



Χημική Ισορροπία

Παράδειγμα-1 . Σε δοχείο όγκου V(L) τοποθετούνται 10mol H₂(g) και 10mol I₂(g) με αποτέλεσμα την αποκατάσταση ισορροπίας : H₂(g) + I₂(g) ⇌ 2HI(g) .

Αν η απόδοση της αντίδρασης είναι 80% , να βρείτε τη σύσταση σε n(mol) του δοχείου ισορροπίας

Απάντηση : Στις αμφίδρομες αντιδράσεις όπως και στις μονόδρομες κάνουμε το πινακάκι της στοιχειομετρίας :

(mol)	$H_2(g)$	$+ I_2(g)$	\rightleftharpoons	$2HI(g)$
Αρχικά:	10	10		
Αντιδρούν/Παράγονται:	x	x		2x
Χημική ισορροπία :	10-x	10-x		2x

(Γενικά για μία αντίδραση της μορφής

(mol) $\alpha A + \beta B \rightleftharpoons \gamma \Gamma + \delta \Delta$ ισχύει

Αρχικά: $n_A \quad n_B$

Μεταβολή: $\alpha x \quad \beta x \quad \gamma x \quad \delta x$

Χημική ισορροπία: $n_A - \alpha x \quad n_B - \beta x \quad \gamma x \quad \delta x$)

Η διαφορά όμως με τις μονόδρομες είναι ότι το σώμα που θα ήταν σε έλλειμα στην μονόδρομη , εδώ χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της απόδοσης της αντίδρασης : α.

Βρίσκουμε ποιο σώμα θα ήταν σε έλλειμα αν η αντίδραση ήταν μονόδρομη

(Γενικά για μία αντίδραση της μορφής

(mol) $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma \Gamma + \delta \Delta$

Αρχικά: $n_A \quad n_B$

Για να βρούμε ποιο σώμα είναι σε έλλειμα και ποιο σε περίσσεια χρησιμοποιούμε την πράξη «χιαστί»

Για το σώμα A : Συντελεστής σώματος B $\times n_A = \beta \cdot n_A$

Για το σώμα B : Συντελεστής σώματος A $\times n_B = \alpha \cdot n_B$

Αν $\beta \cdot n_A < \alpha \cdot n_B$ τότε το A είναι σε έλλειμα

Αν $\beta \cdot n_A > \alpha \cdot n_B$ τότε το B είναι σε έλλειμα

Αν $\beta \cdot n_A = \alpha \cdot n_B$ τότε και το A και το B αντιδρούν πλήρως)

Άρα στο παράδειγμά μας :

(mol) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

Αρχικά: $10 \quad 10$

Για το H₂ : $10 \times 1 = 10$

Για το I₂ : $10 \times 1 = 10$

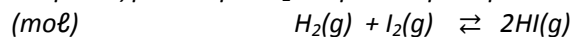
Όταν το γινόμενο είναι ίδιο τότε για τον προσδιορισμό της απόδοσης μπορούμε να

χρησιμοποιήσουμε όποιο από τα 2 σώματα θέλουμε (αλλιώς μόνο το σώμα που θα ήταν σε έλλειμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της απόδοσης α αντίδρασης)

Η απόδοση της αντίδρασης είναι για το σώμα που θα ήταν σε έλλειμα αν η αντίδραση θα ήταν μονόδρομη :

$a = \frac{\text{Ποσότητα του σώματος που αντιδρά (mol)}}{\text{Συνολική ποσότητα του σώματος (mol)}}$
--

Επομένως με βάση το H_2 και με βάση ότι η απόδοση της αντίδρασης είναι $80\%=0,8$:



Αρχικά: $10 \quad 10$

Αντιδρούν/Παράγονται: $x \quad x \quad 2x$

Χημική ισορροπία : $10-x \quad 10-x \quad 2x$

$$a = \frac{x}{10} \Rightarrow 0,8 = \frac{x}{10} \Rightarrow x = 8 mol$$

Άρα στην χημική ισορροπία έχω :

$$n_{H_2} = 10 - x = 10 - 8 = 2 mol$$

$$n_{I_2} = 10 - x = 10 - 8 = 2 mol$$

$$n_{HI} = 2x = 16 mol$$

Εφαρμογή-1.

Σε δοχείο όγκου $V(L)$ τοποθετούνται $6 mol N_2(g)$ και $3 mol H_2(g)$ προς αποκατάσταση της ισορροπίας : $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

Αν η απόδοση της αντίδρασης είναι $\alpha=50\%$, να βρείτε τη σύσταση σε $n(mol)$ του δοχείου ισορροπίας

Εφαρμογή-2. Σε δοχείο όγκου $V(L)$ τοποθετούνται $0,4 mol SO_2(g)$ και $0,4 mol O_2(g)$ προς αποκατάσταση της ισορροπίας : $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$.

Μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας στο δοχείο υπάρχει και $0,3 mol SO_3$.

α. Να βρείτε τις ποσότητες(mol) των SO_2 και O_2 στο δοχείο της ισορροπίας.

β. Να υπολογίσετε την απόδοση (α) της αντίδρασης.

Παράδειγμα-2 .

