

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

4.1 Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Στις ερωτήσεις 1 - 33 βάλτε σε ένα κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

1. Μία χημική αντίδραση είναι:

i) μονόδρομη όταν:

- α. πραγματοποιείται μόνο σε ορισμένες συνθήκες
- β. εξαντλούνται οι ποσότητες όλων των αντιδρώντων
- γ. μετά την πραγματοποίησή της εξαντλείται η ποσότητα ενός τουλάχιστον από τα αντιδρώντα
- δ. παράγεται ένα μόνο προϊόν

ii) αμφίδρομη όταν:

- α. πραγματοποιείται τόσο στο εργαστήριο, όσο και στη φύση
- β. πραγματοποιείται σε οποιαδήποτε συνθήκες
- γ. εξελίσσεται ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις
- δ. δίνει διάφορα προϊόντα, ανάλογα με τις συνθήκες.

2. Σε κενό δοχείο εισάγεται μείγμα των αερίων σωμάτων Α και Β, τα οποία αντιδρούν στους θ °C σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons \Gamma_{(g)}$. Όταν σταθεροποιηθεί η συγκέντρωση του σώματος Γ, θα υπάρχουν στο δοχείο:

- α. μόνο Α και Γ
- β. μόνο Β και Γ
- γ. μόνο Γ
- δ. Α, Β, και Γ.

3. Μετά την αποκατάσταση κάθε χημικής ισορροπίας:
- δεν πραγματοποιείται καμία χημική αντίδραση
 - πραγματοποιούνται δύο αντιδράσεις με ίσες ταχύτητες
 - τα συνολικά mol των αντιδρώντων είναι ίσα με τα συνολικά mol των προϊόντων
 - δεν ισχύει τίποτε από τα παραπάνω.

4. Σε κλειστό δοχείο στους θ °C έχει αποκατασταθεί η ισορροπία:
 $A + B \rightleftharpoons \Gamma + \Delta$. Αν v_1 και v_2 είναι οι ταχύτητες των αντιδράσεων με φορά προς τα δεξιά και προς τ' αριστερά αντίστοιχα, θα ισχύει:
- $v_1 = v_2 = 0$
 - $v_1 = v_2 \neq 0$
 - $v_1 > v_2$
 - $v_1 < v_2$
 - $v_1 > 0$ και $v_2 < 0$.

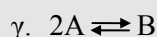
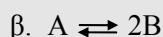
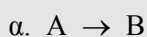
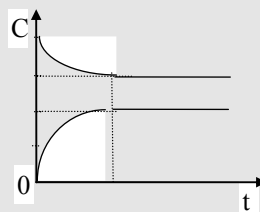
5. Σε κενό δοχείο εισάγονται 1mol N_2 και 2mol O_2 , τα οποία αντιδρούν στους θ °C, σύμφωνα με την εξίσωση: $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$.
- Για τον αριθμό n των mol του NO που θα υπάρχουν στο δοχείο μετά την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας, θα ισχύει:
 - $n = 2$
 - $n > 2$
 - $n < 2$
 - $n = 4$.
 - Για το συνολικό αριθμό των mol ($n_{ολ}$) των αερίων μετά την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας θα ισχύει:
 - $n_{ολ} < 3$
 - $n_{ολ} = 3$
 - $n_{ολ} > 3$
 - $n_{ολ} = 2$.

6. Ισομοριακές ποσότητες των σωμάτων A και B αντιδρούν σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $A_{(g)} + 3B_{(g)} \rightleftharpoons 2\Gamma_{(g)}$. Ποια από τις παρακάτω σχέσεις ισχύει σε κάθε χρονική στιγμή:
- $[A] = [B] = [\Gamma]$
 - $[A] \leq [B]$
 - $[A] \geq [B]$
 - $[B] > [\Gamma] > [A]$

7. Σε κενό δοχείο εισάγεται ορισμένη ποσότητα της ένωσης A, η οποία, αρχίζει να μετατρέπεται στην ένωση B υπό σταθερή θερμοκρασία.

Το διπλανό διάγραμμα παριστάνει τις συγκεντρώσεις των ενώσεων A και B σε συνάρτηση με το χρόνο.

Η χημική εξίσωση της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε είναι:



8. 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:

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

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

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

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

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

9. 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:

α. $K_P = \frac{P_A \cdot P_B}{P_\Gamma \cdot P_\Delta}$

γ. $K_P = \frac{P_\Gamma \cdot P_\Delta}{P_A \cdot P_B}$

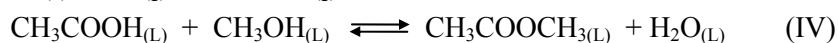
β. $K_P = \frac{P_\Gamma^\gamma \cdot P_\Delta^\delta}{P_A^\alpha \cdot P_B^\beta}$

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

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.

10. Από τις ισορροπίες που περιγράφουν οι παρακάτω χημικές εξισώσεις:





είναι ομογενείς μόνο οι:

- α. (I) και (II) β. (I) γ. (III) και (IV) δ. (I) και (IV).

11. Για την ισορροπία $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$, η σχέση που συνδέει τις σταθερές K_c και K_p είναι:

α. $K_p = K_c$

γ. $K_p = K_c \cdot (\text{RT})^2$

β. $K_c = K_p \cdot (\text{RT})^{-2}$

δ. $K_p = K_c \cdot (\text{RT})^{-2}$.

