

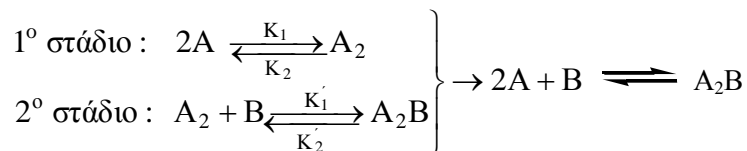
4.3 Σταθερά χημικής ισορροπίας K_c - K_p

<p>Τι ονομάζεται σταθερά χημικής ισορροπίας K_c και τι νόμο χημικής ισορροπίας;</p>	<p>Για την αμφίδρομη χημική αντίδραση που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:</p> $\alpha A + \beta B \rightleftharpoons \gamma \Gamma + \delta \Delta$ <p>Αποδεικνύεται ότι στην κατάσταση χημικής ισορροπίας η παράσταση $\frac{[\Gamma]^\gamma [\Delta]^\delta}{[A]^\alpha [B]^\beta}$ έχει μια σταθερή τιμή που συμβολίζεται με K_c.</p> <p>Η σταθερά αυτή ονομάζεται σταθερά χημικής ισορροπίας και μεταβάλλεται μόνο με τη θερμοκρασία.</p> <p>Η παραπάνω σχέση μεταξύ των συγκεντρώσεων των αντιδρώντων και προϊόντων εκφράζει το νόμο χημικής ισορροπίας: $K_c = \frac{[\Gamma]^\gamma [\Delta]^\delta}{[A]^\alpha [B]^\beta}$</p>
<p>Ποιες χημικές ουσίες δεν συμπεριλαμβάνονται στο νόμο της χημικής ισορροπίας;</p>	<p>Η συγκέντρωση του στερεού παραλείπεται από την έκφραση της K_c, καθώς αυτή είναι ανεξάρτητη από την ποσότητά του.</p> <p>Επίσης από την έκφραση της K_c παραλείπονται και οι χημικές ουσίες που στις συνθήκες της αντίδρασης είναι υγρές.</p> <p>Δηλαδή για την ισορροπία:</p> $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ <p>έχουμε:</p> $K_c = [CO_2]$ <p>Επίσης για την ισορροπία:</p> $PCl_5(l) \rightleftharpoons PCl_3(l) + Cl_2(g)$ <p>$K_c = [Cl_2]$.</p>
<p>Τι σχέση έχει η τιμή της K_c με την απόδοση της αντίδρασης;</p>	<ul style="list-style-type: none">• Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της K_c τόσο μεγαλύτερο ποσοστό των αντιδρώντων μετατρέπεται σε προϊόντα (=μεγάλη απόδοση αντίδρασης), δηλαδή τόσο περισσότερο η χημική ισορροπία είναι μετατοπισμένη προς τα δεξιά και• Όσο μικρότερη είναι η τιμή της K_c τόσο περισσότερο η χημική ισορροπία είναι μετατοπισμένη προς τα αριστερά (=μικρή απόδοση αντίδρασης).
<p>Πότε αλλάζει η τιμή της K_c;</p>	<p>Η τιμή της K_c δεν αναφέρεται στη χημική ισορροπία (δηλ. στο χημικό φαινόμενο) που πραγματοποιείται, αλλά στη χημική εξίσωση που περιγράφει την ισορροπία.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Γι' αυτό και η τιμή της αλλάζει, όταν αλλάξει ο τρόπος που γράφεται η χημική εξίσωση, ανεξάρτητα αν περιγράφεται πάντα η ίδια ισορροπία. • Η K_c μιας ορισμένης χημικής εξίσωσης (με συγκεκριμένη φορά και συντελεστές) αλλάζει τιμή, μόνο αν αλλάξει η θερμοκρασία.
<p>Τι μονάδες έχει η K_c;</p>	<p>Οι μονάδες της K_c εξαρτώνται από τη μορφή της χημικής εξίσωσης. Συνήθως όμως αυτές παραλείπονται.</p>
<p>Τι ονομάζουμε πηλίκο αντίδρασης Q;</p>	<p>Για την αμφίδρομη χημική αντίδραση που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:</p> $\alpha A + \beta B \rightleftharpoons \gamma \Gamma + \delta \Delta$ <p>Στη θέση χημικής ισορροπίας η τιμή του κλάσματος $\frac{[\Gamma]^\gamma [\Delta]^\delta}{[A]^\alpha [B]^\beta}$ ισούται με K_c.</p> <p>Το παραπάνω κλάσμα, που ονομάζεται πηλίκο αντίδρασης και συμβολίζεται με Q_c, έχει τιμή διάφορο της K_c σε κατάσταση μη ισορροπίας.</p> <p>Με βάση την τιμή της Q_c μπορούμε να προβλέψουμε προς ποια κατεύθυνση οδεύει μια αντίδραση (δεξιά ή αριστερά), ώστε να αποκατασταθεί η ισορροπία.</p> <p>Μπορούμε δηλαδή να διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Αν $Q_c = K_c$ το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας 2. Αν $Q_c < K_c$ τότε η αντίδραση πηγαίνει προς τα δεξιά, ώστε η τιμή του Q_c να μεγαλώσει (μικραίνει ο παρανομαστής του κλάσματος και μεγαλώνει ο αριθμητής). Κατ' αυτό τον τρόπο το σύστημα προσεγγίζει τη θέση ισορροπίας, όπου $Q_c = K_c$. 3. Αν $Q_c > K_c$, τότε η αντίδραση οδεύει προς τα αριστερά, ώστε το σύστημα να φτάσει σε ισορροπία.
<p>Να αποδείξετε το νόμο της χημικής ισορροπίας.</p>	<p>Έστω η αμφίδρομη αντίδραση:</p> $\alpha A + \beta B \rightleftharpoons \gamma \Gamma + \delta \Delta$ <p>η οποία λαμβάνει χώρα σε ένα στάδιο και προς τις δύο κατευθύνσεις, είναι δηλαδή απλή αντίδραση και προς τις δύο κατευθύνσεις.</p> <p>Με βάση το νόμο της ταχύτητας, η ταχύτητα της αντίδρασης προς τα δεξιά είναι:</p> $v_1 = k_1[A]^\alpha[B]^\beta,$ <p>και αντίστοιχα προς τα αριστερά είναι: $v_2 = k_2[\Gamma]^\gamma[\Delta]^\delta$.</p> <p>Στην ισορροπία όμως έχουμε: $v_1 = v_2$ οπότε,</p> $k_1[A]^\alpha[B]^\beta = k_2[\Gamma]^\gamma[\Delta]^\delta \quad \text{ή}$

$$\frac{[A_2B]}{[A]^2[B]} = \frac{k_1}{k_2} = K_c$$

- Αν πάρουμε μια αντίδραση της ίδιας μορφής, που είναι όμως πολύπλοκη, δηλαδή γίνεται σε περισσότερα ενδιάμεσα στάδια :



- Τότε η σταθερά χημικής ισορροπίας για κάθε στάδιο είναι :

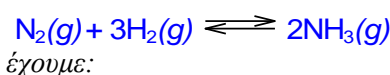
$$K_{c_1} = \frac{[A_2]}{[A]^2} = \frac{k_1}{k_2} \quad \text{και} \quad K_{c_2} = \frac{[A_2B]}{[A_2][B]} = \frac{k_1'}{k_2'}$$

- Αν πολλαπλασιάσουμε κατά μέλη τις δύο σχέσεις έχουμε:

$$K_{c_1} \times K_{c_2} = \frac{[A_2][A_2B]}{[A]^2[A_2][B]} = \frac{[A_2B]}{[A]^2[B]} = \frac{k_1 k_1'}{k_2 k_2'} = K_c$$

Τι ονομάζεται σταθερά χημικής ισορροπίας K_p και πως γράφεται για αυτήν ο νόμος χημικής ισορροπίας;

