



**Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**  
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

# Χημική και Περιβαλλοντική Τεχνολογία

## Διάλεξη 1<sup>η</sup>: Βασικές έννοιες - Ορισμοί

**Νικόλαος Γ. Σαββάκης**

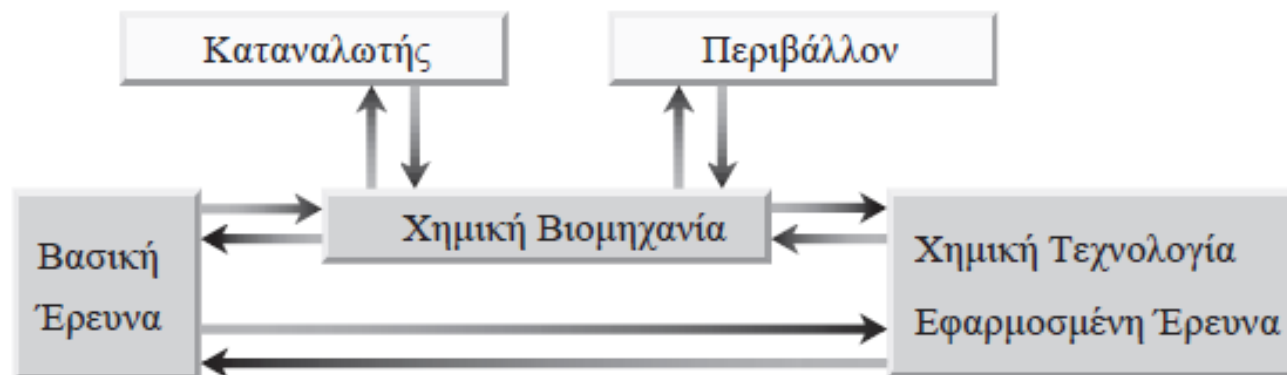
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

ΕΛΜΕΠΑ

Ακαδημαϊκό Έτος 2024-2025

# Χημικής & Περιβαλλοντική Τεχνολογία

- **Χημική τεχνολογία:** ο κλάδος της τεχνολογίας που ασχολείται **με την ανάπτυξη και εφαρμογή διεργασιών και μεθόδων** κατά τις οποίες **τα υλικά**, που υποβάλλονται σε επεξεργασία **μετατρέπονται σε προϊόντα**, υφίστανται χημικές ή φυσικές μεταβολές.
- Γενικά, η **Χημική τεχνολογία** χρησιμοποιεί δεδομένα της βασικής επιστημονικής έρευνας, που πραγματοποιείται σε τομείς όπως η φυσικοχημεία, η ηλεκτροχημεία, η θερμοδυναμική, η μηχανική, κ.α. και εξετάζει τις δυνατότητες αξιοποίησης τους σε βιομηχανική κλίμακα.
- **Η χημική τεχνολογία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την περιβαλλοντική τεχνολογία!!!**





# Φυσικές και Χημικές Διεργασίες

- Η Χημικής Τεχνολογία εξετάζει τις διεργασίες που εφαρμόζονται στη χημική βιομηχανία για να μετατραπούν οι πρώτες ύλες σε προϊόντα. Οι διεργασίες που εξετάζονται στη χημική τεχνολογία διακρίνονται σε φυσικές και χημικές.

## Φυσικές διεργασίες:

- **Επεξεργασία στερεών:** θραύση, άλεσμα, κοκκίνισμα, συσσωμάτωση, μεταφορά, αποθήκευση, διεργασίες διαχωρισμού.
- **Μηχανική ρευστών:** ροή, μεταφορά αποθήκευση, μετρήσεις, διεργασίες διαχωρισμού.
- **Μετάδοση θερμότητας:** με αγωγή, με συναγωγή ή με ακτινοβολία
- **Μεταφορά μάζας:** εκχύλιση, απορρόφηση, απόσταξη
- **Διάχυση**
- **Προσρόφηση**
- **Ξήρανση**