Να αντιστοιχίσετε τους όρους της στήλης-I με τους όρους της στήλης-II

ι. Για την ισορροπία : $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$ $\Delta H<0$ να αντιστοιχίσετε τις μεταβολές της στήλης-I με την κατεύθυνση που θα μετατοπιστεί η ισορροπία με βάση την αρχή του Le Chatelier

Στήλη-I Μεταβολές στην ισορροπία	Στήλη-II Κατεύθυνση μετατόπισης της ισορροπίας
1. Αφαίρεση ποσότητας N_2	A. Προς τα δεξιά
2. Προσθήκη ποσότητας H_2	
3. Αφαίρεση ποσότητας NH_3	B. Προς τα αριστερά
4. Προσθήκη ποσότητας NH_3	
5. Αύξηση του όγκου του δοχείου	Γ. Καμία μεταβολή
6. Μείωση του όγκου του δοχείου	
7. Αύξηση θερμοκρασίας	
8. Μείωση θερμοκρασίας	
9. Προσθήκη καταλύτη (Fe)	

ii. Για την ισορροπία : $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ $\Delta H > 0$ να αντιστοιχίσετε τις μεταβολές της στήλης-I με την κατεύθυνση που θα μετατοπιστεί η ισορροπία με βάση την αρχή του Le Chatelier

Στήλη-I Μεταβολές στην ισορροπία	Στήλη-II Κατεύθυνση μετατόπισης της ισορροπίας
1. Αφαίρεση ποσότητας H_2	<p>A. Προς τα δεξιά</p> <p>B. Προς τα αριστερά</p> <p>Γ. Καμία μεταβολή</p>
2. Προσθήκη ποσότητας I_2	
3. Αφαίρεση ποσότητας HI	
4. Προσθήκη ποσότητας HI	
5. Αύξηση του όγκου του δοχείου	
6. Μείωση του όγκου του δοχείου	
7. Αύξηση θερμοκρασίας	
8. Μείωση θερμοκρασίας	
9. Προσθήκη ευγενούς αερίου (He)	

iii. Για την ισορροπία : $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H > 0$ να αντιστοιχίσετε τις μεταβολές της στήλης-I με την κατεύθυνση που θα μετατοπιστεί η ισορροπία με βάση την αρχή του Le Chatelier

3

Στήλη-I Μεταβολές στην ισορροπία	Στήλη-II Κατεύθυνση μετατόπισης της ισορροπίας
1. Αφαίρεση ποσότητας $\text{CaCO}_3(\text{s})$	<p>A. Προς τα δεξιά</p> <p>B. Προς τα αριστερά</p> <p>Γ. Καμία μεταβολή</p>
2. Προσθήκη ποσότητας $\text{CaCO}_3(\text{s})$	
3. Αφαίρεση ποσότητας $\text{CaO}(\text{s})$	
4. Προσθήκη ποσότητας $\text{CO}_2(\text{g})$	
5. Αύξηση του όγκου του δοχείου	
6. Μείωση του όγκου του δοχείου	
7. Αύξηση θερμοκρασίας	
8. Μείωση θερμοκρασίας	
9. Περαιτέρω τεμαχισμό του $\text{CaCO}_3(\text{s})$	

iv. Για την ισορροπία : $\text{HF(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{F}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ $\Delta H > 0$ να αντιστοιχίσετε τις μεταβολές της στήλης-I με την κατεύθυνση που θα μετατοπιστεί η ισορροπία με βάση την αρχή του Le Chatelier

Στήλη-I Μεταβολές στην ισορροπία	Στήλη-II Κατεύθυνση μετατόπισης της ισορροπίας
1. Προσθήκη ποσότητας F^-	A. Προς τα δεξιά
2. Προσθήκη ποσότητας H_3O^+	
3. Αραίωση του διαλύματος	
4. Αύξηση θερμοκρασίας	
5. Μείωση θερμοκρασίας	
	B. Προς τα αριστερά
	Γ. Καμία μεταβολή

Απάντηση : Για οποιαδήποτε ισορροπία της γενικής μορφής : $\alpha\text{A} + \beta\text{B} \rightleftharpoons \gamma\text{Γ} + \delta\text{Δ}$ ΔH , ισχύει η αρχή του Le Chatelier σύμφωνα με την οποία οποιαδήποτε μεταβολή επιφέρουμε στο σύστημα ισορροπίας το σύστημα αντιδρά προς την κατεύθυνση που τείνει να αναιρέσει την μεταβολή.

1. Προσθήκη ποσοτήτων A, B (αντιδρώντων) το σύστημα αντιδρά προς τα δεξιά για να τα καταναλώσει, γενικά όταν ένα σώμα είναι στη βάση του βέλους καταναλώνεται :

$\text{A} \rightarrow$ (κατανάλωση A), $\text{B} \rightarrow$ (κατανάλωση B)

2. Αφαίρεση ποσοτήτων A, B (αντιδρώντων), το σύστημα αντιδρά προς τα αριστερά για να τα παράγει, γενικά όταν ένα σώμα είναι στη αιχμή του βέλους παράγεται

$\text{A} \leftarrow$ (Παραγωγή A) $\text{B} \leftarrow$ (Παραγωγή B)

3. Ομοίως προσθήκη ποσοτήτων Γ και Δ (προϊόντων) το σύστημα αντιδρά προς τα αριστερά για να τα καταναλώσει $\leftarrow \text{Γ}$ (Κατανάλωση Γ) $\leftarrow \text{Δ}$ (Κατανάλωση Δ)

4. Αφαίρεση ποσοτήτων Γ και Δ (προϊόντων) το σύστημα αντιδρά προς τα δεξιά για να τα παράγει : $\rightarrow \text{Γ}$ (Παραγωγή Γ) $\rightarrow \text{Δ}$ (Παραγωγή Δ)

