



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΑΝΟΙΚΤΑ** ακαδημαϊκά  
μαθήματα **ΠΠ**

---

ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: **ΧΗΜΙΚΕΣ & ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ  
ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ**

ΕΝΟΤΗΤΑ: 3<sup>ο</sup> Μέρος

ΟΝΟΜΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: **ΑΘΑΝΑΣΙΑ ΤΕΚΕΡΛΕΚΟΠΟΥΛΟΥ**

ΤΜΗΜΑ: Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών  
Πόρων

ΑΓΡΙΝΙΟ

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# ΑΘΑΝΑΣΙΑ ΤΕΚΕΡΛΕΚΟΠΟΥΛΟΥ

Λέκτορας

του Τμήματος Διαχείρισης Περιβάλλοντος  
& Φυσικών Πόρων

 26410 74204

 [atekerle@upatras.gr](mailto:atekerle@upatras.gr)

# ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ

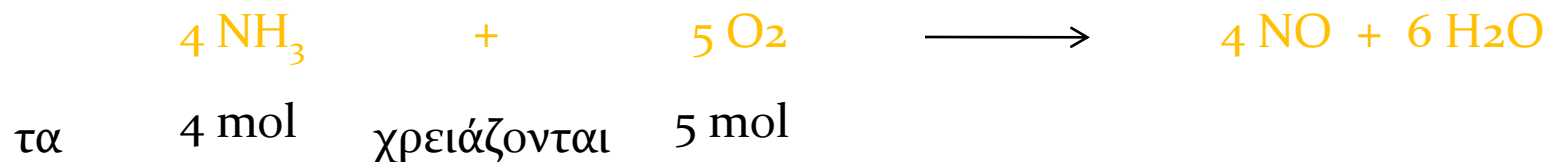
Θεωρούμε την αντίδραση:



Εάν οι αρχικές ποσότητες  $\text{NH}_3$  και  $\text{O}_2$  είναι 50 mol, υπολογίστε τις συγκεντρώσεις  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{NO}$  και  $\text{H}_2\text{O}$  όταν ο βαθμός μετατροπής είναι 80%.

Λύση

Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης



εμείς όμως  
έχουμε

50 mol

Οπότε  
απαιτούνται

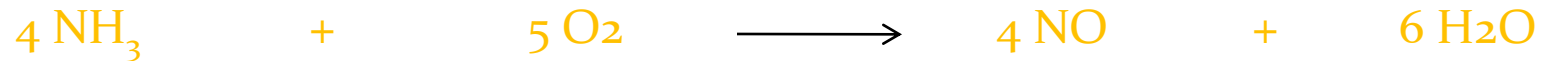
$$\alpha = (50 \cdot 5) / 4 = 62,5 \text{ mol}$$

Ωστόσο στον  
αντιδραστήρα υπάρχουν  
μόνο 50 mol  $\text{O}_2$ .

Συνεπώς το  $\text{O}_2$  είναι το περιοριστικό συστατικό

Ο βαθμός μετατροπής αναφέρεται πάντα στο περιοριστικό αντιδρών

Συνεπώς αντιδρούν  $0,8 * 50 \text{ mol O}_2 = 40 \text{ mol O}_2$



Τα 4 mol χρειάζονται 5 mol 4 mol 6 mol

Οπότε 40 mol

απαιτούν  $\beta = (40 * 4) / 5 = 32 \text{ mol NH}_3$  σχηματίζοντας  $\gamma = (40 * 4) / 5 = 32 \text{ mol NO}$

$\delta = (40 * 6) / 5 = 48 \text{ mol H}_2\text{O}$

Όταν ο βαθμός μετατροπής είναι 80% στον αντιδραστήρα υπάρχουν:

$$50 - 40 = 10 \text{ mol O}_2$$

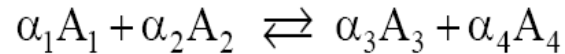
$$50 - 32 = 18 \text{ mol NH}_3$$

$$32 \text{ mol NO}$$

$$48 \text{ mol H}_2\text{O}$$

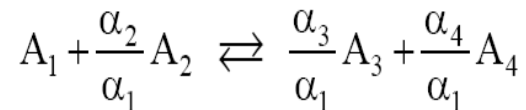
# ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΑΠΛΗ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ

❖ Ας θεωρήσουμε την απλή χημική αντίδραση :



Υποθέτουμε ότι το  $A_1$  είναι το περιοριστικό συστατικό.