## Χημικές διεργασίες:

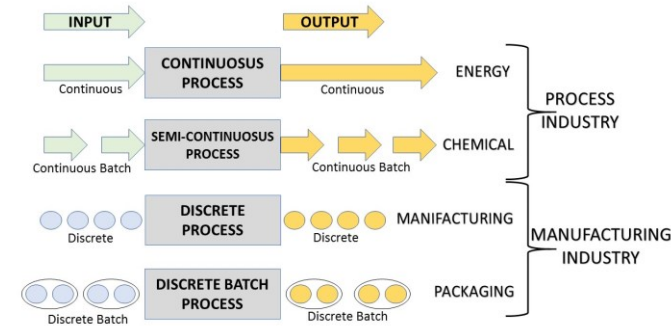
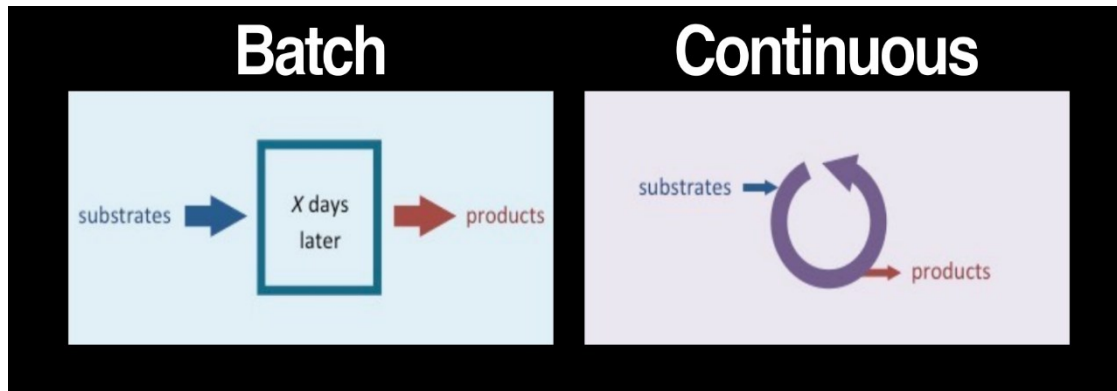
- **Ηλεκτρόλυση**
- **Οξείδωση**
- **Καύση**
- **Ανταλλαγή ιόντων**
- **Ασβεστοποίηση**
- **Πολυμερισμός**
- **Αφυδάτωση**
- **Εξουδετέρωση**

# Σύγχρονες εξελίξεις στη Χημική Τεχνολογία

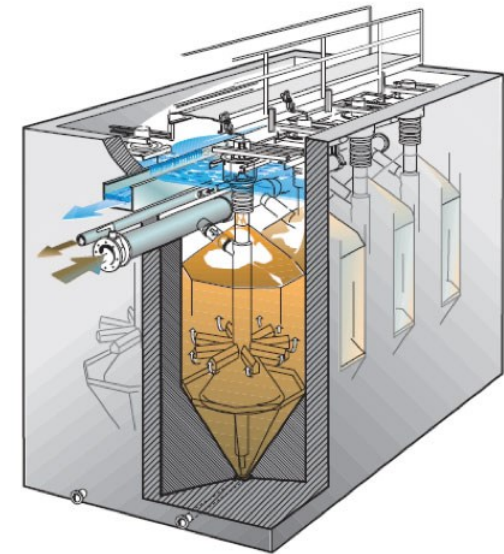


- Οι βασικοί στόχοι της τεχνολογικής εξέλιξης περιλαμβάνουν αύξηση παραγωγικότητας, βελτίωση ποιότητας προϊόντων, ελαχιστοποίηση κόστους παραγωγής και προστασία περιβάλλοντος.
- Στον τομέα της Χημικής Τεχνολογίας, διακρίνονται δύο τάσεις:
  - i. την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στη χημική βιομηχανία
  - ii. τον εκσυγχρονισμό της υπάρχουσας τεχνολογίας.
- Οι νέες τεχνολογίες στη χημική βιομηχανία επιδιώκουν τη δημιουργία βιομηχανικών διεργασιών με ελάχιστα ή καθόλου απόβλητα, προωθώντας την αποδοτική εκμετάλλευση των πρώτων υλών.
- Ο εκσυγχρονισμός μπορεί να περιλαμβάνει αύξηση χωρητικότητας, μηχανοποίηση και αυτοματοποίηση βιομηχανικών διεργασιών, δημιουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών ή/και στερεών αποβλήτων, και αέριων εκπομπών.

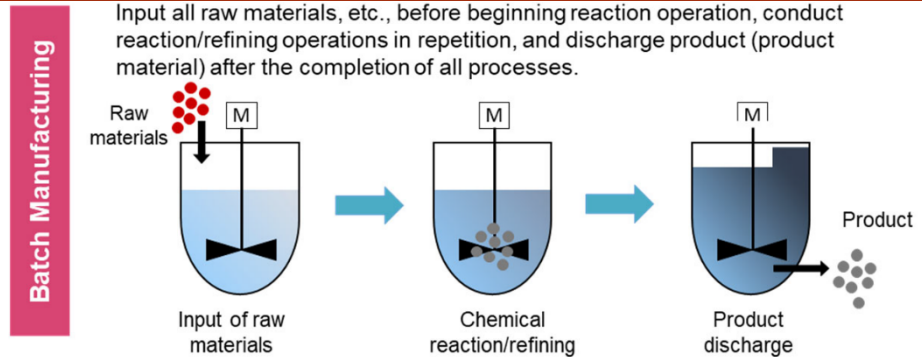
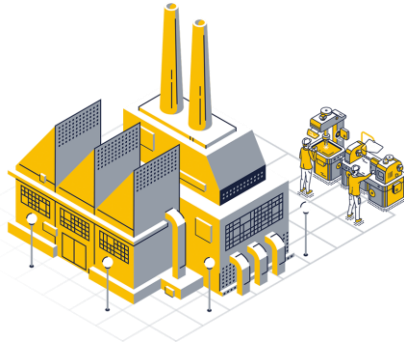
# Ταξινόμηση διεργασιών στις βιομηχανικές μονάδες



