xMQUGSrnbP8&t=27s>

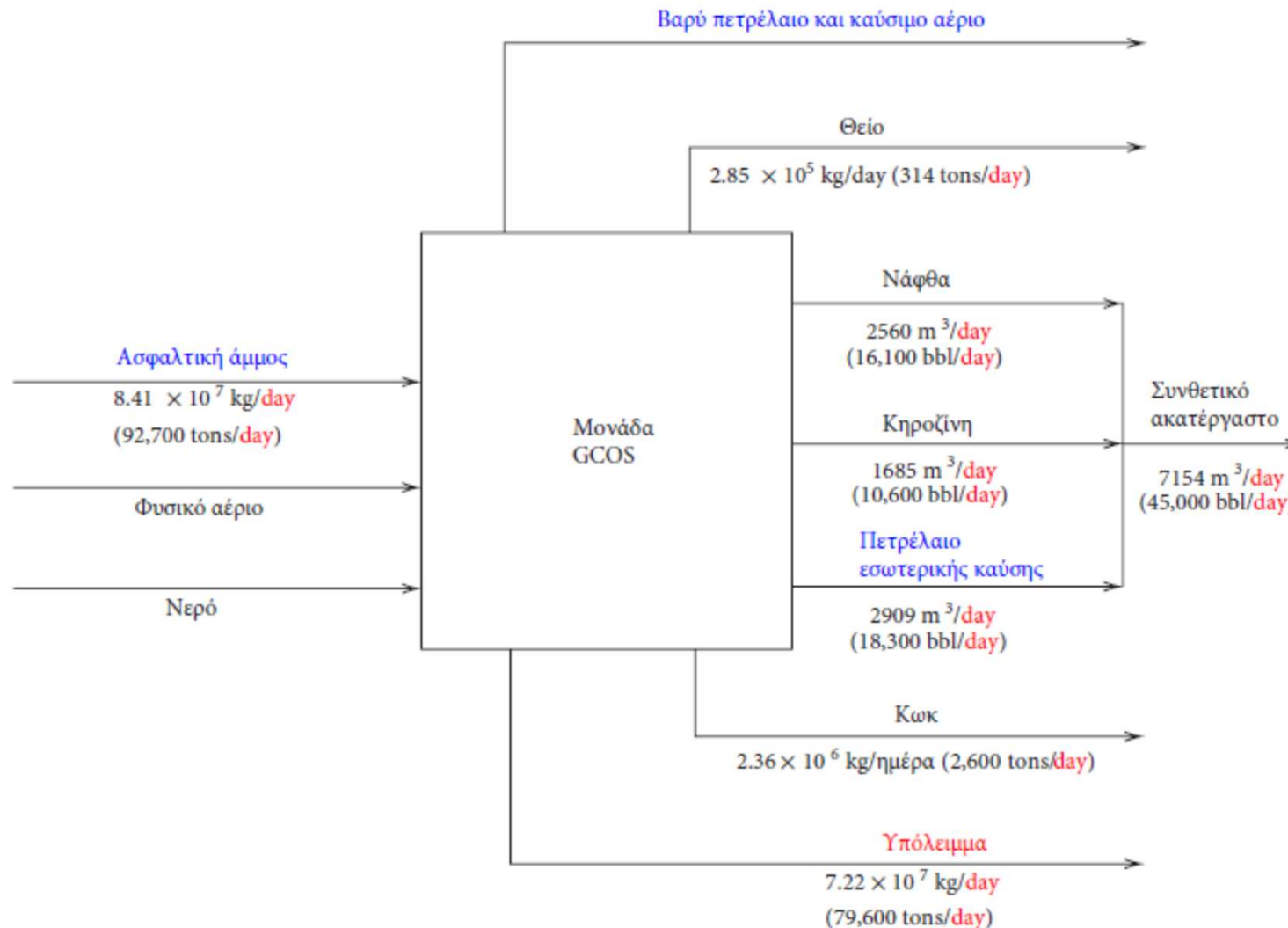
- Παραγωγή συνθετικού αργού πετρελαίου από πετρελαιοφόρους άμμους και έγκλειστο πετρέλαιο με χρήση οριζόντιας γεώτρησης ακολουθούμενης από υδρορρηγμάτωση σχιστολιθικών κοιτασμάτων (fracking of shale deposits), για την παραγωγή μιας ποικιλίας προϊόντων με βάση τους υδρογονάνθρακες. Για παράδειγμα, από το 1967, ο Καναδάς ξεκίνησε να αυξάνει δραματικά την παραγωγή του σε πετρέλαιο με επεξεργασία των ασφαλτικών άμμων (tar sands) στο τεράστιο κοίτασμα του Athabasca στην επαρχία της Alberta.

Παραγωγή θειϊκού οξέως

- Εξόρυξη θειούχων μεταλλευμάτων, διαχωρισμός πυρίτη, προκατεργασία, καύση πυρίτη προς SO_2 , καθαρισμός αερίων καύσης, καταλυτική μετατροπή SO_2 σε SO_3 , ενυδάτωση, αποθήκευση H_2SO_4

Φυσικές Διεργασίες

Εικόνα 1.1 Διεργασία της GCOS για παραγωγή συνθετικού αργού πετρελαίου από τις πετρελαιοφόρες άμμους της канаδικής Athabasca.