Λαμβάνοντας το συστατικό,  $A_1$ , ως βάση των στοιχειομετρικών υπολογισμών μας, διαιρούμε στη συνέχεια όλους τους στοιχειομετρικούς συντελεστές της αντίδρασης με το στοιχειομετρικό συντελεστή,  $\alpha_1$ , του συστατικού,  $A_1$ .



Σε κλειστά συστήματα (π.χ αντιδραστήρας ασυνεχούς λειτουργίας και πλήρους ανάμιξης ) ο βαθμός μετατροπής  $X$ , θα εξαρτάται από το χρόνο.

$$X_i = \frac{N_{i0} - N_i}{N_{i0}}$$

<i>Συστατικό</i>	<i>Αριθμός Γραμμομορίων</i>		
	<i>Σε χρόνο <math>t = 0</math></i>	<i>Σε χρόνο <math>t</math></i>	<i>Τελικά</i>
$A_1$	$N_{10}$	$-N_{10}X_1$	$N_1 = N_{10} - N_{10}X_1$
$A_2$	$N_{20}$	$-(\alpha_2/\alpha_1)N_{10}X_1$	$N_2 = N_{20} - (\alpha_2/\alpha_1)N_{10}X_1$
$A_3$	$N_{30}$	$(\alpha_3/\alpha_1)N_{10}X_1$	$N_3 = N_{30} + (\alpha_3/\alpha_1)N_{10}X_1$
$A_4$	$N_{40}$	$(\alpha_4/\alpha_1)N_{10}X_1$	$N_4 = N_{40} + (\alpha_4/\alpha_1)N_{10}X_1$
Αδρανή, I	$N_{I0}$	–	$N_I = N_{I0}$
<i>Συνολικός Αριθμός Γραμμομορίων:</i>	$N_{to} = \sum_{i=1}^N N_{io}$		$N_t = N_{to} + \left( \sum_{i=1}^N v_i \right) \frac{N_{10}X_1}{\alpha_1}$



Εάν  $\xi$  είναι η έκταση της αντίδρασης τα μοριακά κλάσματα των συστατικών στο αντιδρών μίγμα υπολογίζονται ως εξής:

$$y_i = \frac{N_i}{N_t} = \frac{N_{i0} + v_i \xi}{N_{t0} + \left( \sum_{i=1}^N v_i \right) \xi}$$

Οπότε η συγκέντρωση του συστατικού  $i$  θα δίνεται από την εξίσωση:

$$C_i = \frac{N_i}{V} = \frac{N_{i0} + v_i \xi}{V} = \frac{N_{i0} + v_i N_{t0} X_1 / |v_1|}{V}$$

Εάν ο όγκος είναι σταθερός:

$$C_i = C_{i0} + \frac{v_i \xi}{V} = C_{i0} + \frac{v_i X_1}{|v_1|} C_{1c}$$

# ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

❖ Αν έχουμε πολλαπλές αντιδράσεις τότε :

$$N_i = N_{i0} + \sum_{j=1}^R v_{ji} \xi_j$$

όπου  $i=1, 2, 3, \dots, N$ ,  $j=1, 2, 3, \dots, R$  και  $\xi_j$  είναι η έκταση της "j" αντίδρασης.

Αθροίζοντας τα μοι όλων των συστατικών έχουμε:

$$N_t = N_{t0} + \sum_{i=1}^N \left( \sum_{j=1}^R v_{ji} \xi_j \right)$$

ή

$$N_t = N_{t0} + \sum_{j=1}^R \left( \sum_{i=1}^N v_{ji} \right) \xi_j$$

# ΑΝΟΙΧΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – ΑΠΛΗ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ

Για ανοικτά αντιδρώντα συστήματα που λειτουργούν στη μόνιμη κατάσταση (π.χ. αντιδραστήρες εμβολικής ροής, αντιδραστήρες συνεχούς λειτουργίας και πλήρους ανάμιξης) ο κλασματικός βαθμός μετατροπής του συστατικού "i" ορίζεται με βάση τις γραμμομοριακές παροχές του συστατικού "i".