12. Μετά την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας, που αποδίδεται με τη στοιχειομετρική εξίσωση $\text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CaCO}_{3(s)}$ 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:

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

γ. $K_c = \frac{V}{\beta}$

β. $K_c = \frac{\gamma}{\alpha \cdot \beta}$

δ. $K_c = \frac{\beta}{V}$

13. Αν στους $\theta^\circ\text{C}$ για την ισορροπία: $2\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$, είναι $K_C = 4$ και για την ισορροπία: $2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ είναι $K_c' = \lambda$, θα ισχύει:

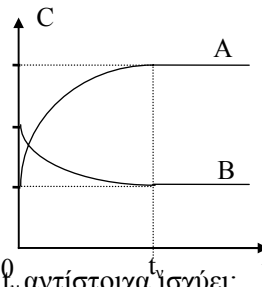
α. $\lambda = 4$

β. $\lambda > 4$

γ. $\lambda = 1/4$

δ. $1/4 < \lambda < 4$.

14. Σε κενό δοχείο σταθερού όγκου που θερμοστατείται στους θ °C, εισάγεται ορισμένη ποσότητα αερίου μείγματος που αποτελείται από τις ενώσεις A και B. Μετά από χρόνο t_v αποκαθίσταται ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση $2A \rightleftharpoons B$, για την οποία στους θ °C είναι $K_c = \alpha$. Οι συγκεντρώσεις των ενώσεων A και B σε συνάρτηση με το χρόνο δίνονται από το διπλανό διάγραμμα.



Για το πηλίκο $Q_c = \frac{[B]}{[A]^2}$ τις χρονικές στιγμές 0 και t_v αντίστοιχα ισχύει:

- α. $Q_c > \alpha$ και $Q_c = \alpha$ γ. $Q_c < \alpha$ και $Q_c = \alpha$
 β. $Q_c = \alpha$ και $Q_c > \alpha$ δ. $Q_c = \alpha$ και $Q_c < \alpha$.

15. Μία αντίδραση έχει απόδοση 90 %. Αυτό σημαίνει ότι:

- α. κατά την απομόνωση των προϊόντων έχουμε απώλειες 10 %
 β. η μάζα των προϊόντων ισούται με τα $\frac{9}{10}$ της μάζας των αντιδρώντων
 γ. η ποσότητα οποιουδήποτε από τα προϊόντα είναι ίση με τα $\frac{9}{10}$ της θεωρητικά αναμενόμενης ποσότητας
 δ. τα συνολικά mol των προϊόντων είναι ίσα με το 90 % των mol των αντιδρώντων.

16. Η απόδοση κάθε αμφίδρομης αντίδρασης εκφράζει:

- α. το ποσοστό του καθενός από τα αρχικά σώματα που αντέδρασε
 β. το ποσοστό με το οποίο αντέδρασε το σώμα εκείνο που είχε αρχικά τη μικρότερη μάζα
 γ. το λόγο της μάζας των προϊόντων προς τη μάζα των αντιδρώντων
 δ. το λόγο της μάζας οποιουδήποτε προϊόντος προς τη μάζα που θα παράγονταν από αυτό το προϊόν, αν η αντίδραση ήταν ποσοτική.

17. Η πρόβλεψη της κατεύθυνσης προς την οποία μετατοπίζεται μια χημική ισορροπία αν μεταβάλουμε έναν από τους παράγοντές της, καθορίζεται από την αρχή:

- α. Le Chatelier γ. Lavoisier - Laplace
 β. Hess δ. Van't Hoff.

18. Ένας από τους συντελεστές της χημικής ισορροπίας

$\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)}$ είναι:

- α. η συγκέντρωση του CO_2 γ. η πίεση
β. οι καταλύτες δ. ο όγκος του δοχείου στο οποίο γίνεται η αντίδραση.

19. Δύο από τους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη χημική ισορροπία

$\text{C}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + \text{H}_{2(g)}$ είναι:

- α. η ολική πίεση του συστήματος και η μάζα του C
β. η θερμοκρασία και οι καταλύτες
γ. η επιφάνεια επαφής του C και οι καταλύτες
δ. η συγκέντρωση του H_2 και η ολική πίεση του συστήματος.

20. Το σύνολο των παραγόντων από τους οποίους επηρεάζεται η χημική ισορροπία

$3\text{C}_2\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{6(g)}$, $\Delta H > 0$, είναι:

- α. η πίεση και η θερμοκρασία
β. οι συγκεντρώσεις του C_2H_2 και του C_6H_6
γ. οι συγκεντρώσεις των C_2H_2 και C_6H_6 , η πίεση και η θερμοκρασία
δ. η ποσότητα του καταλύτη (Fe), η πίεση και η θερμοκρασία.

21. Σε ένα δοχείο έχει αποκατασταθεί η ισορροπία:

$3\text{Fe}_{(s)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_{4(s)} + 4\text{H}_{2(g)}$, $\Delta H < 0$. Ποια από τις παρακάτω μεταβολές έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας του H_2 που περιέχεται στο δοχείο;

- α. η αύξηση της πίεσης γ. η εισαγωγή υδρατμών
β. η αύξηση της θερμοκρασίας δ. η προσθήκη καταλύτη.