Φυσικές Διεργασίες

ΝΑΦΘΑ

Η **νάφθα** είναι *ενδιάμεσο* προϊόν διύλισης του πετρελαίου. Δηλαδή δεν αποτελεί τελικό εμπορεύσιμο καύσιμο, αλλά προϊόν της πρώτης απόσταξης του αργού, ή και προϊόν άλλων διεργασιών όπως η καταλυτική πυρόλυση και άλλες, το οποίο τυγχάνει κατόπιν περαιτέρω επεξεργασίας για να δώσει καύσιμα προϊόντα επιθυμητών προδιαγραφών όπως η βενζίνη^[1]. Ο όρος νάφθα είναι ένας **αρκετά γενικός όρος** και όχι αρκετά ακριβής όρος, διότι κάθε ένα διυλιστήριο δεν είναι ποτέ ακριβώς το ίδιο με κάποιο άλλο και η «νάφθα» που παράγει κάποια μονάδα δεν είναι η ίδια με τη «νάφθα» κάποιας άλλης. Ωστόσο γενικά μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται **για μείγμα υδρογονανθράκων που έχει αρχικό σημείο βρασμού περίπου 35 °C και τελικό σημείο βρασμού περίπου 200 °C και αποτελείται κυρίως από παραφίνες, ναφθένια και αρωματικούς υδρογονάνθρακες τεσσάρων ως και δέκα ή έντεκα ατόμων άνθρακα.**

Το σημείο ανάφλεξης της νάφθας είναι από -2 έως 37 βαθμούς Κελσίου περίπου και το σημείο αυτανάφλεξης στους 227 °C.^[2]

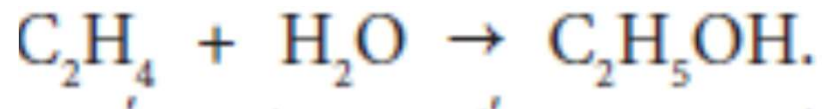
Νάφθα δηλαδή αποκαλείται γενικά, αλλά όχι μόνο, το κλάσμα της απόσταξης του αργού πετρελαίου που βρίσκεται μεταξύ του LPG (δηλαδή των αερίων της κορυφής της απόσταξης) και της κηροζίνης. Το κλάσμα αυτό αποτελείται κυρίως από αλκάνια και ναφθένια με 5 έως 9 άτομα άνθρακα.

Η νάφθα ως παράγωγο του πετρελαίου ανήκει στα πετροχημικά προϊόντα.

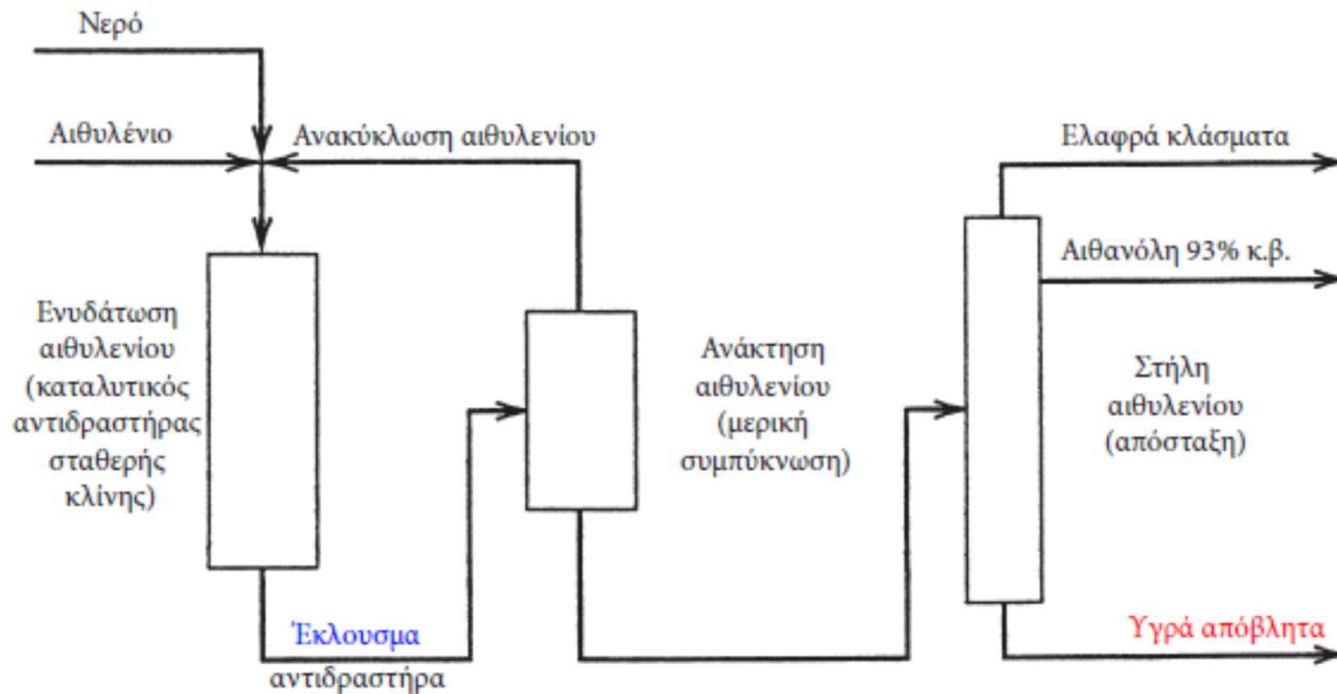
Με το όνομα νάφθα χαρακτηρίζεται και το ακάθαρμο πετρέλαιο καθώς και διάφορα κλάσματα λιθανθρακόπισσας τα οποία περιέχουν κυρίως ξυλόλιο και άλλα ανώτερα ομόλογα