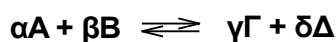
Αν στο σύστημα ισορροπίας συμμετέχουν αέρια, τότε ο νόμος χημικής ισορροπίας μπορεί να εκφραστεί σε συνάρτηση με τις μερικές πιέσεις των αερίων. Η αντίστοιχη σταθερά συμβολίζεται K_p και εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία. Δηλαδή για τη χημική εξίσωση:



$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} \cdot p_{H_2}^3}$$

Ποια σχέση συνδέει την K_p με την K_c ;

Έστω η αμφίδρομη αντίδραση:



$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = \gamma + \delta - \alpha - \beta$$

Απόδειξη

Γνωρίζουμε ότι:

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

Όμως για καθεμία από τις μερικές πιέσεις P_i των αερίων ισχύει:

$$P_i \cdot V = nRT \Rightarrow$$

$$P_i = \frac{n}{V} RT$$

και για την Molarity κάθε συστατικού Σ ισχύει:

$$[\Sigma] = \frac{n}{V}$$

οπότε:

$$K_p = \frac{p_{\Gamma}^{\gamma} \cdot p_{\Delta}^{\delta}}{p_A^{\alpha} \cdot p_B^{\beta}} = \frac{([\Gamma]RT)^{\gamma} \cdot ([\Delta] \cdot RT)^{\delta}}{([A]RT)^{\alpha} \cdot ([B]RT)^{\beta}} = K_c (RT)^{\gamma+\delta-(\alpha+\beta)}$$

δηλαδή:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta_n}$$

όπου, $\Delta_n = \gamma+\delta - (\alpha+\beta)$,

Πότε ισχύει $K_c=K_p$; Αν $\Delta_n = 0$, τότε $K_p = K_c$. Στην περίπτωση αυτή η K_c και η K_p είναι καθαροί αριθμοί.

Προσοχή!!

Να διαβάσεις Ο Λ Α τα λυμένα παραδείγματα του βιβλίου. Καθένα από αυτά αποτελεί μια σημαντική κατηγορία προβλημάτων.

Ερωτήσεις κατανόησης

4-52. Για την ισορροπία $\alpha A + \beta B \rightleftharpoons \gamma \Gamma + \delta \Delta$ μεταξύ των αερίων A, B, Γ, Δ, η σταθερά K_C δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha. K_C = \frac{[A]^\alpha \cdot [B]^\beta}{[\Gamma]^\gamma \cdot [\Delta]^\delta} \quad \gamma. K_C = \frac{[A]^\alpha + [B]^\beta}{[\Gamma]^\gamma + [\Delta]^\delta}$$
$$\beta. K_C = \frac{[\Gamma]^\gamma \cdot [\Delta]^\delta}{[A]^\alpha \cdot [B]^\beta} \quad \delta. K_C = \frac{[\Gamma]^\gamma + [\Delta]^\delta}{[A]^\alpha + [B]^\beta},$$

όπου [A], [B], [Γ], [Δ] οι συγκεντρώσεις των σωμάτων A, B, Γ και Δ αντίστοιχα μετά την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας.

4-53. Για την ισορροπία $\alpha A + \beta B \rightleftharpoons \gamma \Gamma + \delta \Delta$ μεταξύ των αερίων A, B, Γ, Δ, η σταθερά K_p η σχετική με τις μερικές πιέσεις δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha. K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_\Gamma \cdot P_\Delta} \quad \gamma. K_p = \frac{P_\Gamma \cdot P_\Delta}{P_A \cdot P_B}$$
$$\beta. K_p = \frac{P_\Gamma^\gamma \cdot P_\Delta^\delta}{P_A^\alpha \cdot P_B^\beta} \quad \delta. K_p = \frac{P_A^\alpha \cdot P_B^\beta}{P_\Gamma^\gamma \cdot P_\Delta^\delta},$$

όπου $P_A, P_B, P_\Gamma, P_\Delta$ οι μερικές πιέσεις των σωμάτων A, B, Γ και Δ αντίστοιχα μετά την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας.

4-54. Για την ισορροπία $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$, η σχέση που συνδέει τις σταθερές K_c και K_p είναι:

$$\alpha. K_p = K_c \quad \gamma. K_p = K_c \cdot (RT)^2$$
$$\beta. K_c = K_p \cdot (RT)^{-2} \quad \delta. K_p = K_c \cdot (RT)^{-2}.$$

4-55. Μετά την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας, που αποδίδεται με τη στοιχειομετρική εξίσωση $CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$ συνυπάρχουν σε ένα δοχείο όγκου V: α mol CaO, β mol CO_2 , και γ mol $CaCO_3$. Η σταθερά K_C της χημικής ισορροπίας δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha. K_c = \frac{\gamma}{\frac{\alpha}{V} \cdot \frac{\beta}{V}} \quad \gamma. K_c = \frac{V}{\beta}$$
$$\beta. K_c = \frac{\gamma}{\alpha \cdot \beta} \quad \delta. K_c = \frac{\beta}{V}$$

4-56. Αν στους θ °C για την ισορροπία: $2H_{2O(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$, είναι $K_C = 4$ και για την ισορροπία: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(g)}$ είναι $K_c' = \lambda$, θα ισχύει:

$$\alpha. \lambda = 4 \quad \beta. \lambda > 4 \quad \gamma. \lambda = 1/4 \quad \delta. 1/4 < \lambda < 4.$$

4-57. Η τιμή της σταθεράς K_C της ισορροπίας που περιγράφεται με τη χημική εξίσωση $\alpha A + \beta B \rightleftharpoons \gamma \Gamma + \delta \Delta$, διαπιστώθηκε ότι αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η διαπίστωση αυτή μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η αντίδραση με φορά προς τα δεξιά:

- α. είναι εξώθερμη
- β. είναι ενδόθερμη
- γ. δεν είναι ούτε εξώθερμη, ούτε ενδόθερμη

δ. είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη, ανάλογα με τη θερμοκρασία στην οποία

4-58. Σε ένα κενό δοχείο εισάγεται φωσγένιο (COCl_2), οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:
 $\text{COCl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$, $\Delta H > 0$.

Να αντιστοιχίσετε την κάθε μεταβολή του συστήματος που περιγράφεται στη στήλη (I) με όσα από τα αίτια την προκαλούν και αναφέρονται στη στήλη (II).

(I)

(II)

A. αύξηση της τιμής της K_c

α. εισαγωγή Cl_2

B. αύξηση του βαθμού διάσπασης

β. αύξηση της ολικής πίεσης

Γ. αύξηση της ποσότητας του Cl_2

γ. αύξηση του όγκου του δοχείου

Δ. αύξηση της ποσότητας του COCl_2

δ. αύξηση της θερμοκρασίας.

4-59. Μείγμα τριών αερίων A, B και Γ θερμοκρασίας θ °C ($\theta > 0$) και όγκου V βρίσκεται σε ισορροπία που περιγράφεται από την εξίσωση:



Στις συνθήκες αυτές η τιμή της σταθεράς της χημικής ισορροπίας K_c είναι β. Να αντιστοιχίσετε την κάθε μία από τις τιμές α, β, γ της K_c οι οποίες περιλαμβάνονται στη στήλη (I) με τους συνδυασμούς τιμών θερμοκρασίας - όγκου του συστήματος που αναγράφονται στη στήλη (II), λαμβάνοντας υπ' όψη ότι $\alpha < \beta < \gamma$.

(I)

(II)

α

1. θερμοκρασία θ , όγκος δοχείου V

2. θερμοκρασία θ , όγκος δοχείου 2V

β

3. θερμοκρασία 2 θ , όγκος δοχείου V

4. θερμοκρασία $\theta/2$, όγκος δοχείου V

γ

5. θερμοκρασία θ , όγκος δοχείου V/2.

Ασκήσεις

K_c

4-60. Σε κλειστό δοχείο όγκου 2lt διοχετεύουμε 2 mol N_2 και 8 mol H_2 , οπότε πραγματοποιείται η αντίδραση: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$.

Αν η απόδοση της αντίδρασης είναι 50%, να υπολογιστούν:

α) η σταθερά ισορροπίας K_c στη θερμοκρασία του πειράματος

β) η % κ.ό. σύσταση του μίγματος.