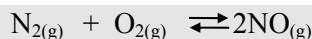
22. Η σταθερά K_C της χημικής ισορροπίας που αποδίδεται με τη χημική εξίσωση

$2\text{NO}_{(g)} \rightleftharpoons \text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$, $\Delta H = -40\text{Kcal}$ έχει τιμή κ στους $T_1 = 300\text{K}$ και τιμή λ στους $T_2 = 600\text{K}$. Μεταξύ των αριθμών κ και λ ισχύει:

- α. $\lambda = \kappa$ β. $\lambda > \kappa$ γ. $\lambda < \kappa$ δ. $\lambda = 2\kappa$.

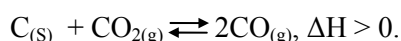
23. Σε κενό δοχείο εισάγουμε, σε ορισμένη θερμοκρασία, ισομοριακές ποσότητες

N_2 και O_2 , οπότε αποκαθίσταται τελικά η ισορροπία:



- i) Αν προσθέσουμε στο μείγμα ισορροπίας μία ποσότητα N_2 , η απόδοση της αντίδρασης:
- α. δε θα μεταβληθεί β. θα ελαττωθεί γ. θα αυξηθεί.
- ii) Αν αυξήσουμε τον όγκο του δοχείου, η απόδοση της αντίδρασης:
- α. θα αυξηθεί β. θα μειωθεί γ. δε θα μεταβληθεί.

24. Σε ένα δοχείο σταθερού όγκου που περιέχει άνθρακα, εισάγεται CO_2 και το σύστημα θερμαίνεται στους θ_1 °C, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:



- i) Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία του συστήματος, η απόδοση της παραγωγής του CO:
- α. θα ελαττωθεί β. θα αυξηθεί γ. δε θα μεταβληθεί.
- ii) Αν αυξήσουμε την πίεση ελαττώνοντας τον όγκο του δοχείου η απόδοση παραγωγής του CO:
- α. θα ελαττωθεί β. θα αυξηθεί γ. δε θα μεταβληθεί.

25. Δοχείο όγκου V περιέχει α mol HI σε ισορροπία με H_2 και I_2 , που περιγράφεται με την εξίσωση: $\text{H}_{2(\text{g})} + \text{I}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(\text{g})}$.

- i) Αν εισάγουμε στο σύστημα αυτό β mol HI διατηρώντας σταθερό τον όγκο του δοχείου και τη θερμοκρασία, τότε ο αριθμός των mol του HI που θα περιέχεται τελικά στο δοχείο, θα είναι:
- α. ίσος με α + β γ. μικρότερος από α
β. μικρότερος από α + β και μεγαλύτερος από α δ. ίσος με α.
- ii) Αν αυξήσουμε την πίεση με ελάττωση του όγκου του δοχείου διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία, τότε ο αριθμός mol του HI που θα περιέχεται τελικά στο δοχείο θα είναι:
- α. ίσος με α β. μικρότερος από α γ. μεγαλύτερος από α.

26. Όταν αναμείξουμε ισομοριακές ποσότητες H_2 και I_2 αποκαθίσταται χημική ισορροπία η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:

50atm. Αν διπλασιάσουμε τον όγκο του δοχείου διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία, τότε η τελική πίεση στο δοχείο μπορεί να έχει την τιμή:

- α. 50atm β. 100atm γ. 25atm δ. 20atm ε. 40atm.

31. 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 πραγματοποιείται.

32. Η αύξηση της απόδοσης της παραγόμενης ποσότητας NH_3 με ταυτόχρονη αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$, $\Delta H < 0$, γίνεται με:

- α. αύξηση της θερμοκρασίας γ. αύξηση της πίεσης
β. μείωση της θερμοκρασίας δ. αύξηση του όγκου του δοχείου.

33. Σε ένα δοχείο σταθερού όγκου έχει αποκατασταθεί η ισορροπία:

$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \rightleftharpoons Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$, $\Delta H < 0$. Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία του συστήματος:

i) Ο συνολικός αριθμός των mol των αερίων:

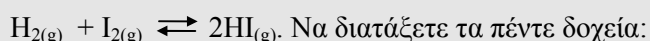
- α. θα αυξηθεί γ. θα μειωθεί
β. δεν θα μεταβληθεί δ. εξαρτάται από την απόδοση της αντίδρασης.

ii) Η ολική πίεση των αερίων:

- α. θα αυξηθεί γ. δεν θα μεταβληθεί
β. θα μειωθεί δ. δε μπορούμε να γνωρίζουμε πως θα μεταβληθεί.

4.2 Ερωτήσεις διάταξης

1. Σε πέντε όμοια δοχεία A, B, Γ, Δ, E περιέχονται από 0,2mol H₂ στους θ °C. Προσθέτουμε στο καθένα απ' αυτά 0,2mol I₂, 1mol I₂, 0,4mol I₂, 0,8mol I₂ και 0,6mol I₂ αντίστοιχα, διατηρώντας σε όλα τα δοχεία την ίδια θερμοκρασία, οπότε σε κάθε δοχείο αποκαθίσταται η χημική ισορροπία:



- α) κατά σειρά αυξανόμενης ποσότητας HI που περιέχουν
β) κατά σειρά αυξανόμενης συγκέντρωσης H₂.
2. Στο καθένα από τρία όμοια δοχεία A, B, Γ σταθερού όγκου εισάγεται η ίδια ποσότητα ισομοριακού μείγματος N₂ και H₂ και θερμαίνονται αντίστοιχα στους θ °C, στους (θ+50) °C και στους (θ-50) °C, οπότε στο κάθε δοχείο αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{N}_{2(\text{g})} + 3\text{H}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(\text{g})}$, ΔH = -22Kcal. Να διατάξετε τα τρία αυτά δοχεία κατά σειρά αυξανόμενης απόδοσης της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε σ' αυτά.