Φυσικές Διεργασίες

Παραγωγή αιθανόλης από καθαρό αιθυλένιο



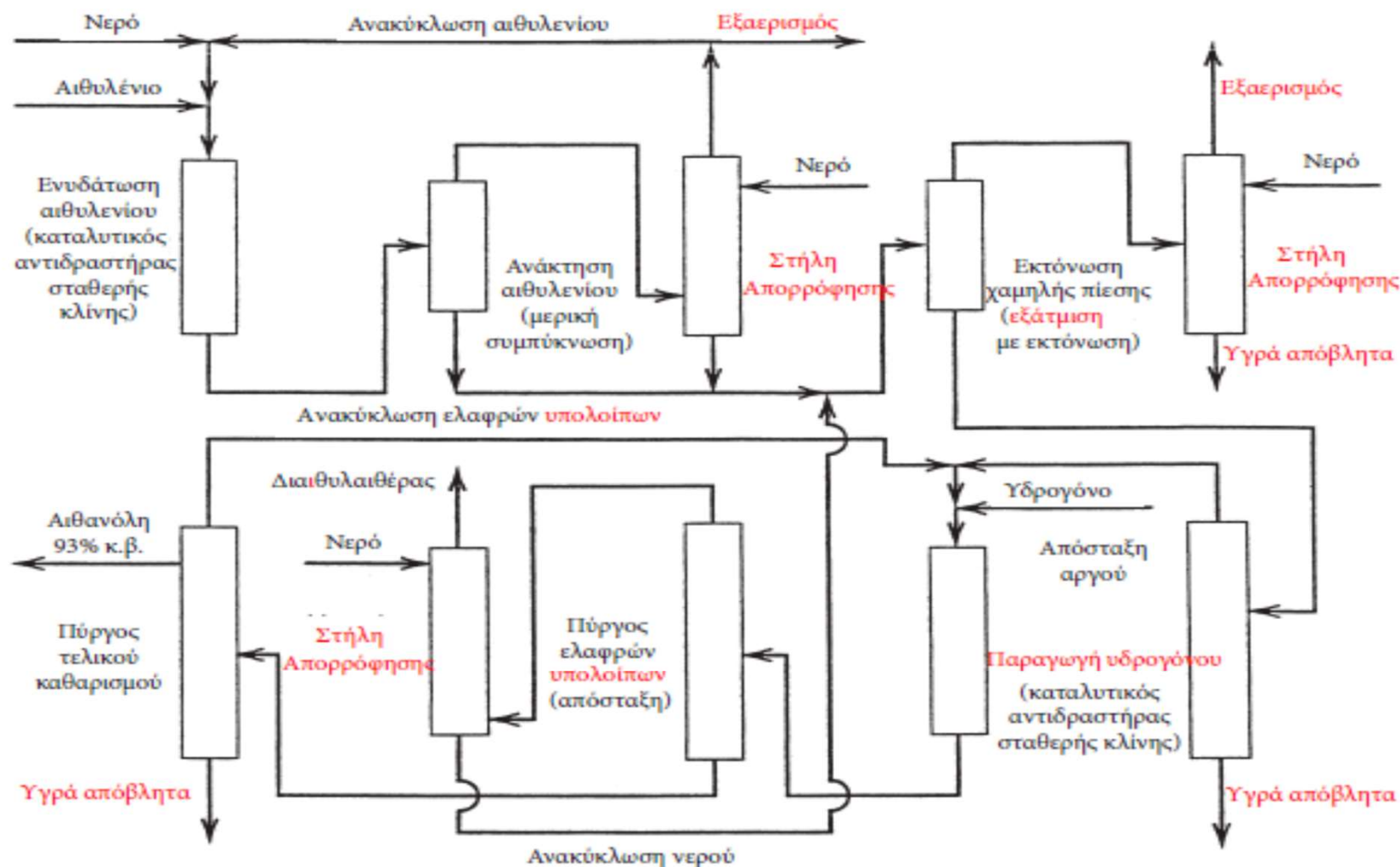
Εικόνα 1.3 Διεργασία ενυδάτωσης του αιθυλενίου προς αιθανόλη.



Φυσικές Διεργασίες

(... δυστυχώς λόγω προσμίξεων στην τροφοδοσία του αιθυλενίου και λόγω των παράπλευρων αντιδράσεων η διεργασία μεγαλώνει !!!)

Εικόνα 1.4 Βιομηχανική διεργασία για την ενυδάτωση του αιθυλενίου προς αιθανόλη.



Φυσικές Διεργασίες

«Το σύνολο των διεργασιών με τις οποίες επιτυγχάνεται η οικονομική παραγωγή αγαθών αποτελεί το αντικείμενο της Χημικής Μηχανικής», The philosophy and logic of Chemical Engineering, H.F. Race, 1961

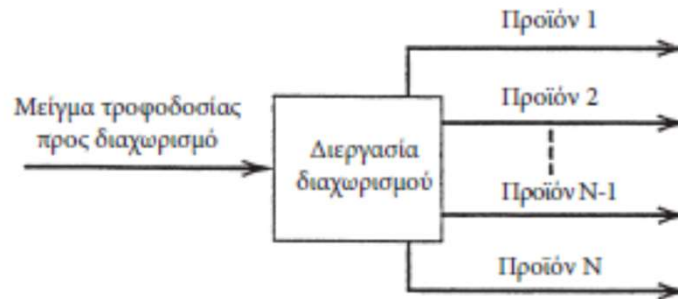
- Χημικές Διεργασίες → μεταβολή της χημικής σύστασης
- Φυσικές Διεργασίες → διαχωρισμού και μεταβολής συνθηκών (απόσταξη, ανάμιξη, θέρμανση, συμπύκνωση)
 - Διαχωρισμού: προϊόντα διαφορετικής σύστασης/ ή και φυσικών ιδιοτήτων
 - Μεταβολής συνθηκών: προϊόντα διαφορετικών συνθηκών

Μια χημική βιομηχανία έχει βασικά τμήματα, (i) το τμήμα κατεργασίας των πρώτων υλών, (ii) το τμήμα των χημικών αντιδραστήρων και (iii) **το τμήμα κατεργασίας και διαχωρισμού των προϊόντων**

(+ και το τμήμα κατεργασίας των αποβλήτων της βιομηχανικής μονάδας).
Το (iii) συχνά αφορά ένα υψηλό πάγιο και λειτουργικό κόστος μιας βιομηχανικής εγκατάστασης.