Γενικά τα παραπάνω 1, 2, 3 και 4 ισχύουν αν :

-A, B, Γ και Δ είναι αέρια σώματα (g) : $\alpha\text{A(g)} + \beta\text{B(g)} \rightleftharpoons \gamma\text{Γ(g)} + \delta\text{Δ(g)}$

-A, B, Γ και Δ είναι διαλυμένες ουσίες (aq) : $\alpha\text{A(aq)} + \beta\text{B(aq)} \rightleftharpoons \gamma\text{Γ(aq)} + \delta\text{Δ(aq)}$ (το aq αφορά υδατικό διάλυμα)

-A, B, Γ και Δ είναι όλες οι ουσίες σε υγρή φάση (l) : $\alpha\text{A(l)} + \beta\text{B(l)} \rightleftharpoons \gamma\text{Γ(l)} + \delta\text{Δ(l)}$

-Αν μία ουσία είναι στερεά (s) δεν την λαμβάνουμε υπόψη : $\alpha\text{A(s)} + \beta\text{B(g)} \rightleftharpoons \gamma\text{Γ(g)} + \delta\text{Δ(g)}$

Στην παραπάνω ισορροπία η προσθαφαίρεση ποσότητας του A δεν επηρεάζει την ισορροπία

-Αν μία ουσία είναι υγρή (l) ενώ οι άλλες είναι αέρια (g), οι διαλυμένες ουσίες (soln) (aq) τότε η προσθαφαίρεση της υγρής ουσίας (l) δεν επηρεάζει την ισορροπία :

$\alpha\text{A(g)} + \beta\text{B(l)} \rightleftharpoons \gamma\text{Γ(g)} + \delta\text{Δ(g)}$, $\alpha\text{A(soln)} + \beta\text{B(l)} \rightleftharpoons \gamma\text{Γ(soln)} + \delta\text{Δ(soln)}$

και στις 2 παραπάνω περιπτώσεις η προσθαφαίρεση της B δεν επηρεάζει την ισορροπία

5. Μία άλλη μεταβολή που μπορεί να μετατοπίσει την ισορροπία είναι η μεταβολή του όγκου του δοχείου (δοχείο μεταβλητού όγκου με έμβολο)

Έστω η ισορροπία : $\alpha\text{A(g)} + \beta\text{B(g)} \rightleftharpoons \gamma\text{Γ(g)} + \delta\text{Δ(g)}$

Αρχικά αθροίζουμε τους συντελεστές των αερίων σωμάτων (g), αν ένα σώμα δεν είναι αέριο (g) δεν το λαμβάνουμε υπόψη.

$\alpha + \beta$: Άθροισμα συντελεστών των αντιδρώντων και $\gamma + \delta$: Άθροισμα συντελεστών των προϊόντων

Μείωση του όγκου (V) του δοχείου, συνεπάγεται με αύξηση της πίεσης (p) που ασκούν τα αέρια στο δοχείο, το σύστημα αντιδρά προς την κατεύθυνση που το άθροισμα των συντελεστών των αερίων σωμάτων (g) είναι μικρότερο (ώστε να μειώσει την πίεση που ασκούν τα αέρια στο δοχείο). Δηλαδή προς τα αριστερά αν $\alpha + \beta < \gamma + \delta$ ή προς τα δεξιά αν $\alpha + \beta > \gamma + \delta$.

Αντίθετα αύξηση του όγκου (V) του δοχείου συνεπάγεται με μείωση της πίεσης (p), άρα το σύστημα αντιδρά προς την κατεύθυνση που οι συντελεστές των αερίων (g) σωμάτων είναι μεγαλύτερος (ώστε να αυξήσει την πίεση που ασκούν τα αέρια στο δοχείο.)

Δηλαδή προς τα αριστερά αν $\alpha + \beta > \gamma + \delta$ ή προς τα δεξιά αν $\alpha + \beta < \gamma + \delta$

Αν $\alpha + \beta = \gamma + \delta$, η αυξομείωση του όγκου (V) δεν επηρεάζει την θέση ισορροπίας

6. Άλλος παράγοντας που επηρεάζει την ισορροπία είναι η θερμοκρασία.

Αν αυξήσουμε την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, το σύστημα της ισορροπίας αντιδρά για να την μειώσει, άρα αντιδρά προς την ενδόθερμη κατεύθυνση που απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον προκειμένου να του μειώσει τη θερμοκρασία.

Αντίθετα αν μειώσουμε τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, το σύστημα αντιδρά για να την αυξήσει, άρα αντιδρά προς την εξώθερμη κατεύθυνση που εκλύει θερμότητα προς το περιβάλλον προκειμένου να αυξήσει την θερμοκρασία του.