- Η αναγνώριση της κατηγορίας στην οποία ανήκει μία διεργασία είναι πρωταρχικής σημασίας για την εφαρμογή ενός ισοζυγίου μάζας και τους συνεπακόλουθους υπολογισμούς και παρακολούθησης του συστήματος.
- Οι κύριες βιομηχανικές διεργασίες διακρίνονται στις:
  - Διεργασίες συνεχούς (continuous) ή τμηματικής (batch) λειτουργίας
  - σε μόνιμη (steady) ή μη μόνιμη (unsteady) κατάσταση



# Διεργασίες τμηματικής λειτουργίας/ επεξεργασίας (Batch process)

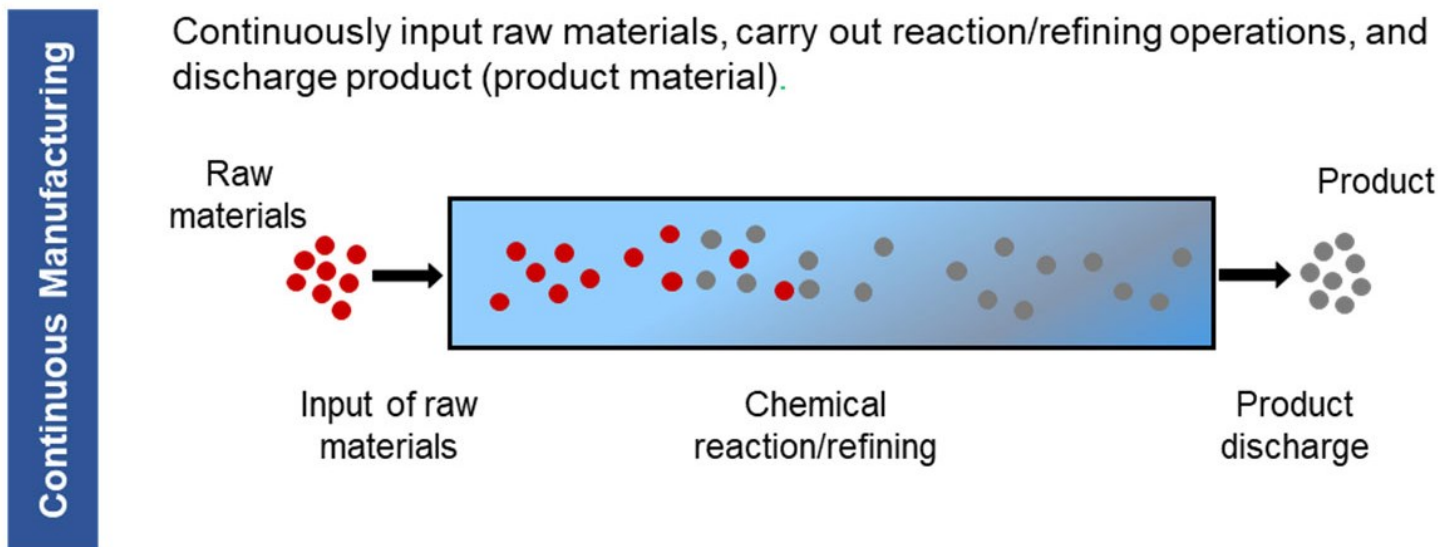


- Στις διεργασίες της **τμηματικής λειτουργίας** οι πρώτες ύλες **επεξεργάζονται σε μικρότερα μέρη/«παρτίδες»**.
  - **Καθορισμένες ποσότητες πρώτων υλών** εισάγονται στη μονάδα επεξεργασίας, ενώ η **λειτουργία** (μετά την επεξεργασία) **διακόπτεται** ώστε να **απομακρυνθούν όλα τα προϊόντα**.
- ⇒ Υπάρχει ορισμένο **χρονικό διάστημα** μεταξύ **τροφοδοσίας με πρώτες ύλες και απομάκρυνσης προϊόντων**, που η **μονάδα επεξεργασίας παραμένει ανενεργή**.