4-61. Το διχλωρίδιο του θειικού οξέος (SO_2Cl_2) στους 250°C διασπάται σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{SO}_2\text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{SO}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ για την οποία η K_c είναι 10^{-3} mol /lt στους 250°C. Σε κλειστό δοχείο εισάγονται 0,09mol lt^{-1} SO_2Cl_2 και θερμαίνονται στους 250°C. Να υπολογιστεί ο βαθμός διάσπασης του SO_2Cl_2 .

4-62. Σε δοχείο όγκου V στους θ °C περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 0,1mol SO_2 , 0,08mol O_2 και 0,2mol SO_3 σύμφωνα με την αντίδραση:

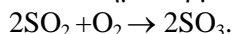
$\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$. Σε κενό δοχείο όγκου 2V στους θ °C περιέχονται 64g SO_2 . Πόσα g O_2 πρέπει να διοχετευθούν στο δοχείο, ώστε όταν αποκατασταθεί η ισορροπία η μισή ποσότητα SO_2 , να έχει μετατραπεί σε SO_3 ;

4-63. Ατμοί COCl_2 θερμαίνονται, οπότε διασπώνται μερικώς σύμφωνα με την εξίσωση:
 $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$.

Το μίγμα ισορροπίας έχει πυκνότητα 1,98 g/lt και περιέχει ίσους όγκους από τα τρία σώματα . Να υπολογιστεί η σταθερά ισορροπίας για την αντίδραση διάσπασης.

4-64. Για το σχηματισμό SO_3 σύμφωνα με την αντίδραση: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ είναι $K_c = 4\text{mol}^{-1}\text{lt}$ στους 800K. Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να εισαχθούν σε κλειστό δοχείο στους 800K SO_2 και O_2 , ώστε το μίγμα να περιέχει ισομοριακές ποσότητες των συστατικών του; Ποια θα είναι η ολική πίεση του μίγματος ισορροπίας;

4-65. Σε δοχείο όγκου 0,6lt προσθέτουμε ισομοριακό μίγμα SO_2 και O_2 μάζας 48g. Το σύστημα θερμαίνεται στους $\Theta^\circ\text{C}$, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:



Αν η απόδοση της αντίδρασης είναι 80% να υπολογιστεί η σταθερά ισορροπίας K_c .

4-66. Σε δοχείο σταθερού όγκου θερμαίνεται στους 727°C ορισμένη ποσότητα COCl_2 , οπότε διασπάται και αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{COCl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$.

Αν ο βαθμός διάσπασης του COCl_2 είναι 0,2 και η ολική πίεση του μίγματος ισορροπίας είναι 24,6atm να υπολογιστούν:

- η σταθερά ισορροπίας K_c για την αντίδραση διάσπασης
- η σχετική πυκνότητα του μίγματος ισορροπίας ως προς το H_2 .

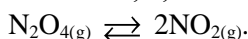
4-67. Σε κενό δοχείο εισάγεται HI το οποίο διασπάται και αποκαθίσταται η ισορροπία : $2\text{HI}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)}$.

Αν το μίγμα ισορροπίας περιέχει 79,975%κ.β. I_2 , να υπολογιστεί η K_c της αντίδρασης στη θερμοκρασία του πειράματος.

4-68. Σε δοχείο σταθερού όγκου εισάγεται στους 727°C ορισμένη ποσότητα HI, οπότε διασπάται και αποκαθίσταται η ισορροπία: $2\text{HI}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)}$.

Αν η ολική πίεση του μίγματος ισορροπίας είναι 4,1atm να υπολογιστεί η πυκνότητα του αερίου μίγματος ισορροπίας.

4-69. Σε δοχείο περιέχεται σε ορισμένη θερμοκρασία μίγμα N_2O_4 και NO_2 σε κατάσταση ισορροπίας. Αν η πυκνότητα του μίγματος είναι 9,6g/lt και η σχετική πυκνότητά του ως προς το H_2 είναι 34,5 ,να υπολογιστεί η K_c της αντίδρασης:



4-70. Σε δοχείο όγκου 1lt εισάγουμε 4mol N_2 , 10mol H_2 και θερμαίνουμε στους 160°C , οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$.

Αν το ποσοστό μετατροπής του H_2 είναι 90% να υπολογιστεί η τιμή της K_c στους 160°C . Αν η K_c της ίδιας αντίδρασης στους 200°C είναι 25, τι συμπεραίνετε για την αντίδραση;

4-71. Σε δοχείο σταθερού όγκου εισάγεται ποσότητα H_2S στους 1000K, οπότε διασπάται σε ποσοστό 20% και αποκαθίσταται η ισορροπία: $2\text{H}_2\text{S}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{H}_{2(g)} + \text{S}_{2(g)}$ με $K_c = 5 \cdot 10^{-7} \text{mol lt}^{-1}$.

- να υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις των αερίων στην κατάσταση ισορροπίας
- να βρεθεί η αναλογία μερικών πιέσεων των αερίων και να υπολογιστεί η ολική πίεση του μίγματος ισορροπίας.

4-72. Σε δοχείο σταθερού όγκου εισάγεται ορισμένη ποσότητα N_2O_4 και θερμαίνεται στους $\Theta^\circ\text{C}$ οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$, με $K_c = 0,1 \text{mol.lt}^{-1}$.

Αν η πυκνότητα του μίγματος ισορροπίας είναι $d=4,6\text{g/lt}$ να υπολογιστεί ο βαθμός διάσπασης του N_2O_4 στους $\Theta^\circ\text{C}$.

Q

4-73. Η σταθερά χημικής ισορροπίας K_c για την αντίδραση: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ είναι ίση με 36 σε ορισμένη θερμοκρασία. Σε κλειστό δοχείο που βρίσκεται στη θερμοκρασία αυτή εισάγουμε 1 mol H_2 , 1 mol I_2 και 4 mol HI. Να βρεθεί η % κ.ό. σύσταση του αερίου μίγματος στην κατάσταση ισορροπίας.

4-74. Για την διάσπαση του PCl_5 σύμφωνα με την εξίσωση:
 $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ η K_c είναι $3,9 \text{ mol.l}^{-1}$ στους $\Theta^\circ\text{C}$. Σε κενό δοχείο όγκου 1lt στους $\Theta^\circ\text{C}$ εισάγεται αέριο μίγμα 1 mol PCl_5 και 2 mol PCl_3 . Να βρεθεί η σύσταση του μίγματος ισορροπίας.

4-75. Ένα δοχείο περιέχει 1 mol N_2 , 3 mol H_2 , και 6 mol NH_3 σε κατάσταση ισορροπίας σε ορισμένη θερμοκρασία $\Theta^\circ\text{C}$. Σε ένα άλλο δοχείο, που έχει τριπλάσια χωρητικότητα από το προηγούμενο, διοχετεύονται 0,27 mol N_2 , 1 mol H_2 και 0,2 mol NH_3 . Αν το μίγμα στο δεύτερο δοχείο θερμανθεί στους $\Theta^\circ\text{C}$, πόσα moles από κάθε αέριο θα περιέχονται στο δοχείο, όταν αποκατασταθεί η ισορροπία;

4-76. Για την ισορροπία: $SO_2 + NO_2 \rightleftharpoons SO_3 + NO$ η σταθερά χημικής ισορροπίας έχει τιμή 4 σε ορισμένη θερμοκρασία $\Theta^\circ\text{C}$. Αν ένα μίγμα περιέχει 1 mol SO_2 και 2 mol NO_2 , πόσα mol NO πρέπει να προσθέσουμε στο μίγμα ώστε, αν θερμάνουμε το σύνολο των τριών αερίων στους $\Theta^\circ\text{C}$, να προκύψει ένα μίγμα ισορροπίας στο οποίο η ποσότητα του SO_3 να είναι 0,5 mol;