Φυσικές Διεργασίες ή ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ (Διεργασίες) Διαχωρισμού

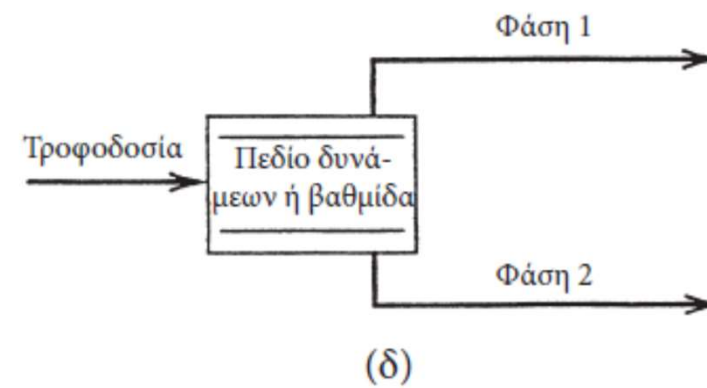
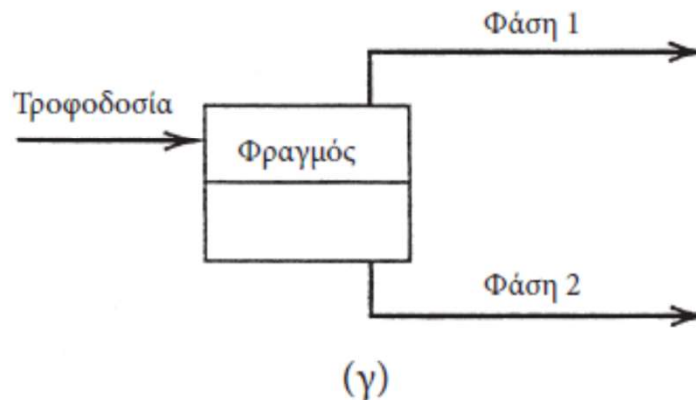
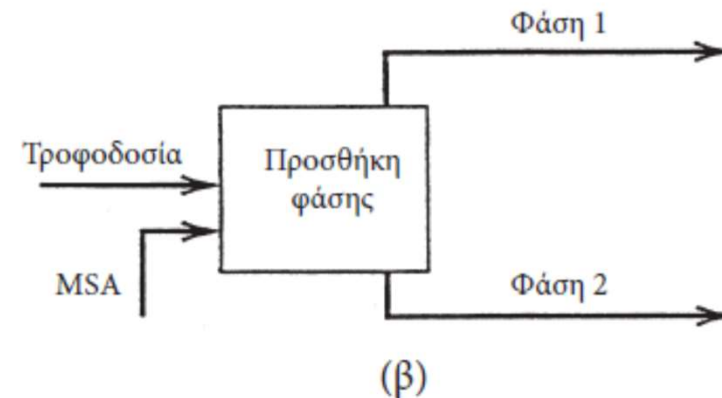
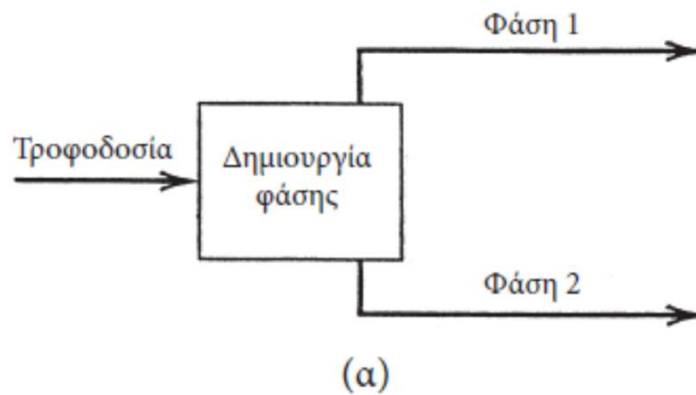
Εικόνα 1.5 Γενική διεργασία διαχωρισμού.



Ο διαχωρισμός ενός χημικού μείγματος στα συστατικά του δεν είναι αυθόρμητη διεργασία, όπως η ανάμειξη με διάχυση διαλυτών συστατικών. Οι διαχωρισμοί απαιτούν ενέργεια κάποιας μορφής. Το προς διαχωρισμό στα μεμονωμένα χημικά του είδη μείγμα είναι συνήθως μια απλή ομοιογενής φάση. Εάν πρόκειται για μείγμα πολλών φάσεων, είναι συχνά καλύτερο να διαχωρίζονται πρώτα οι φάσεις με βαρύτητα ή φυγοκέντρωση και να ακολουθεί ο διαχωρισμός κάθε φάσης του μείγματος.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ (Διεργασίες) Διαχωρισμού