Σημείωση: Η τμηματική διεργασία χρησιμοποιείται απαραίτητα στην παραγωγή ευαίσθητων προϊόντων όπως π.χ. τα φάρμακα. Κάθε παρτίδα επεξεργάζεται χωριστά ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα μόλυνσης με άλλες ουσίες.

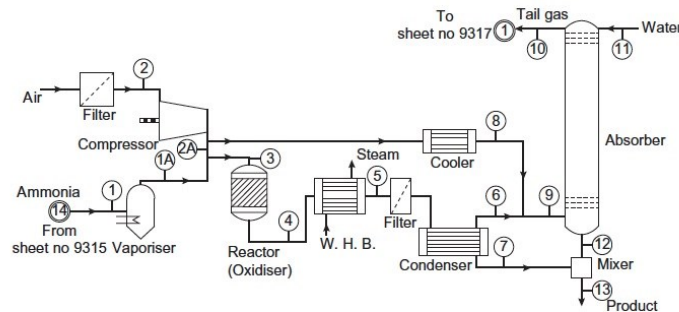
# Διεργασίες συνεχούς λειτουργίας/ επεξεργασίας (continuous process)

- Στις διεργασίες συνεχούς λειτουργίας οι πρώτες ύλες τροφοδοτούνται και τα προϊόντα απομακρύνονται συνεχώς.
- Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχουν μηχανήματα ή συσκευές που να μην χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια λειτουργίας της γραμμής παραγωγής και συνεπώς η παραγωγικότητα των μηχανών και των συσκευών είναι μεγαλύτερη.



# Διαγράμματα ροής διεργασιών

- Τα **διαγράμματα ροής διεργασιών** είναι μια διαγραμματική απεικόνιση η οποία δείχνει με τρόπο απλό και κατανοητό **την παραγωγική διαδικασία μιας βιομηχανίας**.
- Απεικονίζει με ακρίβεια και πληρότητα **τη σειρά των διεργασιών, την τοποθέτηση και τον τύπο των συσκευών που χρησιμοποιούνται, τις συνδέσεις ρευμάτων και υλικών, τις παροχές και τη σύσταση των ρευμάτων, και τις συνθήκες λειτουργίας.**