$\alpha A + \beta B \rightleftharpoons \gamma \Gamma + \delta \Delta \quad \Delta H > 0$ (ή $-Q$) :

Η προς τα δεξιά κατεύθυνση είναι η ενδόθερμη (ευνοείται με αύξηση της θερμοκρασίας) ενώ η προς τα αριστερά κατεύθυνση είναι η εξώθερμη (ευνοείται με μείωση θερμοκρασίας)

$\alpha A + \beta B \rightleftharpoons \gamma \Gamma + \delta \Delta \quad \Delta H < 0$ (ή $+Q$) :

Η προς τα δεξιά κατεύθυνση είναι η εξώθερμη (ευνοείται με μείωση θερμοκρασίας) ενώ η προς τα αριστερά κατεύθυνση είναι η ενδόθερμη (ευνοείται με αύξηση της θερμοκρασίας)

7. Σε διαλύματα, η αραιώση του διαλύματος είναι ισοδύναμη με την αύξηση του όγκου του δοχείου και ευνοεί την κατεύθυνση που έχουμε το μεγαλύτερο άθροισμα συντελεστών διαλυμένων σωμάτων ($aq, soln$)

8. Ενέργειες όπως η χρήση καταλύτη, ο τεμαχισμός στερεού σώματος αν και αυξάνουν τον χρόνο αποκατάστασης της ισορροπίας δεν επηρεάζει τη θέση ισορροπίας.

Ομοίως και η προσθήκη αδρανούς αερίου (ευγενούς αερίου όπως He, Ne, Ar, Kr, \dots) δεν επηρεάζει τη θέση ισορροπίας

Άρα με βάση τα παραπάνω

i. $1 \rightarrow B, 2 \rightarrow A, 3 \rightarrow A, 4 \rightarrow B, 5 \rightarrow B, 6 \rightarrow A, 7 \rightarrow B, 8 \rightarrow A, 9 \rightarrow \Gamma$

ii. $1 \rightarrow B, 2 \rightarrow A, 3 \rightarrow A, 4 \rightarrow B, 5 \rightarrow \Gamma, 6 \rightarrow \Gamma, 7 \rightarrow A, 8 \rightarrow B, 9 \rightarrow \Gamma$

iii. $1 \rightarrow \Gamma, 2 \rightarrow \Gamma, 3 \rightarrow \Gamma, 4 \rightarrow B, 5 \rightarrow A, 6 \rightarrow B, 7 \rightarrow A, 8 \rightarrow B, 9 \rightarrow \Gamma$

iv. $1 \rightarrow B, 2 \rightarrow B, 3 \rightarrow A, 4 \rightarrow A, 5 \rightarrow B$

Εφαρμογή-3.

A. Για την ισορροπία : $\text{CO(g)}+3\text{H}_2\text{(g)}\rightleftharpoons\text{CH}_4\text{(g)}+\text{H}_2\text{O(g)}$ $\Delta\text{H}^\circ=-206\text{kJ}$, να αντιστοιχίσετε τις μεταβολές της στήλης-I με την κατεύθυνση που θα μετατοπιστεί η ισορροπία με βάση την αρχή του Le Chatelier

Στήλη-I Μεταβολές στην ισορροπία	Στήλη-II Κατεύθυνση μετατόπισης της ισορροπίας
<ol style="list-style-type: none"> 1. Αφαίρεση ποσότητας CO(g) 2. Προσθήκη ποσότητας $\text{H}_2\text{(g)}$ 3. Αφαίρεση ποσότητας $\text{CH}_4\text{(g)}$ 4. Προσθήκη ποσότητας $\text{H}_2\text{O(g)}$ 5. Αύξηση του όγκου του δοχείου 6. Μείωση του όγκου του δοχείου 7. Αύξηση θερμοκρασίας 8. Μείωση θερμοκρασίας 9. Προσθήκη ποσότητας He (ευγενές αέριο) 	<p>A. Προς τα δεξιά</p> <p>B. Προς τα αριστερά</p> <p>Γ. Καμία μεταβολή</p>

B. Για την ισορροπία : $\text{CO}_2\text{(g)}+\text{C(s)}\rightleftharpoons 2\text{CO(g)}$ $\Delta\text{H}^\circ=172,5\text{kJ}$, να αντιστοιχίσετε τις μεταβολές της στήλης-I με την κατεύθυνση που θα μετατοπιστεί η ισορροπία με βάση την αρχή του Le Chatelier

6

Στήλη-I Μεταβολές στην ισορροπία	Στήλη-II Κατεύθυνση μετατόπισης της ισορροπίας
<ol style="list-style-type: none"> 1. Αφαίρεση ποσότητας CO(g) 2. Προσθήκη ποσότητας $\text{CO}_2\text{(g)}$ 3. Αφαίρεση ποσότητας C(s) 4. Προσθήκη ποσότητας C(s) 5. Αύξηση του όγκου του δοχείου 6. Μείωση του όγκου του δοχείου 7. Αύξηση θερμοκρασίας 8. Μείωση θερμοκρασίας 9. Επιπλέον τεμαχισμό του C(s) 	<p>A. Προς τα δεξιά</p> <p>B. Προς τα αριστερά</p> <p>Γ. Καμία μεταβολή</p>

Εφαρμογή-4.

A. Για την ισορροπία : $\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \Delta\text{H}>0$, να αντιστοιχίσετε τις μεταβολές της στήλης-I με την κατεύθυνση που θα μετατοπιστεί η ισορροπία με βάση την αρχή του Le Chatelier

Στήλη-I Μεταβολές στην ισορροπία	Στήλη-II Κατεύθυνση μετατόπισης της ισορροπίας
1. Αφαίρεση ποσότητας $\text{CO}(\text{g})$	<p>A. Προς τα δεξιά</p> <p>B. Προς τα αριστερά</p> <p>Γ. Καμία μεταβολή</p>
2. Προσθήκη ποσότητας $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	
3. Αφαίρεση ποσότητας $\text{H}_2(\text{g})$	
4. Προσθήκη ποσότητας $\text{CO}_2(\text{g})$	
5. Αύξηση του όγκου του δοχείου	
6. Μείωση του όγκου του δοχείου	
7. Αύξηση θερμοκρασίας	
8. Μείωση θερμοκρασίας	
9. Προσθήκη καταλύτη	