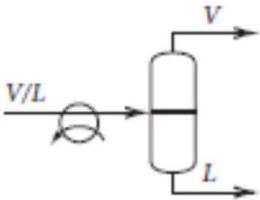
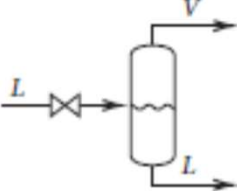
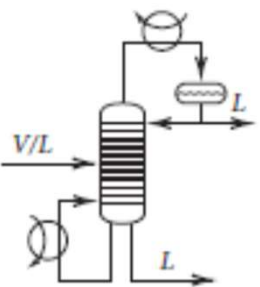
Βασικές τεχνικές διεργασιών διαχωρισμού: (α) διαχωρισμός με δημιουργία φάσης, (β) διαχωρισμός με προσθήκη φάσης, (γ) διαχωρισμός με φραγμό, (δ) διαχωρισμός με εξωτερικό πεδίο δυνάμεων ή βαθμίδα.



Ο ρυθμός διαχωρισμού διέπεται από τους ρυθμούς μεταφοράς μάζας των διαφορετικών συστατικών ενώ η έκταση του διαχωρισμού περιορίζεται από τη θερμοδυναμική ισορροπία.

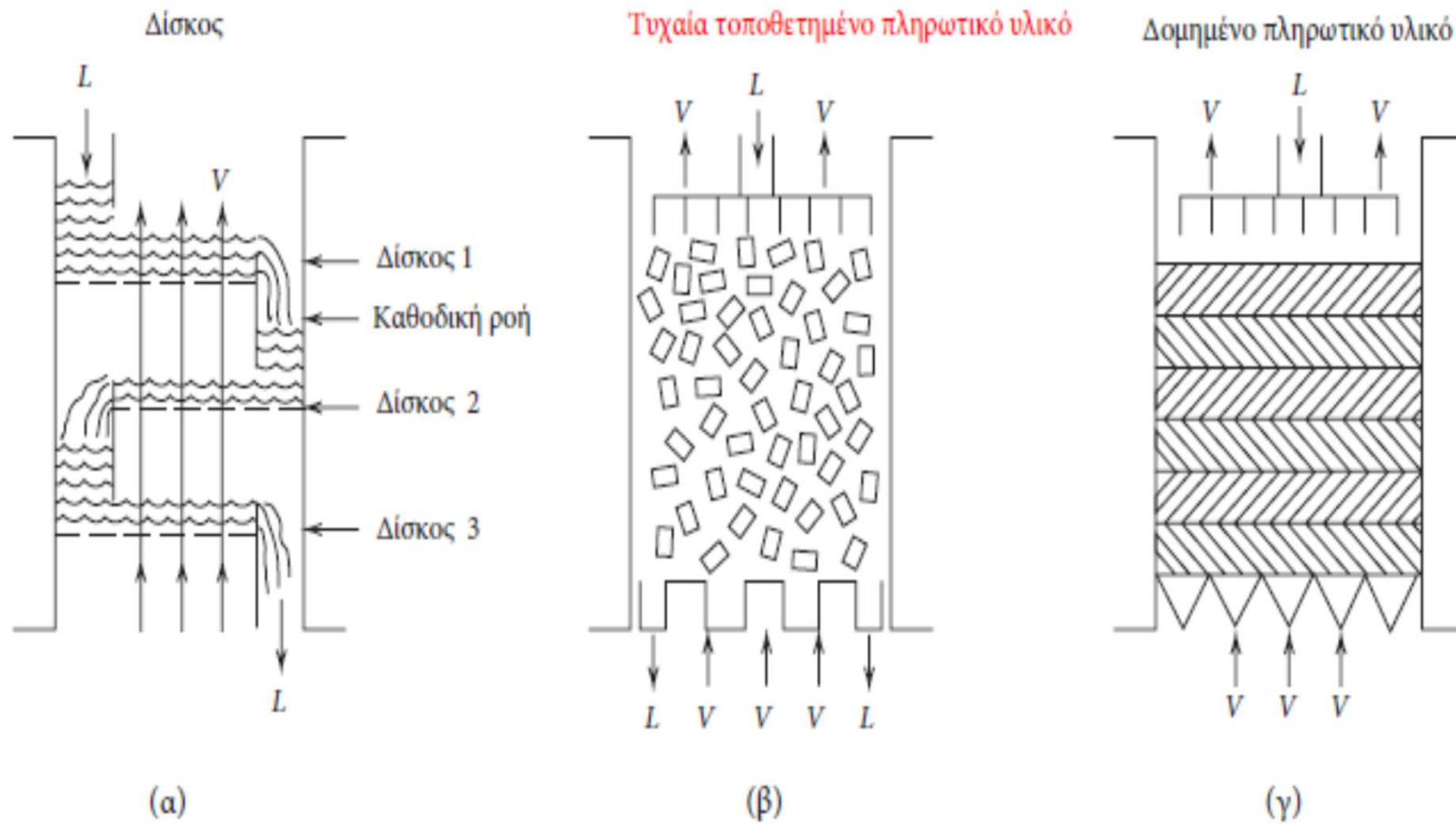
ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ (Διεργασίες) Διαχωρισμού)

α) Δημιουργία Φάσης

Πίνακας 1.1	Συνήθειες διεργασίες διαχωρισμού βασιζόμενες στη δημιουργία φάσης			
Διεργασία διαχωρισμού	Σύμβολο	Φάση τροφοδοσίας	Δημιουργούμενη φάση	Παράγοντας(ες) διαχωρισμού
(1) Μερική συμπύκνωση ή εξάτμιση		Ατμός ή/και υγρό	Υγρό ή ατμός	Μεταφορά θερμότητας (ESA)
(2) Εξάτμιση με εκτόνωση		Υγρό	Ατμός	Μείωση πίεσης
(3) Απόσταξη		Ατμός ή/και υγρό	Ατμός και υγρό	Μεταφορά θερμότητας (ESA) και μερικές φορές, αξονικό έργο (ESA)