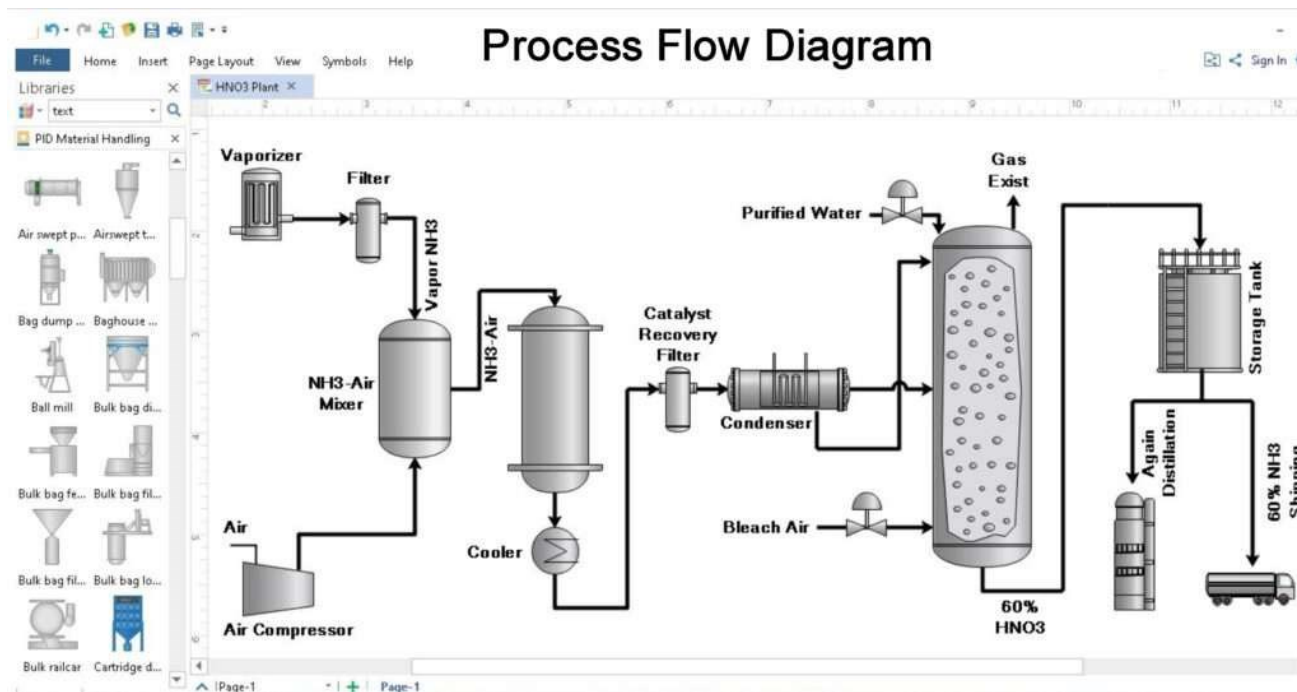


Flows kg/h pressures nominal

Line no. Stream component	1 Ammonia feed	1A Ammonia vapor	2 Filtered air	2A Oxidiser air	3 Oxidiser feed	4 Oxidiser outlet	5 W.H.B. outlet	6 Condenser gas	7 Condenser acid	8 Secondary air	9 Absorber feed	10 Tail(2) gas	11 Water feed	12 Absorber acid	13 Product acid	C & R Construction Inc
NH <sub>3</sub>	731.0	731.0	—	—	731.0	Nil	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Nitric acid 60 percent 100,000 t/y Client BOP chemicals SLIGO Sheet no. 9316
O <sub>2</sub>	—	—	3036.9	2628.2	2628.2	935.7 (935.7) <sup>(1)</sup>	275.2	Trace	408.7	683.9	371.5	—	Trace	Trace	Trace	
N <sub>2</sub>	—	—	9990.8	8644.7	8644.7	8668.8 (8668.8) <sup>(1)</sup>	8668.8	Trace	1346.1	10,014.7	10,014.7	—	Trace	Trace	Trace	
NO	—	—	—	—	—	1238.4 (1238.4) <sup>(1)</sup>	202.5	—	—	202.5	21.9	—	Trace	Trace	Trace	
NO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	Trace (1) <sup>(1)</sup>	967.2	—	—	967.2 (Trace) <sup>(1)</sup>	—	—	Trace	Trace	Trace	
HNO <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	Nil	Nil	850.6	—	—	—	—	1704.0	2554.6	2554.6	
H <sub>2</sub> O	—	—	Trace	—	—	1161.0	1161.0	29.4	1010.1	—	29.4	26.3	1376.9	1136.0	2146.0	
<b>Total</b>	<b>731.0</b>	<b>731.0</b>	<b>13,027.7</b>	<b>11,272.9</b>	<b>12,003.9</b>	<b>12,003.9</b>	<b>10,143.1</b>	<b>1960.7</b>	<b>1754.8</b>	<b>11,897.7</b>	<b>10,434.4</b>	<b>1376.9</b>	<b>2840.0</b>	<b>4700.6</b>		
Press bar	8	8	1	8	8	8	8	1	8	8	8	1	8	1	1	Dwg by Date Checked 25/7/1980
Temp. °C	15	20	15	230	204	907	234	40	40	40	40	25	25	40	43	

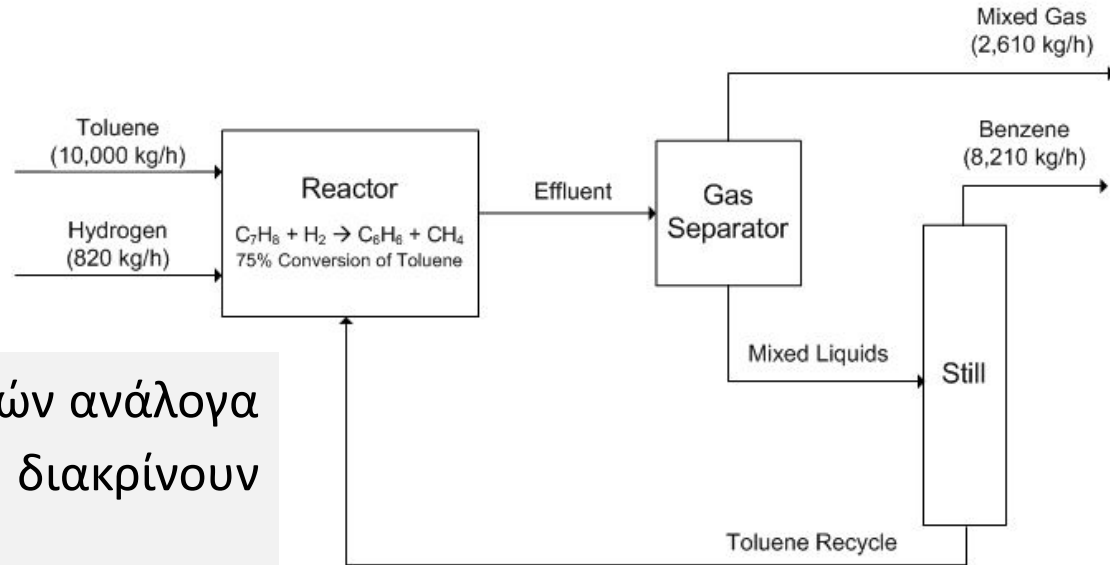
# Διαγράμματα ροής διεργασιών

- Το διάγραμμα ροής είναι **απαραίτητο για την εφαρμογή του ισοζυγίου μάζας και ενέργειας** σε επίπεδο μονάδας ή σε επιμέρους τμήματα μιας διεργασίας
- Ένα λεπτομερές διάγραμμα ροής αποτελεί τη βάση για τη μελέτη σχεδιασμού ή τη βελτίωση του σχεδιασμού μιας παραγωγικής μονάδας.
- Αναγράφονται όλα τα δεδομένα πάνω στο διάγραμμα ροής