B. Για την ισορροπία : $2\text{CO}(\text{g})+\text{O}_2(\text{g})\rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) \Delta\text{H}<0$, να αντιστοιχίσετε τις μεταβολές της στήλης-I με την κατεύθυνση που θα μετατοπιστεί η ισορροπία με βάση την αρχή του Le Chatelier

7

Στήλη-I Μεταβολές στην ισορροπία	Στήλη-II Κατεύθυνση μετατόπισης της ισορροπίας
1. Αφαίρεση ποσότητας $\text{CO}(\text{g})$	<p>A. Προς τα δεξιά</p> <p>B. Προς τα αριστερά</p> <p>Γ. Καμία μεταβολή</p>
2. Αφαίρεση ποσότητας $\text{O}_2(\text{g})$	
3. Προσθήκη ποσότητας $\text{CO}_2(\text{g})$	
5. Αύξηση του όγκου του δοχείου	
6. Μείωση του όγκου του δοχείου	
7. Αύξηση θερμοκρασίας	
8. Μείωση θερμοκρασίας	

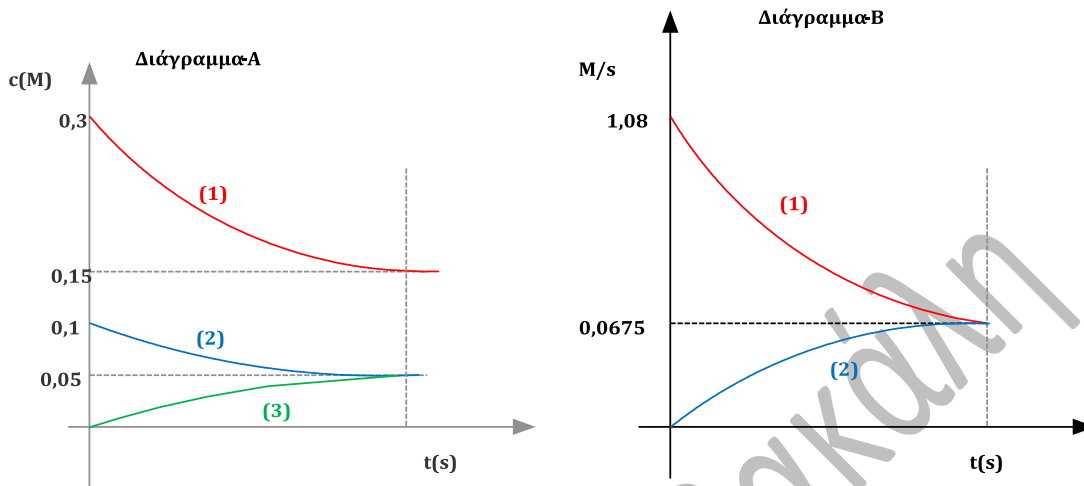
Παράδειγμα-3.

Σε δοχείο όγκου $V=10L$ τοποθετούνται 1mol CO και 3mol H_2 σε κατάλληλη θερμοκρασία T προς αποκατάσταση της ισορροπίας $\text{CO(g)}+3\text{H}_2\text{(g)}\rightleftharpoons\text{CH}_4\text{(g)}+\text{H}_2\text{O(g)}$.

Σας δίνονται παρακάτω 2 διαγράμματα.

Το διάγραμμα-Α που είναι συγκεντρώσεων $c(M)$ σε συνάρτηση με το χρόνο $t(s)$

Το διάγραμμα-Β που είναι ταχυτήτων αντίδρασης (M/s) σε συνάρτηση με το χρόνο $t(s)$



α. Να αντιστοιχίσετε τις καμπύλες (1), (2), (3) με τα σώματα της ισορροπίας : CO , H_2 , CH_4 , H_2O .
Απάντηση : Για να βρούμε ποια καμπύλη αντιστοιχεί σε κάθε σώμα πρέπει να αξιοποιήσουμε τις αρχικές ποσότητες που μας δίνει η άσκηση.

Το H_2 και το CO υπήρχαν αρχικά στο δοχείο με ποσότητες 3mol και 1mol αντίστοιχα.

Άρα η (1) αφορά το H_2 , ενώ η (2) το CO .

Η καμπύλη (3) αφορά τα σώματα που δεν υπήρχαν αρχικά στο δοχείο άρα το CH_4 και το H_2O .

β. Να υπολογίσετε την τιμή της K_c , της ισορροπίας στη θερμοκρασία T .

Γενικά για οποιαδήποτε αντίδραση της μορφής $\alpha\text{A}+\beta\text{B}\rightarrow\gamma\text{G}+\delta\text{D}$ ορίζουμε ως κλάσμα Q τον λόγο:

$$Q = \frac{[\Gamma]^\gamma [\Delta]^\delta}{[A]^\alpha [B]^\beta},$$

Βεβαίως τα σώματα A , B , Γ και Δ πρέπει να είναι αέρια ή διαλυμένες ουσίες σε διάλυμα για να έχουν συγκεντρωση.

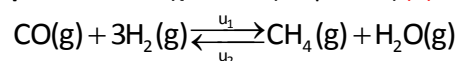
Στην ισορροπία ισχύει $Q=K_c$, άρα αν γνωρίζουμε τις συγκεντρώσεις των σωμάτων στην κατάσταση ισορροπίας μπορούμε να υπολογίσουμε την K_c .