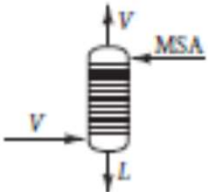
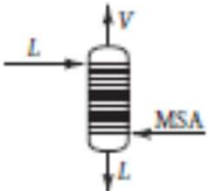
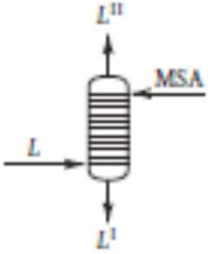
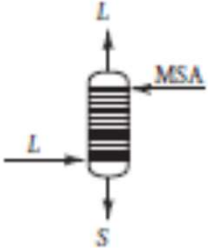
ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ (Διεργασίες) Διαχωρισμού)

α) Δημιουργία Φάσης



ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ (Διεργασίες) Διαχωρισμού)

β) Προσθήκη Φάσης

Πίνακας 1.2	Συνήθειες διεργασίες διαχωρισμού βασισζόμενες σε προσθήκη φάσης			
Διεργασία διαχωρισμού	Σύμβολο	Φάση τροφοδοσίας	Προστιθέμενη φάση	Παράγοντας(ες) διαχωρισμού
(1) Απορρόφηση		Ατμός	Υγρό	Υγρή απορροφητική ουσία (διαλύτης) (MSA)
(2) Εκρόφιση		Υγρό	Ατμός	Ατμός εκρόφισης (MSA)
(3) Εκχύλιση υγρού-υγρού		Υγρό	Υγρό	Υγρός διαλύτης (MSA)
(4) Προσρόφιση		Ατμός ή υγρό	Στερεό	Στερεός προσροφητής (MSA)

ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ (Διεργασίες) Διαχωρισμού

γ) Φραγμοί

Πίνακας 1.3 Συνήθεις διεργασίες διαχωρισμού βασισμένες σε φραγμούς				
Διεργασία διαχωρισμού	Σύμβολο	Φάση τροφοδοσίας	Φραγμός	Παράγοντας(ες) διαχωρισμού
(1) Διαπίδυση		Υγρό	Μικροπορώδης μεμβράνη	Πίεση (ESA)
(2) Αντίστροφη ώσμωση		Υγρό	Μικροπορώδης μεμβράνη	Πίεση (ESA)
(3) Διαπέραση αερίου		Ατμός	Μη πορώδης μεμβράνη	Πίεση (ESA)
(4) Διεξάτμιση		Υγρό	Μη πορώδης μεμβράνη	Μετοφορά πίεσης και θερμότητας (ESA)

ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ (Διεργασίες) Διαχωρισμού)

δ) Πεδίο δυνάμεων ή βαθμίδα

Τα εξωτερικά πεδία αξιοποιούν τους διαφορετικούς βαθμούς ανταπόκρισης συγκεκριμένων μορίων. Η φυγοκέντρωση επιβάλλει πεδίο πιέσεων, λόγω του οποίου διαχωρίζονται τα μείγματα αναλόγως του μεγέθους, του σχήματος και της πυκνότητάς των μορίων. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για το διαχωρισμό του $^{235}\text{UF}_6$ από το $^{238}\text{UF}_6$ και ακόμη είναι δυνατό να επιτευχθεί διαχωρισμός μεγάλων μορίων πολυμερών ανάλογα με το μοριακό τους βάρος. Το ισότοπό του, ^{235}U χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε πυρηνικούς αντιδραστήρες και ως σχάσιμο υλικό σε πυρηνικά όπλα. Το φυσικό ουράνιο είναι μίγμα τριών κυρίως ισοτόπων του: ^{238}U (~99,2%), ^{235}U (~0,75%) και ^{234}U (~0,05%) (και τα τρία είναι ραδιενεργά). [\(20+\) Βίντεο | Facebook](#)

Εάν εφαρμοσθεί θερμοκρασιακή βαθμίδα, σε ομοιογενές διάλυμα οι βαθμίδες συγκέντρωσης, έχουν ως αποτέλεσμα **θερμική διάχυση** εξ επαγωγής. Η θερμική διάχυση έχει χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση του διαχωρισμού ισοτόπων σε διεργασίες διαπέρασης.

Κατά τη διάσπαση νερού, το οποίο περιέχει ατομικό κλάσμα δευτερίου 0,000149, με **ηλεκτρόλυση** προς υδρογόνο και οξυγόνο, η συγκέντρωση του δευτερίου στο υδρογόνο είναι χαμηλότερη από τη συγκέντρωσή του στο νερό. Μέχρι το 1953, η διεργασία αυτή αποτελούσε τον κύριο τρόπο παραγωγής βαρέος ύδατος (το βαρύ ύδωρ μειώνει την ενέργεια των νετρονίων, χρησιμοποιείται κυρίως στους πυρηνικούς αντιδραστήρες ως επιβραδυντής).

Κατά την **ηλεκτροδιαπίδυση**, μεμβράνες, διαπερατές σε κατιόντα και ανιόντα φέρουν σταθερό φορτίο, το οποίο αποτρέπει τη μετανάστευση ειδών ομοσήμου φορτίου. Το φαινόμενο αυτό βρίσκει εφαρμογή στην αφαλάτωση του θαλασσινού νερού. Συναφής διεργασία, είναι η **ηλεκτροφόρηση**, κατά την οποία αξιοποιούνται οι διαφορετικές ταχύτητες μετανάστευσης των φορτισμένων 21 κolloειδών ή αιωρούμενων σωματιδίων σε ηλεκτρικό πεδίο.