3. Σε τρία δοχεία A, B, Γ με αντίστοιχους όγκους 1L, 4L και 2L εισάγονται από η mol COCl₂ και θερμαίνονται στους θ °C, οπότε στο καθένα από αυτά αποκαθίσταται η χημική ισορροπία: $\text{COCl}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons \text{CO}_{(\text{g})} + \text{Cl}_{2(\text{g})}$.

Να διατάξετε τα τρία δοχεία:

- α) κατά σειρά αυξανόμενης ποσότητας COCl₂ που περιέχουν
β) κατά σειρά αυξανόμενου βαθμού διάσπασης του COCl₂.
4. Ένα δοχείο όγκου V περιείχε μείγμα N₂, H₂ και NH₃ σε κατάσταση χημικής ισορροπίας σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{N}_{2(\text{g})} + 3\text{H}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(\text{g})}$. Στην κατάσταση αυτή η περιεκτικότητα του μείγματος σε NH₃ ήταν α %. Αυξήσαμε ισόθερμα τον όγκο του δοχείου σε 2V με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα του μείγματος σε NH₃ να γίνει β %. Στη συνέχεια συμπιέσαμε το μείγμα υπό σταθερή θερμοκρασία σε όγκο V/2 και η περιεκτικότητά του σε NH₃ έγινε γ % . Να διατάξετε τους αριθμούς α, β και γ κατ' αύξουσα σειρά.

5. Μείγμα H_2 , I_2 και HI όγκου V έχει συγκέντρωση ως προς HI C_1 και βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:
 $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$, $\Delta H > 0$. Υποβάλλουμε το μείγμα στις διεργασίες που περιγράφονται στην πρώτη στήλη του παρακάτω πίνακα, οπότε το HI αποκτά στην κάθε περίπτωση τη συγκέντρωση που αναγράφεται στη δεύτερη στήλη

(I) είδος διεργασίας	(II) τελική $[HI]$
Διπλασιάζουμε τον όγκο του μείγματος με σταθερή θερμοκρασία	C_2
Αυξάνουμε τη θερμοκρασία κατά θ $^{\circ}C$ διατηρώντας σταθερό τον όγκο του μείγματος	C_3
Αυξάνουμε τη θερμοκρασία κατά θ $^{\circ}C$ και υποδιπλασιάζουμε ταυτόχρονα τον όγκο του μείγματος	C_4

Να διατάξετε κατά σειρά αυξανόμενης τιμής τις συγκεντρώσεις C_1 , C_2 , C_3 και C_4 .

6. Αέριο μείγμα H_2 , I_2 και HI βρίσκεται σε δοχείο μεταβλητού όγκου σε ισορροπία, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$. Διαπιστώνουμε ότι για τιμές του όγκου του μείγματος 2L, 4L και 1L και για την ίδια θερμοκρασία, η συγκέντρωσή του ως προς το HI γίνεται αντίστοιχα C_1 , C_2 και C_3 . Να διατάξετε κατ' αύξουσα σειρά τις συγκεντρώσεις C_1 , C_2 και C_3 .

7. Σε δοχείο σταθερού όγκου περιέχεται αέριο μείγμα N_2 , O_2 και NO περιεκτικότητας σε NO α %v/v, σε κατάσταση ισορροπίας στους θ $^{\circ}C$ σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$, $\Delta H = 44Kcal$. Όταν η θερμοκρασία του συστήματος γίνει $(\theta+50)$ $^{\circ}C$, το μείγμα περιέχει β %v/v NO , ενώ όταν γίνει $(\theta-50)$ $^{\circ}C$, η περιεκτικότητα του μείγματος σε NO γίνεται γ %v/v. Να διατάξετε τους αριθμούς α , β , γ κατ' αυξανόμενη σειρά.

8. Σε δοχείο σταθερού όγκου περιέχονται κόκκοι στερεού άνθρακα και αέριο μείγμα που αποτελείται από υδρατμούς, CO και n_0 mol H_2 στους θ °C σε ισορροπία σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



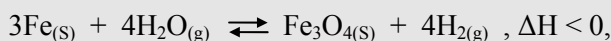
Αν επιφέρουμε στο μείγμα ισορροπίας κάθε μία από τις μεταβολές της στήλης (I), η ποσότητα των mol του H_2 αποκτά τελικά την τιμή που αναφέρεται στη στήλη (II) του πίνακα.

(I) Είδος μεταβολής	(II) αριθμός mol H_2
Προσθέτουμε 0,2mol CO, διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία.	n_1
Προσθέτουμε 0,6mol H_2O , διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία.	n_2
Προσθέτουμε 0,5mol CO, διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία.	n_3
Προσθέτουμε 0,6mol H_2O και αυξάνουμε τη θερμοκρασία.	n_4
Προσθέτουμε 0,5mol CO και ελαττώνουμε τη θερμοκρασία.	n_5

Να διατάξετε τους αριθμούς n_0 , n_1 , n_2 , n_3 , n_4 και n_5 κατ' αύξουσα σειρά.