# Διαγράμματα ροής διεργασιών

- Τα διαγράμματα ροής διεργασιών ανάλογα με τη χρήση που προορίζονται διακρίνουν τους παρακάτω τύπους:

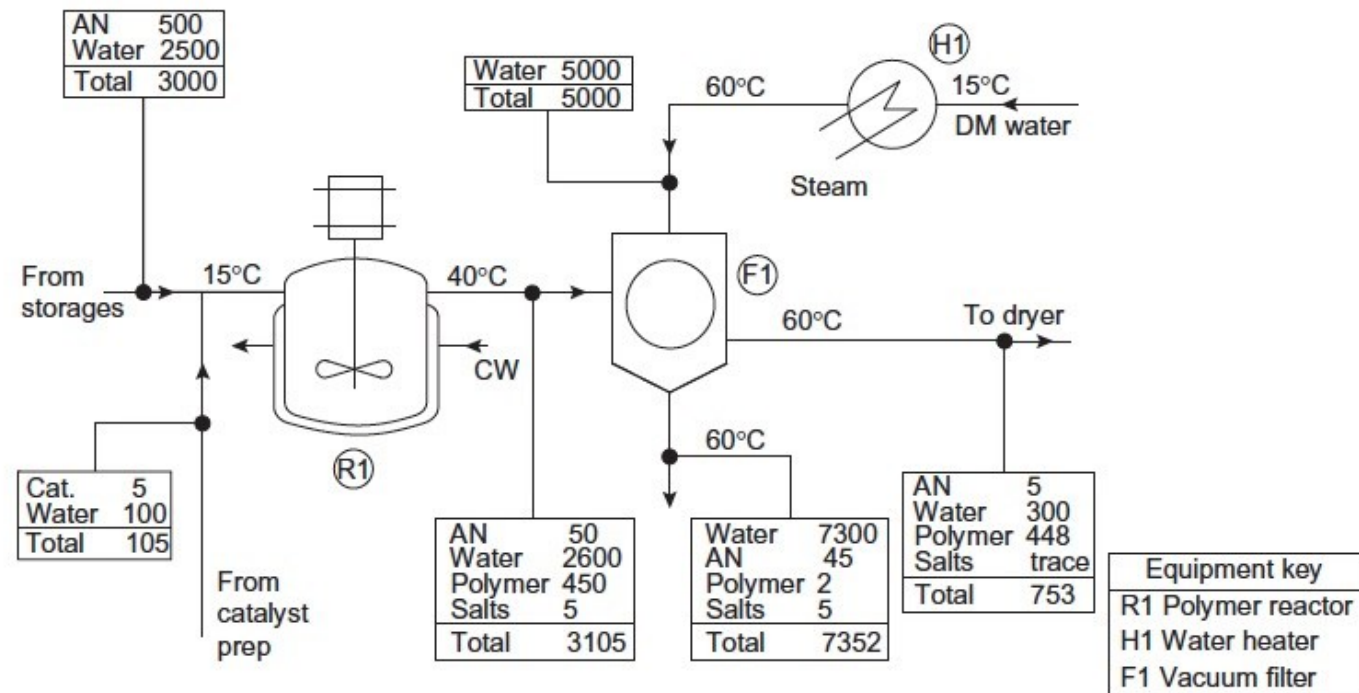


**i. Απλά διαγράμματα (Block diagrams):** Ο απλούστερος τρόπος απεικόνισης της παραγωγής διαδικασίας, καθώς δεν χρησιμοποιούνται τυποποιημένα σύμβολα. Αντίθετα, κάθε τμήμα του διαγράμματος που παριστάνει μια συσκευή ή μια διεργασία απεικονίζεται με ένα απλό σχήμα.