Ισορροπία ατμών- υγρού

- Κανόνας των Φάσεων (Gibbs)

- $F = C - p + 2$

Όπου F : βαθμός ελευθερίας
 p : αριθμός των φάσεων
 C : αριθμός συστατικών

Πχ. Απόσταξη τολουόλιο-βενζόλιο, $C=2$,
 $P=2 \Rightarrow F=2$

[συνήθως πίεση, P , θερμοκρασία, T ή η
 συγκέντρωση ενός συστατικού (x_A ,
 $y_A, x_B=1-x_A, y_B=1-y_A$)]

P = σταθ., T μεταβλητή $\Rightarrow x_A, y_A$ προκύπτουν
 x_A μεταβλητή $\Rightarrow y_A, T$ προκύπτουν
 y_A μεταβλητή $\Rightarrow x_A, T$ προκύπτουν

Φάση I	Φάση II
• T	$\longleftrightarrow$
• P	$\longleftrightarrow$
• μ_i	$\longleftrightarrow$

Π.χ. Πολυσύστατα μίγματα,

$$C=N>2, \Rightarrow F=N$$

Μεταβλητές, $P, T, x_1, x_2, \dots, x_{N-1}, y_1,$
 $y_2, \dots, y_{N-1}$.

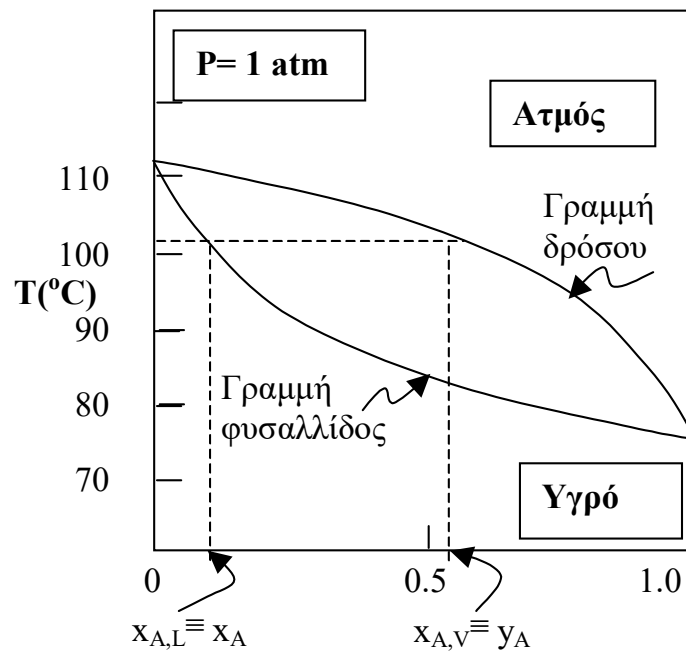
*Η ισορροπία υγρού ατμού δεν
 μπορεί να παρασταθεί από μια
 καμπύλη*

$$\sum_1^n x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n = 1$$

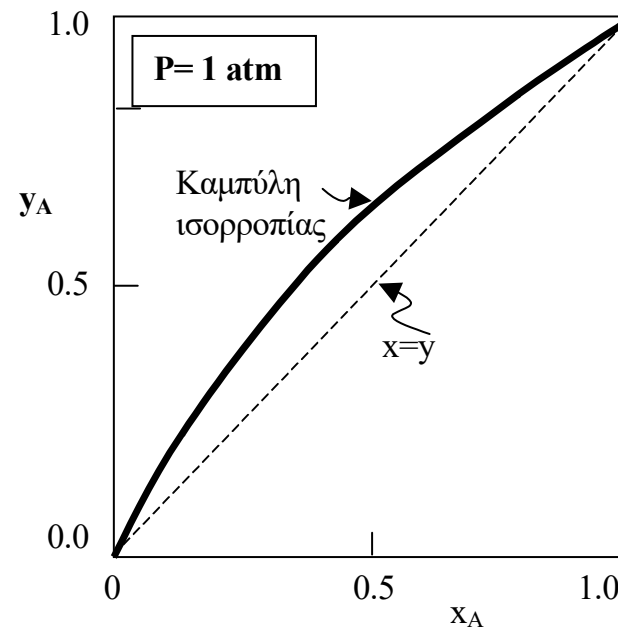
$$\sum_1^n y_i = y_1 + y_2 + \dots + y_n = 1$$

Διαγράμματα

- Διάγραμμα βρασμού



- Καμπύλη Βρασμού



Τέλεια Μίγματα

- Η φάση ατμών ενός συστήματος θα θεωρείται τέλεια εάν ακολουθεί τους νόμους των τελείων αερίων ($P < 10 \text{ atm}$)
- Ένα υγρό καλείται τέλειο (ή ιδανικό εάν κατά τον σχηματισμό από την ανάμιξη των συστατικών του, δεν επέρχεται μεταβολή όγκου ούτε παρατηρείται έκλυση ή απορρόφηση θερμότητας)

- Κανόνας Lewis-Randal

$$f_i^L = x_i f_i^0$$

Όπου f_i^L πτητικότητα του συστατικού i και f_i^0 η πτητικότητα του καθαρού i στην θερμοκρασία και πίεση του μίγματος

Στην ισορροπία $f_i^L = f_i^V$

$dF = RT d(\ln f)$, $T = \text{σταθερή}$ και $\lim(f/P) \rightarrow 1 \text{ (} P \rightarrow 0 \text{)}$