4.3 Ερωτήσεις αντιστοίχισης

1. Σε ένα δοχείο στους θ °C έχει αποκατασταθεί η ισορροπία:



μεταξύ ρινισμάτων Fe, υδρατμών, Fe_3O_4 και υδρογόνου.

Επιφέρουμε στο μείγμα ισορροπίας τις μεταβολές που περιγράφονται στη στήλη (I). Να αντιστοιχήσετε την κάθε μία από τις μεταβολές αυτές με το αποτέλεσμα που προκαλεί στην ποσότητα των υδρατμών που περιέχεται στο δοχείο και περιλαμβάνεται στη στήλη (II)

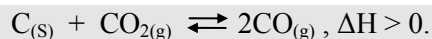
(I)	(II)
<u>Είδος μεταβολή</u>	<u>Μεταβολή ποσότητας υδρατμών</u>
A. αύξηση της θερμοκρασίας	
B. προσθήκη καταλύτη	α. καμία
Γ. μείωση του όγκου του δοχείου	
Δ. απομάκρυνση μιας ποσότητας H_2	β. αύξηση
E. προσθήκη σκόνης Fe	
Z. προσθήκη στερεού CaCl_2 (αφυδατικό)	γ. μείωση

2. Σε κενό δοχείο εισάγουμε ισομοριακές ποσότητες N_2 και O_2 , οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{N}_{2(g)} + 2\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$, $\Delta H = 16\text{Kcal}$.

Το κάθε αποτέλεσμα που περιγράφεται στη στήλη (I) έχει σαν αίτιο μία από τις ενέργειες της στήλης (II). Να αντιστοιχήσετε το κάθε αποτέλεσμα της στήλης (I) με ένα από τα αίτια της στήλης (II).

(I)	(II)
A. αύξηση της συγκέντρωσης του NO_2	α. αύξηση θερμοκρασίας με σταθερό όγκο
B. αύξηση της τιμής της K_c	β. αύξηση της πίεσης με σταθερή θερμοκρασία
Γ. ελάττωση της απόδοσης της αντίδρασης	γ. εισαγωγή αέρα με σταθερό όγκο και θερμοκρασία
Δ. αύξηση της συγκέντρωσης του N_2	δ. ελάττωση της θερμοκρασίας με σταθερό όγκο.

3. Σε ένα δοχείο στους θ °C έχει αποκατασταθεί η ισορροπία:



Επιφέρουμε στο μείγμα ισορροπίας τις μεταβολές που περιγράφονται στη στήλη (I). Να αντιστοιχήσετε την κάθε μία από τις μεταβολές αυτές με το αποτέλεσμα που προκαλεί στην τιμή της ολικής πίεσης, το οποίο περιλαμβάνεται στη στήλη (II)

(I)	(II)
<u>Είδος μεταβολής</u>	<u>Μεταβολή πίεσης</u>
A. αύξηση της θερμοκρασίας με σταθερό όγκο	
B. αύξηση του όγκου του δοχείου με σταθερή θερμοκρασία	α. καμία
Γ. εισαγωγή αδρανούς αερίου με σταθερό όγκο και θερμοκρασία	β. αύξηση
Δ. προσθήκη στερεού NaOH με σταθερό όγκο και θερμοκρασία (το NaOH αντιδρά με το CO ₂ : NaOH+CO ₂ → NaHCO ₃)	γ. ελάττωση
E. Προσθήκη μικρής ποσότητας σκόνης C.	

4. Σε ένα κενό δοχείο εισάγεται φωσγένιο (COCl₂), οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}, \Delta H > 0.$

Να αντιστοιχήσετε 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.

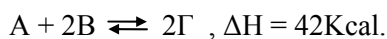
5. Σε ένα δοχείο στους θ °C έχει αποκατασταθεί η ισορροπία:

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$, $\Delta H = -22\text{Kcal}$. Επιφέρουμε στο μείγμα ισορροπίας κάθε μία από τις μεταβολές που περιγράφονται στη στήλη (I).

Να αντιστοιχήσετε την κάθε μεταβολή της στήλης (I) με το αποτέλεσμα που έχει αυτή στην ποσότητα της NH_3 που περιέχεται στο δοχείο και αναφέρεται στη στήλη (II).

(I)	(II)
<u>Είδος μεταβολής</u>	<u>Μεταβολή NH_3</u>
A. αύξηση της θερμοκρασίας με σταθερό όγκο	
B. ελάττωση του όγκου του δοχείου με σταθερή θερμοκρασία	α. αύξηση
Γ. προσθήκη καταλύτη	
Δ. προσθήκη HCl ($HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$)	β. καμία
E. εισαγωγή N_2 και ταυτόχρονη μείωση της θερμοκρασίας	
Z. εισαγωγή αδρανούς αερίου με σταθερή τη θερμοκρασία και την ολική πίεση.	γ. μείωση

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

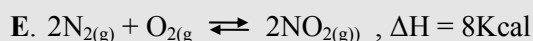
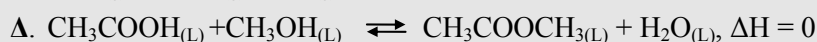
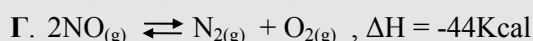
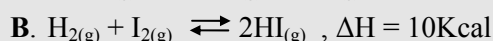
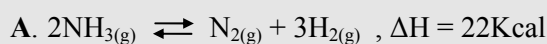


Στις συνθήκες αυτές η τιμή της σταθεράς της χημικής ισορροπίας K_C είναι β . Να αντιστοιχήσετε την κάθε μία από τις τιμές α , β , γ της K_C οι οποίες περιλαμβάνονται στη στήλη (I) με τους συνδυασμούς τιμών θερμοκρασίας - όγκου του συστήματος που αναγράφονται στη στήλη (II), λαμβάνοντας υπ' όψη ότι $\alpha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

(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.