Η αναγραφή των πληροφοριών γίνεται μέσα στο σχήμα κάθε τμήματος ή εξωτερικά επί των γραμμών που παριστάνουν τα ρεύματα ροής των υλικών που συνδέουν τα τμήματα

# Διαγράμματα ροής διεργασιών

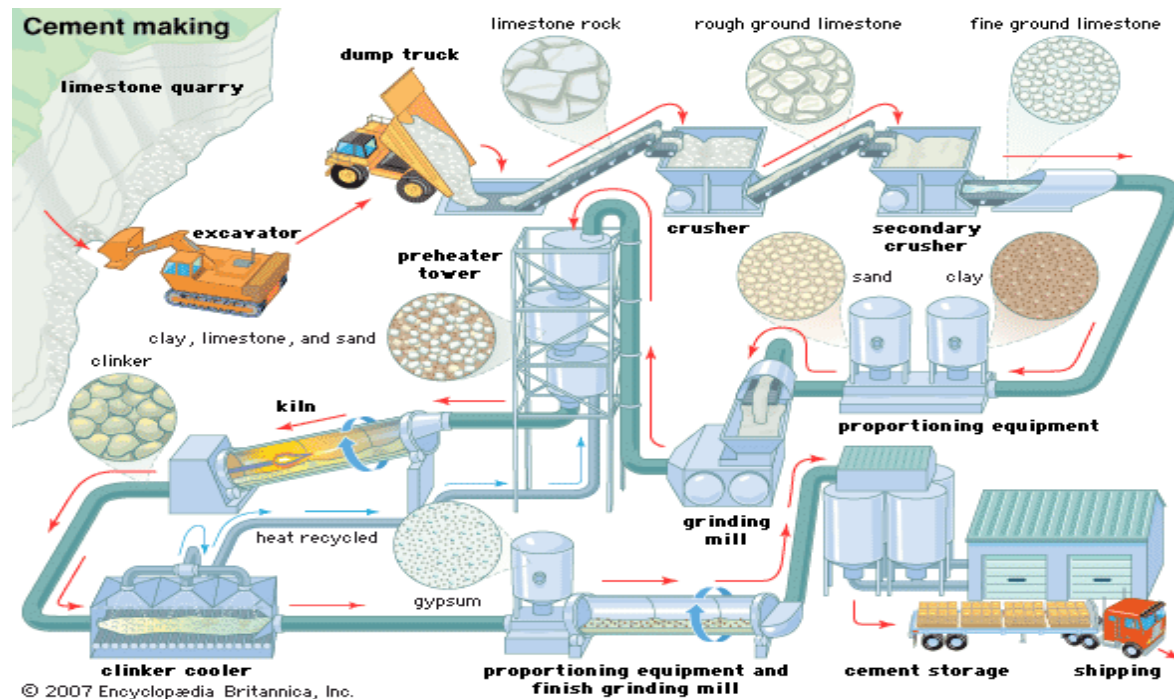
- ii. Διαγράμματα λεπτομερούς αναπαράστασης για την απεικόνιση των διεργασιών, συσκευών, αγωγών, ρευμάτων χρησιμοποιούνται τυποποιημένα σύμβολα, τα οποία περιλαμβάνονται σε πρότυπα οργανισμών τυποποίησης (π.χ. DIN, BS, ANSI).



# Διαγράμματα ροής διεργασιών

- iii. **Μηχανολογικά διαγράμματα ροής διεργασιών:** απεικονίζει όλες τις τεχνολογικές λεπτομέρειες των συσκευών, των αγωγών, των βαλβίδων κλπ., καθώς και την ακριβή τους θέση στην παραγωγική διαδικασία.

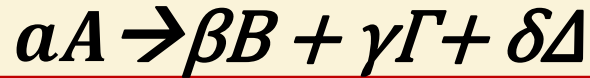
Τα διαγράμματα αυτά είναι εξειδικευμένα και χρησιμοποιούνται σε επίπεδο κατασκευής και ελέγχων λειτουργίας διαφόρων διεργασιών.



# Δείκτες απόδοσης διεργασιών

- Οι δείκτες απόδοσης μίας χημικής διεργασίας ορίζονται με βάση τη χημική εξίσωση της αντίδρασης που λαμβάνει χώρα.

- Έστω η χημική εξίσωση



όπου A το αντιδρών συστατικό, και B, Γ, Δ τα προϊόντα της αντίδρασης, και α, β, γ, δ συντελεστές της χημικής εξίσωσης.