Από το διάγραμμα-Α φαίνεται ότι στην ισορροπία $[\text{CO}]=[\text{CH}_4]=[\text{H}_2\text{O}]=0,05M$ και $[\text{H}_2]=0,15M$

$$Q=K_c \Rightarrow K_c = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3} = \frac{0,05 \cdot 0,05}{0,05 \cdot 0,015^3 \cdot 3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} =$$

$$= \frac{400}{27}$$

γ. Να αντιστοιχίσετε τις καμπύλες (1), (2) με τις ταχύτητες u_1 , u_2 της ισορροπίας :

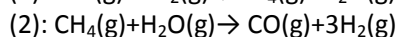
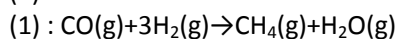


Η $u_1=k_1[\text{CO}][\text{H}_2]^3$ έχει αρχική τιμή αφού είχαμε αρχικές ποσότητες CO και H_2 άρα η καμπύλη (1) αφορά την u_1 , η οποία μειώνεται με την πάροδο του χρόνου αφού καταναλώνονται τα CO , H_2

Η $u_2=[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]$ δεν έχει αρχική τιμή αφού δεν έχουμε αρχικές ποσότητες, αλλά αυξάνεται καθώς αυξάνονται οι ποσότητες των CH_4 , H_2O ως προϊόντα.

Άρα η μεταβολή της u_2 περιγράφεται από την καμπύλη (2)

δ. Να υπολογίσετε τις σταθερές k_1 , k_2 των νόμων της ταχύτητας των απλών αντιδράσεων (1) και (2) :



Στην ισορροπία ισχύει :

$$u_1 = u_2 \Rightarrow k_1[\text{CO}][\text{H}_2]^3 = k_2[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}] \Rightarrow \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3} = \frac{k_1}{k_2} \Rightarrow K_c = \frac{k_1}{k_2}$$

Θα υπολογίσουμε την k_2 από την u_2 στην ισορροπία :

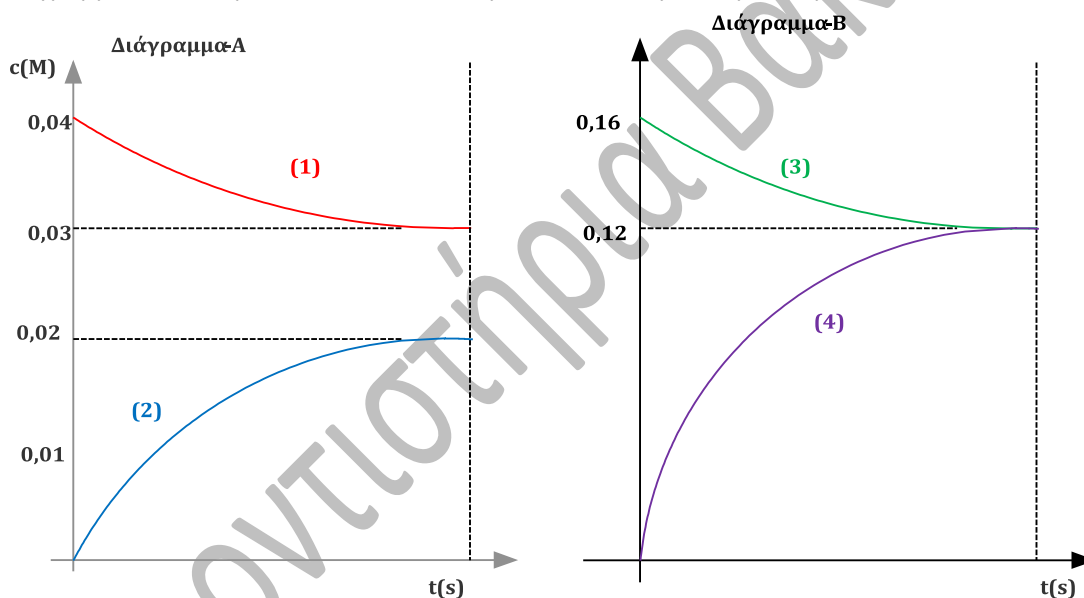
$$u_2 = k_2[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}] \Rightarrow 0,0675 = k_2 \cdot 0,05 \cdot 0,05 \Rightarrow 0,0675 = k_2 \cdot \frac{1}{20} \cdot \frac{1}{20} \Rightarrow k_2 = 400 \cdot 0,0675 = 27 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$$

$$\text{Για την } k_1 : K_c = \frac{k_1}{k_2} \Rightarrow \frac{400}{27} = \frac{k_1}{27} \Rightarrow k_1 = 400 \text{ M}^{-3}\text{s}^{-1}$$

Εφαρμογή -5 .Για την ισορροπία $\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2\text{(g)}$ δίνονται 2 διαγράμματα (Α και Β)

Διάγραμμα-Α : Μεταβολή συγκεντρώσεων σε συνάρτηση με το χρόνο

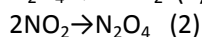
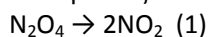
Διάγραμμα-Β : Μεταβολή ταχυτήτων αντίδρασης σε συνάρτηση με το χρόνο



Α. Να αντιστοιχίσετε τις καμπύλες (1) και (2) με τα σώματα N_2O_4 και NO_2 τις ισορροπίας.