4-77. **30.** Η σταθερά χημικής ισορροπίας για την αντίδραση: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ έχει τιμή 100 σε ορισμένη θερμοκρασία. Ποια πρέπει να είναι η χωρητικότητα ενός δοχείου ώστε αν διοχετεύσουμε στο δοχείο αυτό 1 mol N_2 , 4 mol H_2 και 2 mol NH_3 και θερμάνουμε το μίγμα των τριών αερίων στη θερμοκρασία που αναφέραμε, να μην αλλάξουν οι ποσότητες των αερίων αυτών;

4-78. Ο βαθμός διάσπασης του HI στους 444°C είναι 0,222. Σε δοχείο σταθερού όγκου διοχετεύονται 1 mol HI, 3 mol I_2 και 8 mol H_2 . Αν το μίγμα θερμανθεί στους 444°C ποιοι θα είναι οι αριθμοί moles των τριών αερίων στην τελική κατάσταση ισορροπίας;

4-79. Όταν διοχετεύουμε 1 mol φωσγένιο ($COCl_2$), 2 mol CO και 3 mol Cl_2 σε δοχείο με χωρητικότητα 20lt, οι ποσότητες των τριών αερίων μένουν αμετάβλητες. Αν διοχετεύσουμε 1 mol $COCl_2$, 2 mol CO και 3 mol Cl_2 σε δοχείο με χωρητικότητα 40lt, πόσα mol από κάθε αέριο θα περιέχονται τελικά στο δεύτερο δοχείο;

Όλα τα πειράματα γίνονται στην ίδια θερμοκρασία.

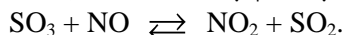
4-80. Για την αντίδραση: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ στους 445°C η K_c είναι 50. Σε κενό δοχείο στους 445°C εισάγεται μίγμα 3 mol H_2 και 2 mol HI. Να βρεθεί η % κ.β. σύσταση του μίγματος ισορροπίας.

4-81. Σε δοχείο όγκου V στους $\Theta^\circ\text{C}$ περιέχεται σε κατάσταση ισορροπίας αέριο μίγμα 1 mol PCl_5 , 0,5 mol PCl_3 και 5 mol Cl_2 . Σε άλλο δοχείο όγκου V εισάγεται αέριο μίγμα που περιέχει 2 mol PCl_5 , 1 mol PCl_3 και 2 mol Cl_2 και θερμαίνεται στους $\Theta^\circ\text{C}$. Να βρεθεί η σύσταση του μίγματος στην κατάσταση ισορροπίας.

4-82. Σε δοχείο όγκου 1lt στους 500K εισάγονται 1 mol αερίου A, 1 mol αερίου B 4 mol αερίου Γ, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons \Gamma_{(g)}$
με $K_c = 18 \text{ mol}^{-1}.\text{lt}$. Να υπολογιστεί η μερική πίεση του A στην κατάσταση ισορροπίας.

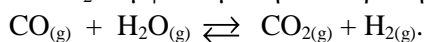
Μετατόπιση της θέσης χημικής ισορροπίας.

4-83. Σε δοχείο όγκου 4lt περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 6 mol SO₃ , 0,4 mol NO, 0,1 mol NO₂ και 0,8 mol SO₂ σύμφωνα με την εξίσωση:



Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία προσθέτουμε στο μίγμα ισορροπίας 1 mol NO. Να υπολογιστεί η συγκέντρωση του SO₂ στη νέα κατάσταση ισορροπίας.

4-84. Σε δοχείο περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 1,25 mol CO, 2 mol H₂O , 4 mol CO₂ και 2,5 mol H₂ σύμφωνα με την αντίδραση :



α) ποια ποσότητα υδρατμών πρέπει να προσθέσουμε στο μίγμα ισορροπίας ώστε να αυξηθεί η ποσότητα του CO₂ κατά 0,2 mol;

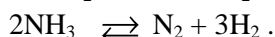
β) για να επιτύχουμε την ίδια αύξηση στην ποσότητα του CO₂ μπορούμε να απομακρύνουμε H₂. Ποια ποσότητα πρέπει να απομακρύνουμε;

Ο όγκος και η θερμοκρασία του δοχείου παραμένουν σταθερά.

4-85. Σε δοχείο όγκου V βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας 2 mol COCl₂, 2 mol CO και 2 mol Cl₂ σύμφωνα με την εξίσωση: COCl₂ \rightleftharpoons CO + Cl₂.

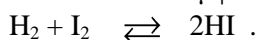
Προσθέτουμε στο δοχείο 2 mol COCl₂ ενώ συγχρόνως συμπιέζουμε και ο όγκος μειώνεται κατά 50 %. Αν η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή να βρεθεί η σύσταση του μίγματος στην τελική κατάσταση ισορροπίας.

4-86. Σε δοχείο όγκου 5lt περιέχονται σε θερμοκρασία Θ⁰C σε κατάσταση ισορροπίας 5 mol NH₃ , 1 mol N₂ και 5 mol H₂ σύμφωνα με την αντίδραση:



Μετακινώντας το έμβολο ελαττώνεται ο όγκος στο δοχείο σε 1lt και ταυτόχρονα διοχετεύεται στο δοχείο N₂ υπό σταθερή θερμοκρασία. Στην νέα ισορροπία περιέχονται στο δοχείο 7 mol NH₃. Να βρεθεί η ποσότητα του N₂ που διοχετεύτηκε στο δοχείο.

4-87. Σε δοχείο σταθερού όγκου περιέχονται στους 500⁰C σε κατάσταση ισορροπίας 1 mol H₂, 1 mol I₂ και 8 mol HI σύμφωνα με την εξίσωση:



Όταν η θερμοκρασία αυξηθεί στους 700⁰C, η σταθερά ισορροπίας K_c είναι ίση με 36.

α) τι συμπεραίνετε για την αντίδραση αυτή; Είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη;

β) να υπολογιστεί η σύσταση του αερίου μίγματος , όταν αποκατασταθεί ισορροπία στους 700⁰C.

4-88. Σε κλειστό δοχείο προσθέτουμε COCl₂ και θερμαίνουμε σε θερμοκρασία Θ₁⁰C οπότε διασπάται σε CO και Cl₂ σε ποσοστό 20%. Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία σε Θ₂⁰C ,το ποσοστό διάσπασης αυξάνεται σε 50%. Να υπολογιστεί ο λόγος των τιμών της σταθεράς K_c στις δύο θερμοκρασίες Θ₁ και Θ₂.

4-89. Σε δοχείο όγκου 2lt περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 2 mol H₂ , 1 mol N₂ και 8 mol NH₃ σύμφωνα με την εξίσωση : N₂ + 3H₂ \rightleftharpoons 2NH₃ + Q.

Προσθέτουμε στο δοχείο 2 mol H₂ και συγχρόνως μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία. Στην τελική κατάσταση ισορροπίας περιέχονται στο δοχείο 8 mol NH₃.

α) να υπολογιστεί η σταθερά K_c στη νέα θερμοκρασία

β) η τελική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την αρχική;

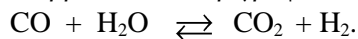
4-90. Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 150⁰C και πίεση 1atm, το NO₂ διασπάται σύμφωνα με την εξίσωση: NO₂ \rightleftharpoons NO + 1/2 O₂.

Σε θερμοκρασία 390⁰C το μίγμα ισορροπίας έχει σχετική πυκνότητα ως προς το υδρογόνο 19,57, ενώ η αντίστοιχη σχετική πυκνότητα του μίγματος ισορροπίας στους 490⁰C είναι 18,04. Να εξεταστεί αν ο σχηματισμός NO₂ από NO και O₂ είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη αντίδραση.