- Οι δείκτες απόδοσης που χρησιμοποιούνται είναι:

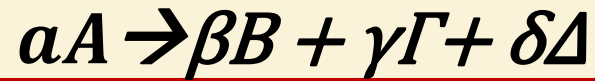
- i. **% μετατροπή (Percentage conversion) -  $X_A$** : εκφράζει την ποσοστιαία μετατροπή του αντιδρώντος σε προϊόντα:

$$X_A = 100 \cdot \frac{Q_A - Q'_A}{Q_A}$$

$Q_A$  : Η αρχική ποσότητα του συστατικού A

$Q'_A$  : Η ποσότητα του συστατικού A μετά το τέλος της αντίδρασης

# Δείκτες απόδοσης διεργασιών



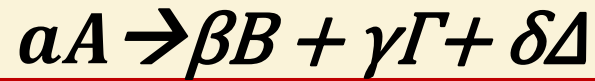
- ii. **% απόδοση (Percentage yield)- $Y_B$**  : εκφράζει την ποσοστιαία απόδοση της αντίδρασης σε ένα από τα προϊόντα.

$$Y_B = 100 \cdot \frac{M_B}{M_{B,max}}$$

$M_B$  : Η ποσότητα του προϊόντος που παράγεται

$M_{B,max}$  : Η θεωρητικά μέγιστη ποσότητα που παράγεται

# Δείκτες απόδοσης διεργασιών

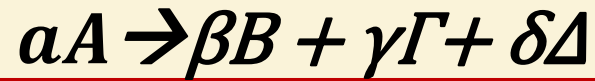


- iii. **% εκλεκτικότητα (Percentage selectivity):**  $F_B$  εκφράζει την ποσοστιαία αναλογία ενός εκ των προϊόντων σε σχέση με τη συνολική ποσότητά τους .

$$F_B = 100 \cdot \frac{P_B}{P_B + P_\Gamma + P_\Delta}$$

$P_{B,\Gamma,\Delta}$  : οι ποσότητες των προϊόντων που παράγονται.

# Δείκτες απόδοσης διεργασιών

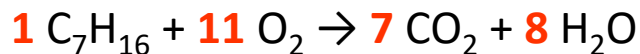


iv. % περίσσεια (Excess Percentage) αντιδρώντος συστατικού, E.

$$E = 100 \cdot \frac{\text{Παρεχόμενη ποσότητα} - \text{Στοιχειομετρική ποσότητα}}{\text{Στοιχειομετρική ποσότητα}}$$

# Στοιχειομετρία

- Από τη χημική αντίδραση προκύπτουν ποιοτικές και ποσοτικές πληροφορίες πχ.



- Η στοιχειομετρία (1, 11, 7, 8) ασχολείται με τις ποσότητες των στοιχείων ή των ενώσεων που αντιδρούν.
- Οι ποσοτικές πληροφορίες αναφέρονται σε **mol** και **όχι g**.
- Μετατρέπουμε τη μάζα σε mol και εφαρμόζουμε τη στοιχειομετρία

Το καρβίδιο του ασβεστίου ( $\text{CaC}_2$ ) παρασκευάζεται κατά τη θέρμανση οξειδίου του ασβεστίου ( $\text{CaO}$ ) και άνθρακα ( $\text{C}$ ) σε υψηλή θερμοκρασία.



Διατίθενται 1150 kg  $\text{CaO}$ . Πόσα kg  $\text{C}$  απαιτούνται για την πλήρη αντίδραση του  $\text{CaO}$  και πόσα kg  $\text{CaC}_2$  θα παραχθούν;

MB:  $\text{CaO}=56$ ,  $\text{CaC}_2=64$

616,1 kg C, 1314 kg  $\text{CaC}_2$

# Μη στοιχειομετρικές αναλογίες

- Στην πράξη σπάνια χρησιμοποιούνται τα αντιδρώντα στις στοιχειομετρικές τους αναλογίες.
- **Περιοριστικό αντιδρών:** Το αντιδρών που είναι στοιχειομετρικά στη μικρότερη ποσότητα
- **Αντιδρών σε περίσσεια:** Το αντιδρών που είναι στοιχειομετρικά σε μεγαλύτερη ποσότητα από το περιοριστικό αντιδρών.

## Ασκήσεις

1. 20.0 kmol/h ακετυλενίου ( $C_2H_2$ ) και 50.0 kmol/h  $H_2$  τροφοδοτούνται σε ένα αντιδραστήρα:  $C_2H_2 + 2 H_2 \rightarrow C_2H_6$

Ποιο είναι το περιοριστικό αντιδρών;  $C_2H_2$

Ποιο είναι το αντιδρών σε περίσσεια;  $H_2$

Περίσσεια %; **25%**

2. 80 g επτανίου ( $C_7H_{16}$ ) αντιδρούν με 480 g  $O_2$  σύμφωνα με την αντίδραση:



Ποιο είναι το περιοριστικό αντιδρών;  $C_7H_{16}$

Ποιο είναι το αντιδρών σε περίσσεια;  $O_2$

Περίσσεια %; **70.5%**

Για πλήρη αντίδραση, πόσα g  $CO_2$  και  $H_2O$  θα παραχθούν και τι υπάρχει (mol %) στο προϊόν; **246.4 g  $CO_2$ , 115.2 g  $H_2O$ , 34.1%  $O_2$ , 30.8%  $CO_2$ , 35.2%  $H_2O$**