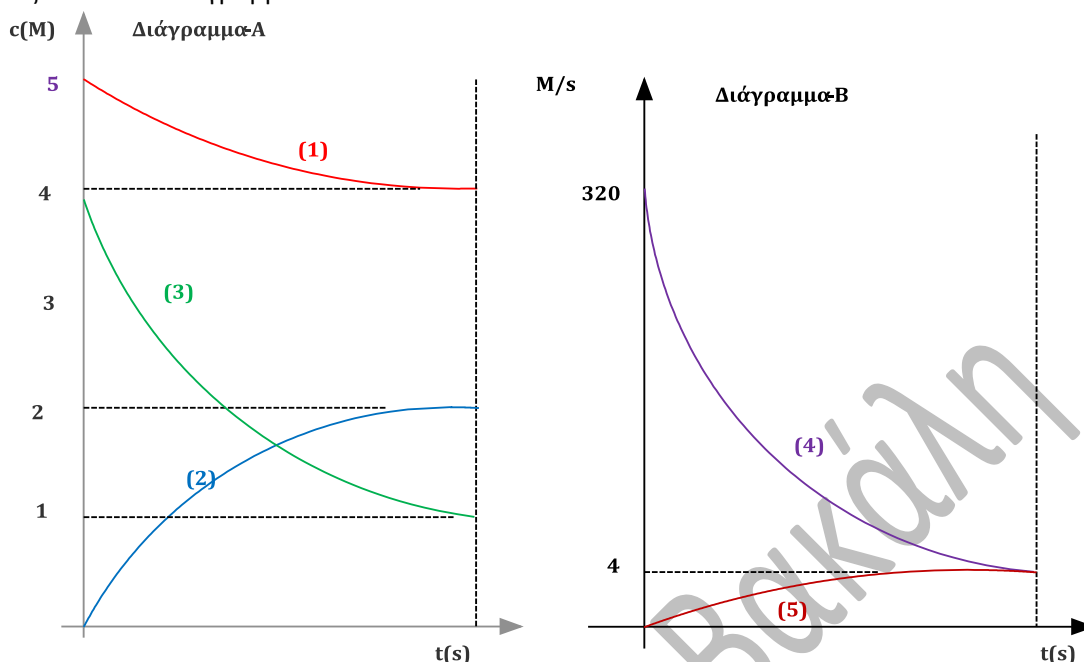
Β. Να υπολογίσετε την τιμή της K_c της ισορροπίας $\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2\text{(g)}$ για τις συνθήκες του διαγράμματος.

Γ. Να υπολογίσετε τις σταθερές ταχύτητας k_1 , k_2 του νόμου της ταχύτητας για τις απλές αντιδράσεις :



Εφαρμογή -6 .Σε δοχείο όγκου $V=1L$ και θερμοκρασίας $\theta^{\circ}C$ τοποθετούνται 5mol N_2 και 4mol H_2 προς αποκατάσταση της ισορροπίας : $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$

Σας δίνονται 2 διαγράμματα :

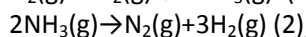
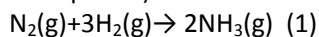


A. Να βρείτε τη σύσταση σε $n(\text{mol})$ του δοχείου ισορροπίας

B. Να υπολογίσετε την απόδοση (α) της αντίδρασης

Γ. Να υπολογίσετε την τιμή της K_c

Δ. Να υπολογίσετε τις σταθερές k_1, k_2 των νόμων των ταχυτήτων για τις παρακάτω απλές αντιδράσεις :



Όλες οι σταθερές και τα διαγράμματα αναφέρονται σε θερμοκρασία $\theta^{\circ}C$

Παράδειγμα-4 . Σας δίνεται η ισορροπία $A(g)+B(g)\rightleftharpoons \Gamma(g)+\Delta(g)$ όπου η σταθερά ισορροπίας $K_c=4$ σε θερμοκρασία $\theta^{\circ}C$.

Σε δοχείο όγκου $V=1L$ τοποθετούμε :

i. 1mol $A(g)$, 1mol $B(g)$, 2mol $\Gamma(g)$, 2mol $\Delta(g)$

ii. 1mol $A(g)$, 1mol $B(g)$, 3mol $\Gamma(g)$, 3mol $\Delta(g)$

iii. 3mol $A(g)$, 3mol $B(g)$, 2mol $\Gamma(g)$, 2mol $\Delta(g)$

Σε κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις να βρείτε :

α. Προς ποια κατεύθυνση θα αντιδράσει το σύστημα

β. Τη σύσταση του δοχείου ισορροπίας

Απάντηση : Σε κάθε αντίδραση της μορφής $\alpha A+\beta B\rightleftharpoons \gamma \Gamma+\delta \Delta$, εφόσον τα A, B, Γ και Δ έχουν συγκέντρωση , ορίζεται ως κλάσμα Q ο λόγος :

$$Q = \frac{[\Gamma]^\gamma [\Delta]^\delta}{[A]^\alpha [B]^\beta}$$

Αν το σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία το κλάσμα Q ισούται με την τιμή της K_c : $Q=K_c$

Αν $Q > K_c$ το σύστημα αντιδρά προς τα αριστερά για να αυξήσει τον παρονομαστή , να μειώσει τον αριθμητή του Q , ώστε αυτό να μικρύνει και να εξισωθεί με την K_c

Αν $Q < K_c$ το σύστημα αντιδρά προς τα δεξιά για να αυξήσει τον αριθμητή, να μειώσει τον παρονομαστή του Q , ώστε αυτό να μεγαλώσει και να εξισωθεί με την K_c .