4-91. Ένα δοχείο περιέχει σε κατάσταση ισορροπίας 2 mol CH₃COOH , 4 mol C₂H₅OH, 5 mol CH₃COOC₂H₅ και 6,4 mol H₂O. Σε ένα άλλο δοχείο, που περιέχει τα τέσσερα πιο πάνω σώματα, βρέθηκε ότι σε μια χρονική στιγμή υπήρχαν 1 mol CH₃COOH , 8 mol C₂H₅OH, 2 mol CH₃COOC₂H₅ και 16 mol H₂O. Να εξεταστεί αν τη στιγμή αυτή το σύστημα στο δεύτερο δοχείο ήταν ή όχι σε κατάσταση ισορροπίας. Αν αναμιξούμε τα περιεχόμενα των δύο δοχείων πόσα mol από κάθε σώμα θα υπάρχουν τελικά, όταν το σύστημα καταλήξει σε ισορροπία;

4-92. Σε δοχείο σταθερού όγκου περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 0,6 mol H₂O_(g), 0,2 mol H₂, 0,4 mol CO και 1,2 mol CO₂ σύμφωνα με την αντίδραση: CO₂ + H₂ → CO + H₂O. Πόσα mol CO₂ πρέπει να αφαιρέσουμε από το δοχείο ώστε όταν αποκατασταθεί πάλι η ισορροπία στην ίδια θερμοκρασία, η μερική πίεσή του CO να είναι ίση με τη μερική πίεση του H₂.

4-93. Σε δοχείο όγκου V διοχετεύονται 3 mol CO και 3 mol υδρατμών , οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία που περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:



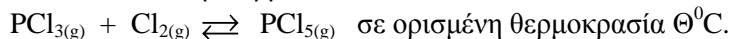
Στην κατάσταση ισορροπίας περιέχεται στο δοχείο 1 mol CO.

α) Πόσα mol CO₂ πρέπει να προσθέσουμε στο μίγμα ισορροπίας ώστε όταν αποκατασταθεί νέα ισορροπία, να διπλασιαστεί η ποσότητα του CO;

β) Πόσα mol υδρατμών πρέπει να προσθέσουμε στο μίγμα της αρχικής ισορροπίας ώστε να μειωθεί η ποσότητα του CO κατά 30%;

Η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.

4-94. Σε δοχείο όγκου 1lt διοχετεύονται 0,8 mol ισομοριακού μίγματος PCl₃ και Cl₂ οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:



α) Αν η σταθερά ισορροπίας K_c είναι 5 , να υπολογιστεί η σύσταση του μίγματος ισορροπίας.

β) Στο μίγμα ισορροπίας προσθέτουμε 0,3 mol Cl₂ και 0,3 mol PCl₃ ενώ συγχρόνως αφαιρούμε 0,1 mol PCl₅. Να υπολογιστεί η σύσταση του αερίου μίγματος , όταν αποκατασταθεί νέα ισορροπία στην ίδια θερμοκρασία.

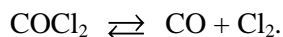
4-95. Η σταθερά ισορροπίας K_c για την αντίδραση: H_{2(g)} + I_{2(g)} ⇌ 2HI_(g) είναι 36 στους 427⁰C.

Σε δοχείο όγκου V=20lt εισάγουμε 1 mol H₂ και 1 mol I₂ και θερμαίνουμε στους 427⁰C

α) Να υπολογιστεί η ολική πίεση του μίγματος ισορροπίας

β) Πόσα mol HI πρέπει να προσθέσουμε στο μίγμα ισορροπίας, ώστε όταν αποκατασταθεί πάλι ισορροπία στην ίδια θερμοκρασία η μερική πίεση του I₂ να είναι 0,86atm.

4-96. Σε δοχείο όγκου 100lt στους Θ⁰C , περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 0,5 mol CO, 0,5 mol Cl₂ και 1 mol COCl₂ σύμφωνα με την αντίδραση:



Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία αυξάνουμε τον όγκο του δοχείου σε 300lt.

α) Να υπολογιστεί η σύσταση του αερίου μίγματος στη νέα θέση ισορροπίας

β) Να υπολογιστεί η % μεταβολή στην πίεση του μίγματος ισορροπίας.

4-97. Σε δοχείο σταθερού όγκου περιέχονται στους Θ⁰C σε κατάσταση ισορροπίας COCl₂, CO και Cl₂ σύμφωνα με την εξίσωση : COCl₂ ⇌ CO + Cl₂.

Η πίεση του μίγματος είναι P atm. Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία, διπλασιάζουμε τον όγκο του δοχείου. Να εξετάσετε αν η τελική πίεση στο δοχείο θα υποδιπλασιαστεί.

4-98. Σε δοχείο όγκου 4lt περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 1,6 mol N_2O_4 και 0,4 mol NO_2 σύμφωνα με την αντίδραση: $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$.

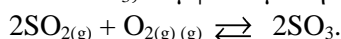
Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία μεταβάλλουμε τον όγκο του δοχείου, οπότε όταν αποκατασταθεί ισορροπία περιέχονται στο δοχείο 1,5 mol N_2O_4 . Να υπολογιστεί η πυκνότητα του αερίου μίγματος στην τελική κατάσταση ισορροπίας.

4-99. Σε δοχείο όγκου 1lt στους $127^{\circ}C$ βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας 1 mol PCl_5 , 0,5 mol PCl_3 και 0,4 mol Cl_2 , σύμφωνα με την αντίδραση:



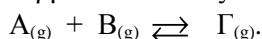
Αυξάνουμε τη θερμοκρασία του συστήματος στους $227^{\circ}C$ και ταυτόχρονα μεταβάλλουμε τον όγκο του δοχείου, οπότε οι ποσότητες των σωμάτων δεν μεταβάλλονται. Να εξηγήσετε με βάση την αρχή Le Chatelier-Van't Hoff αν έγινε αύξηση ή μείωση του όγκου, αν η K_c στους $227^{\circ}C$ είναι 0,5, και να υπολογιστεί ο τελικός όγκος.

4-100. Σε δοχείο όγκου 4lt στους $500^{\circ}C$ περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 4 mol SO_2 , 2 mol O_2 και 8 mol SO_3 , σύμφωνα με την αντίδραση:



Αυξάνοντας την θερμοκρασία του συστήματος στους $600^{\circ}C$ διπλασιάζεται η ποσότητα του O_2 στη νέα χημική ισορροπία που αποκαθίσταται. Να υπολογιστεί η K_c στις δύο θερμοκρασίες. Τι συμπέρασμα προκύπτει για την αντίδραση συγκρίνοντας τις δύο τιμές;

4-101. Σε δοχείο όγκου 10lt περιέχονται ισομοριακές ποσότητες από τα αέρια Α και Β. Το μίγμα θερμαίνεται στους $227^{\circ}C$ οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:



Το αέριο μίγμα ισορροπίας έχει πίεση 8,2atm και περιέχει 60% κ.ό. από το Γ .

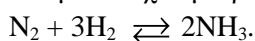
α) να υπολογιστεί η K_c της αντίδρασης στους $227^{\circ}C$

β) διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία μειώνεται ο όγκος του δοχείου κατά 20% και συγχρόνως διοχετεύονται 0,3 mol Γ . Να υπολογιστεί η τελική πίεση στο δοχείο όταν αποκατασταθεί νέα ισορροπία.

4-102. Το CO_2 όταν θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες διασπάται σύμφωνα με την αντίδραση: $CO_2 \rightleftharpoons CO + 1/2 O_2$.

Η σχετική πυκνότητα του μίγματος ισορροπίας ως προς το H_2 είναι 20 στους $500^{\circ}C$ και 18 στους $600^{\circ}C$ σε σταθερή ολική πίεση. Να εξεταστεί αν η αντίδραση διάσπασης του CO_2 σε CO και O_2 είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη.

4-103. Σε δοχείο όγκου 20lt στους $227^{\circ}C$ εισάγονται 68g μίγματος N_2 και H_2 που περιέχει τα συστατικά του με στοιχειομετρική αναλογία. Τα συστατικά του μίγματος αντιδρούν και αποκαθίσταται η ισορροπία:



Η πίεση του μίγματος ισορροπίας είναι 12,3 atm.

α) να υπολογιστεί η μερική πίεση της NH_3 στην κατάσταση ισορροπίας

β) το μίγμα ισορροπίας συμπιέζεται διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία οπότε τελικά περιέχει 60% κ.ό. NH_3 . Να υπολογιστεί η πίεση του μίγματος στη νέα θέση ισορροπίας.