$$X_i = \frac{F_{i0} - F_i}{F_{i0}}$$

όπου  $F_{i0}$  είναι η γραμμομοριακή ροή του αντιδραστηρίου "i" στην είσοδο του αντιδραστήρα σε (kmol/s) και  $F_i$  είναι η γραμμομοριακή ροή στην έξοδο του αντιδραστήρα ή σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο ενός αντιδραστήρα εμβολικής ροής Η έκταση της χημικής αντίδρασης ορίζεται με βάση τις γραμμομοριακές παροχές  $F_{i0}$  και  $F_i$  και συμβολίζεται με το γράμμα  $\xi$ :

$$\xi = \frac{\delta F_i}{\nu_i} = \frac{F_i - F_{i0}}{\nu_i}$$

<i>Συστατικό</i>	<i>Αριθμός Γραμμομορίων</i>		
	<i>Σε χρόνο <math>t = 0</math></i>	<i>Σε χρόνο <math>t</math></i>	<i>Τελικά</i>
$A_1$	$F_{10}$	$-F_{10}X_1$	$F_1 = F_{10} - F_{10}X_1$
$A_2$	$F_{20}$	$-(\alpha_2/\alpha_1)F_{10}X_1$	$F_2 = F_{20} - (\alpha_2/\alpha_1)F_{10}X_1$
$A_3$	$F_{30}$	$(\alpha_3/\alpha_1)F_{10}X_1$	$F_3 = F_{30} + (\alpha_3/\alpha_1)F_{10}X_1$
$A_4$	$F_{40}$	$(\alpha_4/\alpha_1)F_{10}X_1$	$F_4 = F_{40} + (\alpha_4/\alpha_1)F_{10}X_1$
Αδρανή, I	$F_{I0}$	–	$F_I = F_{I0}$
<i>Συνολικός Αριθμός Γραμμομορίων:</i>	$F_{t0} = \sum_{i=1}^N F_{i0}$		$F_t = F_{t0} + \left( \sum_{i=1}^N v_i \right) \frac{F_{10}X_1}{\alpha_1}$

Εάν  $\xi$  είναι η έκταση της αντίδρασης τα μοριακά κλάσματα των συστατικών στο αντιδρών μίγμα υπολογίζονται ως εξής:

$$y_i = \frac{F_i}{F_t} = \frac{F_{i0} + v_j \dot{\xi}}{F_{t0} + \left( \sum_{i=1}^N v_i \right) \dot{\xi}} \quad \text{ή} \quad y_i = \frac{F_i}{F_t} = \frac{F_{i0} + v_j X_i F_{l0} / \alpha_1}{F_{t0} + \left( \sum_{i=1}^N v_i \right) \frac{F_{l0} X_1}{\alpha_1}}$$

Οπότε η συγκέντρωση του συστατικού  $i$  θα δίνεται από την εξίσωση:

$$C_i = \frac{F_i}{Q} = \frac{F_{i0} + v_i \dot{\xi}}{Q} = \frac{F_{i0} + v_i F_{l0} X_1 / \alpha_1}{Q}$$

Εάν ο ογκομετρική παροχή είναι σταθερή:

$$C_i = C_{i0} + \frac{v_i \dot{\xi}}{Q} = C_{i0} + v_i C_{l0} X_1 / \alpha_1$$

Όπου  $C_{i0}$  είναι η συγκέντρωση του συστατικού "i" στην είσοδο του ανοικτού συστήματος.

## Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την 1<sup>η</sup> έκδοση.

## Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών,

ΑΘΑΝΑΣΙΑ ΤΕΚΕΡΛΕΚΟΠΟΥΛΟΥ, «ΧΗΜΙΚΕΣ & ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ». Έκδοση: 1.0.

Αγρίνιο 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/ENV108/index.php>

## Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού, Απαγόρευση Εμπορικής Χρήσης και Όχι Παράγωγα Έργα. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

« Το υλικό της παρουσίασης προέρχεται από τις πανεπιστημιακές παραδόσεις του καθηγητή Δ. Καραμάνη».