7. Να αντιστοιχίσετε την κάθε χημική ισορροπία της στήλης (I) με μία μόνο μεταβολή που περιγράφεται στη στήλη (II), έτσι ώστε αν η μεταβολή αυτή πραγματοποιηθεί στην αντίστοιχη ισορροπία να έχει σαν αποτέλεσμα την μετατόπισή της προς τα δεξιά.

(I)



(II)

α. αύξηση της θερμοκρασίας

β. ελάττωση του όγκου του δοχείου

γ. απομάκρυνση N_2

δ. ελάττωση της ολικής πίεσης

ε. προσθήκη στερεού CaCl_2 (αφυδατικό).

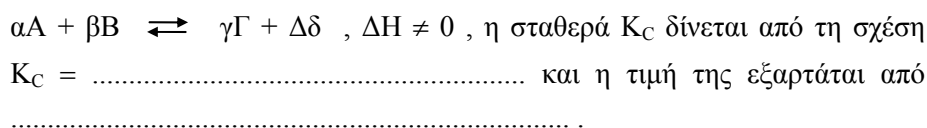
4.4 Ερωτήσεις συμπλήρωσης

1. Οι μονόδρομες αντιδράσεις οδηγούν σε μετατροπή των αντιδρώντων σε προϊόντα εφ' όσον τα αντιδρώντα αναμειγνύονται μεαναλογία , ενώ οι αντιδράσεις οδηγούν σε μετατροπή των αντιδρώντων σε προϊόντα.

2. Στην κατάσταση χημικής ισορροπίας το μείγμα ισορροπίας διατηρεί σταθερή , διότι στη μονάδα του χρόνου από το κάθε συστατικό του μείγματος όσα mol , τόσα mol

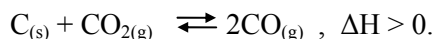
3. Η ισορροπία κατά την οποία το σύνολο των ουσιών που συμμετέχουν σ' αυτή βρίσκονται στη ίδια φάση ονομάζεται , ενώ η ισορροπία στην οποία οι ουσίες που συμμετέχουν βρίσκονται σε ονομάζεται

4. Για τη χημική ισορροπία μεταξύ των αερίων Α, Β, Γ και Δ, που αποδίδεται από τη χημική εξίσωση:



5. Σύμφωνα με την αρχή των Le Chatelier, κάθε μεταβολή ενός από τους προκαλεί μετατόπιση της προς την κατεύθυνση εκείνη προς την οποία

6. Σε κενό δοχείο όγκου V εισάγονται κόκκοι C και CO₂, οπότε αποκαθίσταται ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



Να συμπληρώσετε τα κενά του παρακάτω πίνακα με το γράμμα Α, Σ και Ε αντίστοιχα, αν η τιμή του αντίστοιχου μεγέθους αυξάνεται, παραμένει σταθερή ή ελαττώνεται, όταν κατά την έναρξη της αντίδρασης πραγματοποιηθεί η μεταβολή που περιγράφεται στην πρώτη στήλη.

Είδος μεταβολής	Αριθ. mol CO ₂ στη X.I.	K _C	Αριθ. mol CO στη X.I.
Ελάττωση θερμότητας			
Προσθήκη καταλύτη			
Ελάττωση του όγκου του δοχείου			
Εισαγωγή C με μορφή σκόνης			
Αύξηση της αρχικής ποσότητας του CO ₂			

7. Οι παράγοντες κάθε χημικής ισορροπίας είναι η και , ενώ η επηρεάζει εκείνες τις χημικές ισορροπίες στις οποίες συμμετέχουν και εφ' όσον η μετατόπιση της ισορροπίας προς μία κατεύθυνση έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή

8. Σε κενό δοχείο εισάγεται μείγμα N_2 και H_2 , οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$, $\Delta H < 0$.

Να συμπληρώσετε κατάλληλα τα κενά του παρακάτω πίνακα έτσι ώστε, αν κατά την έναρξη της αντίδρασης γίνει η ενέργεια που περιγράφεται στην πρώτη στήλη, να δηλώνεται στις υπόλοιπες στήλες η μεταβολή του αντίστοιχου μεγέθους.