4-104. Διαλύεται 1 mol N_2O_4 σε ορισμένη ποσότητα διαλύτη και προκύπτει διάλυμα όγκου 1lt. Το διάλυμα θερμαίνεται στους $\theta^{\circ}C$ οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:

$N_2O_4 \rightleftharpoons 2 NO_2$, με $K_c=0,2\text{mol/lt}$. Το διάλυμα αραιώνεται σε διπλάσιο όγκο, Να υπολογιστεί η συγκέντρωση του NO_2 στη νέα χημική ισορροπία που καταλήγει το σύστημα στους $\theta^{\circ}C$.

4-105. Σε δοχείο σταθερού όγκου 2lt στους 1000K διοχετεύεται αέριο μίγμα CO και υδρατμών, το οποίο έχει σχετική πυκνότητα ως προς το H_2 ίση με 11,5. Όταν αποκατασταθεί η ισορροπία: $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$, το μίγμα ισορροπίας περιέχει 20%κ.ό. H_2 και έχει ολική πίεση 8,2 atm. Η θερμοκρασία

αυξάνεται στους 1100K, οπότε στη νέα κατάσταση ισορροπίας η μερική πίεση του CO_2 είναι 2,255 atm. Να υπολογιστεί η K_c στους 1100K. Τι συμπέρασμα προκύπτει για την αντίδραση;

4-106. Σε δοχείο 0,5lt διοχετεύονται ίσοι όγκοι CO και υδρατμών. Στους 1207⁰C τα σώματα αυτά αντιδρούν και δίνουν CO_2 και H_2 . Όταν αποκατασταθεί ισορροπία, ο συνολικός αριθμός γραμμομορίων όλων των σωμάτων είναι 2, ενώ η μερική πίεση του H_2 είναι 97,2 atm. Πόσα gr CO πρέπει να προστεθούν στο μίγμα ισορροπίας ώστε όταν αποκατασταθεί πάλι ισορροπία στους 1207⁰C, η συγκέντρωση του H_2 να είναι 1 mol/l; Ποια είναι η μερική πίεση του H_2 στη νέα κατάσταση ισορροπίας;

4-107. Σε δοχείο όγκου V στους $\Theta_1^0\text{C}$, διοχετεύονται 2 mol N_2O_4 και διασπώνται σύμφωνα με την εξίσωση: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow 2 \text{NO}_2$. Το αέριο μίγμα ισορροπίας έχει σχετική πυκνότητα ως προς το O_2 ίση με 2,3. Σε δοχείο όγκου $2V$ στους $\Theta_2^0\text{C}$ διοχετεύονται 2 mol N_2O_4 και αποκαθίσταται τελικά ισορροπία. Στο μίγμα ισορροπίας που προκύπτει η μερική πίεση του NO_2 είναι διπλάσια της μερικής πίεσης του N_2O_4 . Αν $\Theta_1 > \Theta_2$, να βρεθεί αν η αντίδραση διάσπασης είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη.

Kp

4-108. Για την αντίδραση: $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ στους 227⁰C, η K_c είναι 0,04 mol.lt⁻¹ Να υπολογιστεί η K_p της αντίδρασης στην ίδια θερμοκρασία.

4-109. Σε κλειστό δοχείο στους $\Theta^0\text{C}$ έχει αποκατασταθεί η ισορροπία:

$\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightarrow 2\text{HI}_{(g)}$. Αν οι μερικές πιέσεις του H_2 και του I_2 είναι 0,2 atm και η ολική πίεση του μίγματος είναι 1,8 atm, να υπολογιστούν οι σταθερές ισορροπίας K_p και K_c στην παραπάνω θερμοκρασία.

4-110. Σε δοχείο σταθερού όγκου θερμαίνεται ορισμένη ποσότητα PCl_5 στους 250⁰C, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$. Στην κατάσταση ισορροπίας η ολική πίεση είναι 2 atm και το γραμμομοριακό κλάσμα του Cl_2 στο αέριο μίγμα ισορροπίας είναι 0,4. Να υπολογιστεί η σταθερά K_p της αντίδρασης.

4-111. Σε δοχείο σταθερού όγκου στους $\Theta^0\text{C}$ εισάγεται ποσότητα PCl_5 , οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$, με $K_p = 0,05$ στους $\Theta^0\text{C}$.

Αν η ολική πίεση του μίγματος ισορροπίας είναι 1,2 atm να υπολογιστούν:

- ο βαθμός διάσπασης του PCl_5
- η αναλογία όγκων των συστατικών του μίγματος ισορροπίας
- η αρχική πίεση του PCl_5

4-112. Σε δοχείο σταθερού όγκου στους $\Theta^0\text{C}$ εισάγεται ποσότητα NO_2 η οποία διασπάται και αποκαθίσταται η ισορροπία: $2 \text{NO}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NO} + \text{O}_2$. Στην κατάσταση ισορροπίας η ολική πίεση είναι 6 atm και το αέριο μίγμα ισορροπίας περιέχει 20% κ.ό. O_2 . Να υπολογιστεί η σταθερά ισορροπίας K_p στην παραπάνω θερμοκρασία.

4-113. Το N_2O_4 διασπάται σε αέρια φάση σύμφωνα με την αντίδραση:

$\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2$. Στους 27⁰C και για ολική πίεση του μίγματος ισορροπίας 1 atm, το ποσοστό διάσπασης είναι 20%. Να υπολογιστούν:

- οι σταθερές K_p και K_c στους 27⁰C
 - το ποσοστό διάσπασης του N_2O_4 στους 27⁰C όταν η ολική πίεση είναι 0,1 atm
- Να ερμηνεύσετε την τιμή του ποσοστού διάσπασης με βάση την αρχή Le Chatelier Van'Hoff.

4-114. Σε δοχείο σταθερού όγκου στους $\Theta^0\text{C}$ εισάγεται ποσότητα SO_3 η οποία διασπάται σύμφωνα με την αντίδραση: $2\text{SO}_{3(g)} \rightarrow 2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$. Στην κατάσταση ισορροπίας η μερική πίεση του O_2 είναι 0,3

atm και η ολική πίεση του μίγματος είναι 1,5 atm. Να βρεθεί ο βαθμός διάσπασης του SO_3 , και η σταθερά K_p της αντίδρασης διάσπασης.

4-115. Σε κενό δοχείο σταθερού όγκου στους $\Theta^\circ\text{C}$ εισάγουμε ποσότητα N_2O_4 η οποία ασκεί πίεση 0,6 atm. Διατηρώντας σταθερή θερμοκρασία αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2$. Η ολική πίεση στην κατάσταση ισορροπίας είναι 0,7 atm. Να υπολογιστεί ο βαθμός διάσπασης του N_2O_4 και η σταθερά ισορροπίας K_p στους $\Theta^\circ\text{C}$.

4-116. Σε κλειστό δοχείο στους $\Theta^\circ\text{C}$ έχει αποκατασταθεί η ισορροπία:

$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$. Στην κατάσταση ισορροπίας οι πιέσεις των αερίων είναι: 8 atm για το CO , 1 atm για το $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$, 6 atm για το CO_2 και 4 atm για το H_2 . Προσθέτουμε στο μίγμα ορισμένη ποσότητα CO_2 , οπότε στη νέα ισορροπία που αποκαθίσταται στους $\Theta^\circ\text{C}$ η μερική πίεση του νερού είναι 2 atm. Να υπολογιστεί η μερική πίεση της ποσότητας του CO_2 που προσθέσαμε.

4-117. Σε δοχείο μεταβλητού όγκου εισάγουμε ποσότητα N_2O_4 η οποία ασκεί πίεση 0,3 atm. Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία και την πίεση αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2$, με $K_p = 0,4$ atm. Να υπολογιστούν:

- η αναλογία των μερικών πιέσεων στην κατάσταση ισορροπίας
- ο λόγος του τελικού προς τον αρχικό όγκο του δοχείου.

4-118. Στους 40°C μια ποσότητα N_2O_4 διασπάται σύμφωνα με την εξίσωση:

$\text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow 2 \text{NO}_2$. Το μίγμα ισορροπίας έχει ολική πίεση 1 atm και περιέχει 60% κ.ό. NO_2 .