Τέλεια Μίγματα (συνέχεια)

- **Νόμος του Raoult (P<10 atm)**

$$P_i = x_i P_i^0$$

- ***P_i***: μερική πίεση του **i** στο μίγμα.
- ***P_i⁰*** τάση ατμών του καθαρού **i** στην θερμοκρασία του μίγματος
- Για την τέλεια φάση ατμών ισχύει ο **νόμος του Dalton**

$$P_i = y_i P$$

$$P = \sum_1^n P_i = P_1 + P_2 + \dots P_n$$

$$x_i P_i^0 = y_i P$$

- Για διμερές μίγμα **A, B** (ισορροπία)

$$x_A P_A^0 = y_A P$$

$$x_B P_B^0 = y_B P \quad or \quad (1 - x_A) P_B^0 = (1 - y_A) P$$

- Λύνοντας για **x_A** και **y_A** λαμβάνουμε:

$$x_A = \frac{P - P_B^0}{P_A^0 - P_B^0}$$

$$y_A = \frac{P_A^0}{P} x_A \quad or \quad y_A = \frac{P_A^0}{P} \frac{(P - P_B^0)}{(P_A^0 - P_B^0)}$$

Τέλεια Μίγματα (συνέχεια)

- Εξίσωση Clausius –Claperon

$$\frac{dP^0}{dT} = \frac{\Delta H_v}{T\Delta V_v} = \frac{\Delta H_v}{RT^2/P^0\Delta z_v} \text{ or}$$

$$\frac{d \ln P^0}{d(1/T)} = -\frac{\Delta H_v}{R\Delta z_v}$$

Όπου ΔH_v και Δz_v αναφέρονται στην διαφορά των ενθαλπιών και των συντελεστών συμπίεστότητας αντίστοιχα, των κορεσμένων φάσεων ατμού και υγρού. Ολοκλήρωση της ανωτέρω εξ.

$$\ln P^0 = A - \frac{B}{T}, \text{ όπου } A \text{ σταθ. ολοκλήρωσης}$$

και $B = -\frac{\Delta H_v}{R\Delta z_v}$

- Εξίσωση Antoine

$$\ln P^0 = A - \frac{B}{C + T}$$

Οι σταθερές A, B και C είναι χαρακτηριστικές της ουσίας, δίδονται σε πίνακες.

Προσοχή: T σε kelvin, P⁰ σε bars

- Μόνο στην περιοχή T_{min}-T_{max}
- Άλλες εξισώσεις: Wagner, Gomez and Thodos, κλπ.

Πραγματικά διαλύματα

- Αέρια φάση

$$f_i^v = \Phi_i y_i P,$$

Όπου Φ_i : συντελεστής πτητικότητας

- Υγρή φάση

$$f_i^L = \gamma_i x_i f_i^0$$

Όπου γ_i : συντελεστής ενεργότητας

Εξίσωση ισορροπίας

$$\Phi_i y_i P = \gamma_i x_i f_i^0$$

Φ_i, γ_i, f_i^0 από συγγράμματα
φυσικοχημείας

- Συντελεστής κατανομής

$$k_i = \left(\frac{y_i}{x_i} \right) = \frac{\gamma_i f_i^0}{\Phi_i P} \xrightarrow{\text{ιδαν. μίγματα}} \frac{P_i^0}{P}$$

Για ένα διμερές μίγμα Α, Β

$$x_A = \frac{1 - k_B(T, P)}{k_A(T, P) - k_B(T, P)}$$

$$y_A = \frac{k_A(T, P) - k_A(T, P)k_B(T, P)}{k_A(T, P) - k_B(T, P)}$$

k_i ανεξάρτητος από την
συγκέντρωση

Σχετική πτητικότητα, $a_{i,j}$

- Για δύο συστατικά A, B

$$a_{ij} = \frac{y_i / x_i}{y_j / x_j} \xrightarrow{\text{διμερές (A,B)}} = \frac{y_A / x_A}{y_B / x_B} = \frac{k_A(T,P)}{k_B(T,P)} \xrightarrow{\text{τελεία μίγματα}} = \frac{P_A^0}{P_B^0}$$

- Θεωρούμε i ως το πλέον πτητικό, $a_{ij} > 1$
- Όσο μεγαλύτερο το a_{ij} τόσο ευκολότερα διαχωρίζονται τα i, j
- Σε μη ιδανικά μίγματα η a_{ij} εξαρτάται ισχυρά από την συγκέντρωση
- Η σχ. πτητικότητα ασθενώς εξάρτηση της θερμοκρασίας, ιδίως για συγγενείς ουσίες

- Για διμερές μίγμα A,B εξάγεται

$$y_A = \frac{a_{AB} x_A}{1 + (a_{AB} - 1)x_A}$$

Έκφραση της κατάστασης ισορροπίας (συνδέει τις συστάσεις y_A και x_A του συστατικού A στην φάση ατμών και του υγρού κατά την ισορροπία) μέσω της σχετικής πτητικότητας.

Συνήθεις τρόποι παράστασης της ισορροπίας

- Διαγράμματα πίεσης-
συστάσεως ($P-x,y$) υπό
σταθερή πίεση
- Διαγράμματα θερμοκρασίας-
συστάσεως ($T-x,y$) υπό
σταθερή P (διαγράμματα
βρασμού)
- Διαγράμματα συστάσεων σε
ισορροπία υπό σταθερή P
(διαγράμματα ισορροπίας)
- Διαγράμματα πίεσης-
συστάσεως ($P-x,y$) υπό
σταθερή πίεση