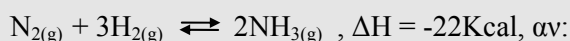
Είδος μεταβολής	Χρόνος αποκατάστασης ισορροπίας	K_C	Αριθ. mol NH_3 στη χημική ισορροπία
	Ελαττώνεται	Σταθερή	Σταθερός
		Αυξάνεται	

4.5 Ερωτήσεις σύντομης απάντησης

1. Ποιες χημικές αντιδράσεις χαρακτηρίζονται μονόδρομες; Ποια είναι η απόδοση μιας μονόδρομης αντίδρασης;
2. Ποιες χημικές αντιδράσεις ονομάζονται αμφίδρομες; Ποιες τιμές μπορεί να πάρει η απόδοση μιας αμφίδρομης αντίδρασης;
3. Τι ονομάζουμε παράγοντες χημικής ισορροπίας και ποιοι είναι αυτοί;
4. Να διατυπώσετε την αρχή Le Chatelier.
5. Να γράψετε τη μαθηματική έκφραση της σταθεράς K_C για τη χημική ισορροπία $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$. Από τι εξαρτάται η τιμή της K_C αυτής της ισορροπίας;
6. Ποια είναι η μονάδα μέτρησης της σταθεράς K_C της χημικής ισορροπίας $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$;
7. Εξηγήστε γιατί στην κατάσταση χημικής ισορροπίας το μείγμα των ουσιών που συμμετέχουν σ' αυτή, διατηρεί σταθερή τη χημική του σύσταση.
8. Ποιοι είναι οι παράγοντες της χημικής ισορροπίας που περιγράφεται από την χημική εξίσωση $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \rightleftharpoons Fe_3O_{4(s)} + 4H_2_{(g)}$, $\Delta H < 0$.
9. Πώς πρέπει να μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία για να αυξήσουμε την απόδοση της αντίδρασης $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$, $\Delta H = -22Kcal$. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
10. Σε ποιες από τις παρακάτω περιπτώσεις θα μετατοπιστεί η χημική ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$, $\Delta H = -44Kcal$ και προς ποια κατεύθυνση;

- α) αν ελαττώσουμε τη θερμοκρασία
- β) αν αυξήσουμε την πίεση
- γ) αν προσθέσουμε ποσότητα αζώτου
- δ) αν αυξήσουμε τον όγκο του δοχείου.

11. Προς ποια κατεύθυνση θα μετατοπισθεί η χημική ισορροπία



- α) αυξήσουμε τη θερμοκρασία
- β) αυξήσουμε τον όγκο του δοχείου
- γ) προσθέσουμε άζωτο
- δ) προσθέσουμε αέριο HCl.

12. Σε δοχείο όγκου V και στους θ °C έχει αποκατασταθεί η χημική ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



Πώς πρέπει να μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία για να αυξήσουμε την ποσότητα του CO₂ που περιέχεται στο δοχείο; Πώς θα μεταβληθούν οι ποσότητες των τριών άλλων αερίων, αν πραγματοποιηθεί αυτή η μεταβολή;

13. Η συνθετική παρασκευή της αμμωνίας με τη μέθοδο Haber με βάση τη θερμοχημική εξίσωση $\text{N}_{2(\text{g})} + 3\text{H}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(\text{g})}$, $\Delta H = -22\text{Kcal}$, πραγματοποιείται σε υψηλή πίεση και υψηλή θερμοκρασία. Εξηγήστε:

- α) το λόγο πραγματοποίησης της αντίδρασης σε υψηλή πίεση
- β) το λόγο πραγματοποίησης της αντίδρασης σε υψηλή θερμοκρασία.

4.6 Ερωτήσεις ανάπτυξης

1. Εξηγήστε με βάση την αρχή Le Chatelier τον τρόπο με τον οποίο η μεταβολή της θερμοκρασίας επηρεάζει τη θέση χημικής ισορροπίας ενός συστήματος. Να αναφέρετε σχετικό παράδειγμα.
2. Με ποιες προϋποθέσεις η πίεση είναι συντελεστής χημικής ισορροπίας; Πώς επηρεάζει η μεταβολή της πίεσης τη χημική ισορροπία ενός συστήματος όταν ισχύουν οι παραπάνω προϋποθέσεις; Να αναφέρετε ένα παράδειγμα χημικής ισορροπίας, η οποία επηρεάζεται από τη μεταβολή της πίεσης και ένα άλλο κατά το οποίο η μεταβολή της πίεσης δεν επηρεάζει την ισορροπία.
3. Πώς επηρεάζει τη θέση χημικής ισορροπίας η μεταβολή της συγκέντρωσης ενός από τα σώματα που συμμετέχουν σ' αυτή; Σε δοχείο όγκου V περιέχεται σε ισορροπία μείγμα N_2 , H_2 και NH_3 σε ορισμένη θερμοκρασία, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$. Πώς πρέπει να μεταβάλουμε τη συγκέντρωση ενός μόνο από τα συστατικά του μείγματος ισορροπίας, ώστε η ισορροπία να μετατοπιστεί προς τα δεξιά;
4. Η σταθερά της χημικής ισορροπίας $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ έχει την τιμή 9 στους θ °C. Αν σε δοχείο όγκου V εισαχθεί ένα αέριο μείγμα που αποτελείται από α mol H_2 , β mol I_2 και γ mol HI στους θ °C, πώς θα μπορούσαμε να διαπιστώσουμε αν θα μεταβληθεί και με ποιο τρόπο η σύσταση του μείγματος;
5. Η τιμή της K_C για κάθε χημική ισορροπία εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Εξηγήστε πώς θα μεταβληθεί η τιμή της σταθεράς K_C για την ισορροπία $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$, $\Delta H = -22Kcal$, αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία του συστήματος.
6. Σε δοχείο όγκου V στους θ °C έχει αποκατασταθεί η ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons 2\Gamma_{(g)}$, $\Delta H > 0$. Εξετάστε αν θα μεταβληθεί η θέση της χημικής ισορροπίας καθώς και η τιμή της K_C , στις παρακάτω περιπτώσεις:
 - α) αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία με σταθερό όγκο
 - β) αν εισάγουμε στο σύστημα κάποια ποσότητα από το αέριο Γ.
7. Σε δοχείο όγκου V και στους θ °C περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας H_2 , I_2 και HI, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$, $\Delta H = +10Kcal$.