- να υπολογιστεί η σταθερά K_p της αντίδρασης διάσπασης
- να βρεθεί ο βαθμός διάσπασης του N_2O_4 στους 40°C , όταν η ολική πίεση του μίγματος ισορροπίας είναι 1,8 atm.

4-119. Σε δοχείο σταθερού όγκου εισάγεται ποσότητα PCl_5 , στους 405°C , και διασπάται σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$.

Το μίγμα ισορροπίας έχει πυκνότητα 2,5 gr/ml και ασκεί πίεση 1 atm. Να υπολογιστεί η σταθερά K_p της αντίδρασης διάσπασης.

4-120. Σε δοχείο σταθερού όγκου και σε ορισμένη θερμοκρασία εισάγονται 1 mol H_2 και 3 mol I_2 , οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightarrow 2\text{HI}_{(g)}$.

Στην κατάσταση ισορροπίας περιέχονται στο δοχείο x mol HI. Προσθέτουμε στο δοχείο

2 mol H_2 με αποτέλεσμα όταν αποκατασταθεί πάλι χημική ισορροπία, η ποσότητα του HI να είναι 2x. Να υπολογιστεί η σταθερά K_p της αντίδρασης στη θερμοκρασία του πειράματος.

4-121. Σε δοχείο σταθερού όγκου στους 227°C εισάγεται COCl_2 υπό πίεση 1,5 atm. Όταν αυξηθεί η θερμοκρασία στους 727°C το COCl_2 διασπάται και αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$.

Αν στην κατάσταση ισορροπίας η ολική πίεση είναι 4 atm, να βρεθούν:

- η σταθερά K_p στους 727°C
- η % κ.ό. σύσταση του αερίου μίγματος ισορροπίας.

4-122. Σε δοχείο σταθερού όγκου στους 27°C , μια ποσότητα N_2O_4 διασπάται σύμφωνα με την εξίσωση: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2$. Το μίγμα ισορροπίας έχει ολική πίεση 1 atm και πυκνότητα 2,805 gr/ml. Να υπολογιστούν:

- η % κ.ό. σύσταση του αερίου μίγματος
- η σταθερά ισορροπίας K_p στις παραπάνω συνθήκες.

4-123. Σε δοχείο στους $\Theta^\circ\text{C}$ έχει αποκατασταθεί η ισορροπία: $\text{A}_{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{B}_{(g)}$.

Το αέριο μίγμα έχει πίεση 1 atm και περιέχει 40% κ.ό. B. Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία μεταβάλλουμε την πίεση του μίγματος ισορροπίας ώστε να περιέχει 25% κ.ό. από το B. Ποια είναι η τελική πίεση του μίγματος;

4-124. Σε δοχείο σταθερού όγκου στους $\Theta^{\circ}\text{C}$ εισάγουμε ορισμένη ποσότητα COCl_2 η οποία διασπάται σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{COCl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$. Στην κατάσταση ισορροπίας το μίγμα περιέχει 20% κ.ό. CO και ασκεί πίεση 5atm. Μειώνοντας τον όγκο του δοχείου αποκαθίσταται νέα ισορροπία στην ίδια θερμοκρασία με ολική πίεση αερίων 8atm. Να βρεθούν οι μερικές πιέσεις των συστατικών του μίγματος στη νέα χημική ισορροπία.

4-125. Αέριο μίγμα έχει κ.ό. σύσταση 40% A, 40% B και 20% Γ. Το μίγμα εισάγεται σε δοχείο σταθερού όγκου στους $\Theta^{\circ}\text{C}$ οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $2\text{A}_{(g)} \rightleftharpoons \text{B}_{(g)} + \text{Γ}_{(g)}$ με $K_p = 3,75$. Αν η πίεση του μίγματος ισορροπίας είναι 5 atm να υπολογιστούν οι μερικές πιέσεις των συστατικών του.

4-126. Σε δοχείο όγκου εισάγουμε ορισμένη ποσότητα αερίου A το οποίο διασπάται σύμφωνα με την εξίσωση: $\text{A}_{(g)} \rightleftharpoons \text{B}_{(g)} + \text{Γ}_{(g)}$. Στην κατάσταση ισορροπίας το αέριο μίγμα περιέχει 20% κ.ό. από το αέριο Γ και ασκεί ολική πίεση 5atm. Να υπολογιστεί η σταθερά ισορροπίας K_p .

4-127. Για την ισορροπία: $\text{A}_{(g)} + \text{B}_{(s)} \rightleftharpoons \text{Γ}_{(g)} + \text{Δ}_{(g)}$ στους 227°C , η K_c είναι $0,1\text{mol.l}^{-1}$. Να υπολογιστεί η K_p της ισορροπίας στους 227°C .

4-128. Σε δοχείο όγκου 10lt προσθέτουμε 30g CaCO_3 και θερμαίνουμε σε ορισμένη θερμοκρασία, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:
 $\text{CaCO}_{3(s)} \rightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$. Αν στην κατάσταση ισορροπίας περιέχονται στο δοχείο 25,6g στερεού να υπολογιστεί η K_c της ισορροπίας.

4-129. Για την ισορροπία: $\text{C}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(g)}$ σε ορισμένη θερμοκρασία η K_p είναι 12,8atm. Αν η διαφορά γραμμομοριακών κλασμάτων CO και CO_2 στο μίγμα ισορροπίας είναι 0,6, να υπολογιστεί η ολική πίεση του μίγματος ισορροπίας.

4-130. Σε δοχείο σταθερού όγκου εισάγονται 4 mol Fe και 4 mol H_2O . Το μίγμα θερμαίνεται στους 600°C , οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:

$3\text{Fe}_{(s)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_{4(s)} + 4\text{H}_{2(g)}$ με $K_c = 81$. Να υπολογιστούν:

α) η σύσταση του στερεού στην κατάσταση ισορροπίας

β) οι μερικές πιέσεις των αερίων όταν η ολική πίεση είναι 2atm.

4-131. Για την αντίδραση διάσπασης: $\text{CaCO}_{3(s)} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$ η σταθερά K_c είναι $0,05\text{mol.l}^{-1}$ στους $\Theta^{\circ}\text{C}$. Ποια είναι η ελάχιστη ποσότητα CaCO_3 που πρέπει να εισάγουμε σε δοχείο 2lt στους $\Theta^{\circ}\text{C}$, ώστε να αποκατασταθεί χημική ισορροπία;

4-132. Σε δοχείο όγκου 12lt εισάγουμε αέριο μίγμα HCl και O_2 το οποίο έχει σχετική πυκνότητα ως προς το H_2 ίση με 17,8 οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $4\text{HCl}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{Cl}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$. Στην κατάσταση ισορροπίας το αέριο μίγμα περιέχει 3mol Cl_2 και η μερική πίεση του οξυγόνου είναι ίση με τη μερική πίεση του χλωρίου. Να υπολογιστεί η σταθερά K_c στην θερμοκρασία του πειράματος.

4-133. Σε δοχείο προσθέτουμε $\text{CaCO}_{3(s)}$ και θερμαίνουμε στους $\Theta^{\circ}\text{C}$ οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{CO}_{3(s)} \rightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$. Στην κατάσταση ισορροπίας περιέχονται 5,6g CaO. Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία μειώνουμε τον όγκο του δοχείου κατά 25%. Να υπολογιστεί η ποσότητα του CaO στην τελική κατάσταση ισορροπίας.

Ένα ή περισσότερα σώματα συμμετέχουν ταυτόχρονα σε πολλές ισορροπίες

4-134. Σε δοχείο όγκου 1lt προσθέτουμε μίγμα 0,1mol SO_2Cl_2 0,2mol PCl_5 και θερμαίνουμε στους $\Theta^{\circ}\text{C}$, οπότε αποκαθίστανται οι ισορροπίες:

$\text{SO}_2\text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{SO}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ με $K_c=0,4\text{mol.lit}^{-1}$ και $\text{PCl}_{5(g)} \rightarrow \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$.