Στο παράδειγμα μας :

i. $[A]=1M, [B]=1M, [Γ]=2M, [Δ]=2M$

$$Q = \frac{[Γ][Δ]}{[A][B]} = \frac{2 \cdot 2}{1 \cdot 1} = 4 = K_c$$

Το σύστημα είναι σε ισορροπία, άρα δεν αντιδρά

ii. $[A]=1M, [B]=1M, [Γ]=3M, [Δ]=3M$

$$Q = \frac{[Γ][Δ]}{[A][B]} = \frac{3 \cdot 3}{1 \cdot 1} = 9 > K_c$$

Το σύστημα αντιδρά προς τα αριστερά

(mol) $A(g)+B(g) \rightleftharpoons Γ(g)+Δ(g)$

Αρχικά: $1 \quad 1 \quad 3 \quad 3$

Αντιδρούν/Παράγονται: $x \quad x \quad x \quad x$

Χημική ισορροπία: $1+x \quad 1+x \quad 3-x \quad 3-x$

$[A]=[B]=1+x M \quad [Γ]=[Δ]=3-x M$

$$Q = \frac{[Γ][Δ]}{[A][B]} = 4 = K_c \Rightarrow \frac{[Γ][Δ]}{[A][B]} = 4 \Rightarrow \frac{(3-x)(3-x)}{(1+x)(1+x)} = 4 \Rightarrow \frac{(3-x)^2}{(1+x)^2} = 2^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{3-x}{1+x} = 2 \Rightarrow 3-x = 2+2x \Rightarrow 3x = 1 \Rightarrow x = \frac{1}{3} M$$

Άρα η σύσταση του δοχείου ισορροπίας είναι :

$$n_A = n_B = 1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3} \text{ mol}$$

$$n_\Gamma = n_\Delta = 3 - \frac{1}{3} = \frac{8}{3} \text{ mol}$$

iii. $[A]=3M, [B]=3M, [Γ]=2M, [Δ]=2M$

$$Q = \frac{[Γ][Δ]}{[A][B]} = \frac{2 \cdot 2}{3 \cdot 3} = \frac{4}{9} < K_c$$

Το σύστημα αντιδρά προς τα δεξιά

(mol) $A(g)+B(g) \rightleftharpoons Γ(g)+Δ(g)$

Αρχικά: $3 \quad 3 \quad 2 \quad 2$

Αντιδρούν/Παράγονται: $x \quad x \quad x \quad x$

Χημική ισορροπία: $3-x \quad 3-x \quad 2+x \quad 2+x$

$[A]=[B]=1+x M \quad [Γ]=[Δ]=3-x M$

$$Q = \frac{[Γ][Δ]}{[A][B]} = 4 = K_c \Rightarrow \frac{[Γ][Δ]}{[A][B]} = 4 \Rightarrow \frac{(2+x)(2+x)}{(3-x)(3-x)} = 4 \Rightarrow \frac{(2+x)^2}{(3-x)^2} = 2^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2+x}{3-x} = 2 \Rightarrow 2+x = 6-2x \Rightarrow 3x = 4 \Rightarrow x = \frac{4}{3} M$$

Άρα η σύσταση του δοχείου ισορροπίας είναι :

$$n_A = n_B = 3 - \frac{4}{3} = \frac{5}{3} \text{ mol}$$

$$n_\Gamma = n_\Delta = 2 + \frac{4}{3} = \frac{10}{3} \text{ mol}$$

Εφαρμογή-7. Σας δίνεται η ισορροπία $H_2(g)+I_2(g)\rightleftharpoons 2HI(g)$ με τιμή $K_c=49$ σε θερμοκρασία $\theta^\circ C$
 Σε δοχείο όγκου $V=10L$ στην ίδια θερμοκρασία $\theta^\circ C$, τοποθετούνται :

i. 1mol H_2 , 1mol I_2 , 7mol HI

ii. 2mol H_2 , 2mol I_2 , 12mol HI

iii. 0,5mol H_2 , 0,5mol I_2 , 4mol HI

Να βρείτε σε κάθε περίπτωση τη σύσταση του μίγματος ισορροπίας.

Εφαρμογή-8.

Σας δίνεται η ισορροπία : $CH_3OH(soln)+C_4H_9OH(soln)\rightleftharpoons C_4H_9OCH_3(soln)+H_2O(soln)$ με σταθερά ισορροπίας $K_c=1$ σε θερμοκρασία $\theta^\circ C$

Σε δοχείο $V=1L$ κατάλληλου οργανικού διαλύτη αναμιγνύουμε σε θερμοκρασία $\theta^\circ C$

i. 0,1mol CH_3OH , 0,1mol C_4H_9OH , 0,1 mol $C_4H_9OCH_3$, 0,1mol H_2O

ii. 0,1mol CH_3OH , 0,1mol C_4H_9OH , 0,2 mol $C_4H_9OCH_3$, 0,2mol H_2O

iii. 0,4mol CH_3OH , 0,4mol C_4H_9OH , 0,1 mol $C_4H_9OCH_3$, 0,1mol H_2O

Να βρείτε σε κάθε περίπτωση τη σύσταση του μίγματος ισορροπίας.

Φροντιστήρια Βακάλη

Φροντιστήρια Βακάλη