Αν στην κατάσταση ισορροπίας περιέχονται στο δοχείο 0,1 mol Cl_2 να υπολογιστούν:

α) τα mol του PCl_5 και του SO_2Cl_2 στην ισορροπία

β) οι βαθμοί διάσπασης των PCl_5 και SO_2Cl_2 στις παραπάνω συνθήκες.

4-135. Σε δοχείο σταθερού όγκου στους $\Theta^\circ\text{C}$ εισάγουμε ισομοριακό μίγμα COCl_2 και SO_2Cl_2 το οποίο ασκεί πίεση 4 atm. Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία αποκαθίστανται οι ισορροπίες: $\text{COCl}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{Cl}_2$ και $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$ με $K_p=4$. Στην κατάσταση ισορροπίας η μερική πίεση του Cl_2 είναι 2 atm. Να υπολογιστεί η σταθερά ισορροπίας K_p για την πρώτη αντίδραση.

4-136. Σε κλειστό δοχείο στους $\Theta^\circ\text{C}$ εισάγεται στερεό Α το οποίο διασπάται σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{A}_{(s)} \rightleftharpoons \text{B}_{(g)} + \text{Γ}_{(g)}$. Στην ίδια θερμοκρασία το Γ διασπάται σε Δ και Ε: $2\text{Γ}_{(g)} \rightleftharpoons \text{Δ}_{(g)} + \text{Ε}_{(g)}$. Αν η τελική πίεση στο δοχείο είναι 16atm και το αέριο μίγμα περιέχει 12,5% κ.ό. Γ, να υπολογιστούν οι σταθερές K_p για τις δύο ισορροπίες.

4-137. Όταν θερμαίνεται το N_2O_5 στους $\Theta^\circ\text{C}$ διασπάται σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{N}_2\text{O}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{3(g)} + \text{O}_{2(g)}$ με $K_c=8\text{mol.lit}^{-1}$. Στην ίδια θερμοκρασία το N_2O_3 διασπάται σύμφωνα με την εξίσωση: $\text{N}_2\text{O}_{3(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{(g)} + \text{O}_{2(g)}$ για την οποία $K_c'=2\text{mol.lit}^{-1}$. Σε δοχείο όγκου 1lt εισάγονται 4 mol N_2O_5 και θερμαίνονται στους $\Theta^\circ\text{C}$. Να βρεθεί η σύσταση του μίγματος ισορροπίας.

Συνδυαστικές ασκήσεις στην χημική ισορροπία

4-138. Για την αντίδραση: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$, η σταθερά ισορροπίας είναι 4 σε ορισμένη θερμοκρασία $\Theta^\circ\text{C}$. Σε δοχείο σταθερού όγκου στους $\Theta^\circ\text{C}$, παραμένουν σε κατάσταση ισορροπίας 2 mol CO , 2 mol $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$, 4 mol CO_2 και ορισμένη ποσότητα H_2 .

α) στην κατάσταση ισορροπίας προσθέτουμε 2mol CO και αφαιρούμε 2,6 mol H_2 . Να βρεθεί η ποσότητα του CO_2 , όταν αποκατασταθεί νέα χημική ισορροπία.

β) στην αρχική κατάσταση ισορροπίας προσθέτουμε 1 mol H_2O , 2 mol CO και 2 mol H_2 . Να βρεθεί η ποσότητα του CO_2 όταν αποκατασταθεί χημική ισορροπία.

4-139. Σε δοχείο σταθερού όγκου 10 lt στους 477°C εισάγονται 1 mol H_2 και 1 mol I_2 , οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$ με $K_c=64$.

α) να υπολογιστεί η %κ.ό. σύσταση του μίγματος ισορροπίας

β) διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία τριπλασιάζουμε τον όγκο του δοχείου. Να υπολογιστούν οι μερικές πιέσεις των αερίων στην κατάσταση ισορροπίας.

4-140. Σε κλειστό δοχείο στους 1000K θερμαίνεται ορισμένη ποσότητα COCl_2 η οποία διασπάται σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{COCl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$. Στην κατάσταση ισορροπίας το μίγμα έχει ολική πίεση 1atm και πυκνότητα 1gr/lt. Να υπολογιστεί η σταθερά K_p στους 1000K.

4-141. Σε κενό δοχείο στους 127°C που περιέχει αρκετή ποσότητα C εισάγεται ποσότητα CO_2 η οποία ασκεί πίεση 2 atm. Όταν αυξηθεί η θερμοκρασία στους 527°C το CO_2 ανάγεται και αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{C}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(g)}$. Αν η ολική πίεση στην κατάσταση ισορροπίας είναι 5 atm, να βρεθούν:

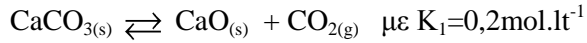
α) η K_p της αντίδρασης

β) η % κ.ό. και η %κ.β. σύσταση του αερίου ισορροπίας.

4-142. Σε δοχείο σταθερού όγκου που περιέχει μεγάλη ποσότητα C διοχετεύεται μίγμα CO_2 και CO , οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{C}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(g)}$ με $K_p=0,1\text{atm}$ στη θερμοκρασία του πειράματος. Στην κατάσταση ισορροπίας το αέριο μίγμα έχει σχετική πυκνότητα ως προς το H_2 ίση με 21,2. Να υπολογιστεί η ολική πίεση των αερίων στην κατάσταση ισορροπίας.

4-143. Σε δοχείο όγκου 3,2 lt στους $\Theta^{\circ}\text{C}$ διοχετεύεται 1 mol C_2H_2 και παρουσία καταλύτη μετατρέπεται σε C_6H_6 , οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $3\text{C}_2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_6$. Κατά την καύση του μίγματος ισορροπίας εκλύονται 280 kcal. Να υπολογιστεί η απόδοση και η K_c της αντίδρασης. Οι θερμότητες καύσης του C_2H_2 και του C_6H_6 είναι αντίστοιχα 310 και 780 kcal/mol.

4-144. Στους 820°C έχουμε τις ακόλουθες ισορροπίες:

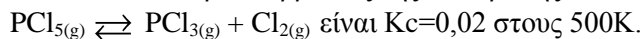


1 mol CaCO_3 και 1 mol C εισάγονται σε δοχείο 1lt στους 820°C .

α) Να υπολογίσετε την σύσταση και την ολική πίεση του συστήματος, υποθέτοντας ισόθερμες συνθήκες.

β) Ποιος είναι ο όγκος για τον οποίο όλο το CaCO_3 θα μπορούσε να διασπαστεί στους 820°C ;

4-145. Η σταθερά ισορροπίας της αντίδρασης:



α) ποιες οι μονάδες της K_c ;

β) ποια η αριθμητική τιμή και οι μονάδες της K_p ;

γ) στην κατάσταση ισορροπίας σε δοχείο όγκου $V=100\text{lt}$ και θερμοκρασία 500K να βρεθεί ο αριθμός mol του Cl_2 αν οι αρχικές ποσότητες των PCl_5 και PCl_3 είναι 4 και 8 mol αντίστοιχα.

δ) αν ελαττωθεί ο όγκος του δοχείου θα υπάρχει λιγότερο ή περισσότερο Cl_2 στην κατάσταση ισορροπίας;

4-146. Στη θέση ισορροπίας του συστήματος : $\text{A} + 3\text{B} \rightleftharpoons 2\text{Γ}$ έχουμε 1 mol A, 1 mol B και κάποια ποσότητα Γ. Να αιτιολογηθεί γιατί δεν είναι εφικτά τα ακόλουθα:

α) προσθήκη 1 mol A να παράγει επιπρόσθετα 1,9 mol Γ

β) προσθήκη 3 mol του B να παράγει επιπρόσθετα 2 mol του Γ.

4-147. Στους 65°C και όταν η πίεση είναι 1atm το N_2O_4 διασπάται κατά 60%. Η πίεση αυξάνεται με μείωση του όγκου στο ήμισυ. Να υπολογιστεί η K_c και ο νέος βαθμός διάσπασης.