Εξηγήστε αν θα μεταβληθεί και με ποιο τρόπο η χημική ισορροπία, αν επιφέρουμε στο μείγμα τις ακόλουθες μεταβολές:

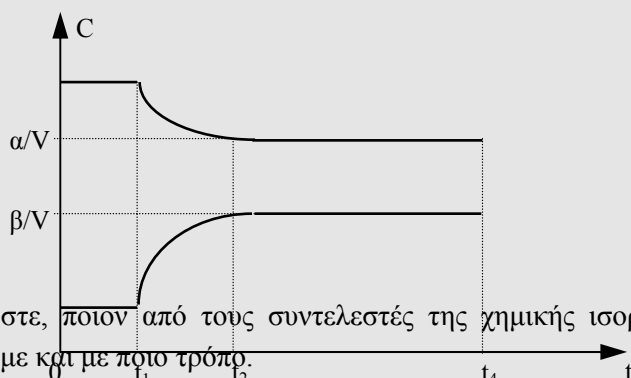
- διαβιβάσουμε στο σύστημα μία ποσότητα He (ευγενές αέριο) διατηρώντας σταθερά τον όγκο του δοχείου και τη θερμοκρασία
- προσθέσουμε στο σύστημα μικρή ποσότητα νατρίου, το οποίο αντιδρά με το HI σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{Na} + \text{HI} \rightarrow \text{NaI} + \frac{1}{2}\text{H}_2$.

8. Σε δοχείο σταθερού όγκου έχει αποκατασταθεί η χημική ισορροπία:

$2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{4(g)}$. Εισάγουμε στο δοχείο μία ποσότητα N_2O_4 και διπλασιάζουμε συγχρόνως τον όγκο του. Εξετάστε αν θα μετατοπιστεί η θέση της χημικής ισορροπίας και προς ποια κατεύθυνση.

9. Σε δοχείο όγκου V και στους $\theta^\circ\text{C}$ έχει αποκατασταθεί η χημική ισορροπία:

$2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{4(g)}$, $\Delta H < 0$. Τη χρονική στιγμή t_1 μεταβάλλεται ένας από τους συντελεστές της χημικής ισορροπίας, με συνέπεια τη μεταβολή των συγκεντρώσεων των δύο αερίων σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα:



- Εξηγήστε, ποιον από τους συντελεστές της χημικής ισορροπίας μεταβάλλαμε και με ποιο τρόπο.
- Εξετάστε τον τρόπο μεταβολής του λόγου $[\text{N}_2\text{O}_4]:[\text{NO}_2]^2$ στα διάφορα χρονικά διαστήματα από $t = 0$, μέχρι $t = t_4$.

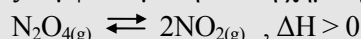
10. Σε καθένα από δύο όμοια δοχεία A και B εισάγεται η ίδια ποσότητα ισομοριακού μείγματος N_2 και H_2 . Το αέριο μείγμα στο δοχείο A θερμαίνεται

στους θ °C, ενώ το Β στους $(\theta+40)$ °C, οπότε και στα δύο δοχεία αποκαθίσταται χημική ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:

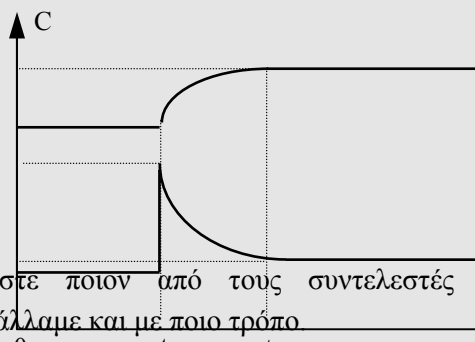


- α) Εξετάστε σε ποιο από τα δύο δοχεία έχει η αντίδραση μεγαλύτερη απόδοση.
 β) Να σχεδιάσετε τις καμπύλες της συγκέντρωσης της NH_3 σε συνάρτηση με το χρόνο για τις δύο παραπάνω περιπτώσεις σε κοινό σύστημα αξόνων.

11. Σε δοχείο όγκου V στους θ °C περιέχονται x mol N_2O_4 και ψ mol NO_2 ($x > \psi$) σε κατάσταση ισορροπίας σύμφωνα με την απλή χημική εξίσωση:



Τη χρονική στιγμή t_1 μεταβάλλεται ένας από τους συντελεστές της χημικής ισορροπίας, οπότε οι συγκεντρώσεις των δύο αερίων μεταβάλλονται σε συνάρτηση με το χρόνο σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα:



- α) Εξηγήστε ποιον από τους συντελεστές της χημικής ισορροπίας μεταβάλλαμε και με ποιο τρόπο.
 β) Εξετάστε, αν στο χρονικό διάστημα από t_1 μέχρι t_2 ο λόγος $[\text{NO}_2]^2 : [\text{N}_2\text{O}_4]$ μεταβάλλεται ή παραμένει σταθερός.

4.7 Ερωτήσεις τύπου «σωστό - λάθος» με αιτιολόγηση

Να εξηγήσετε αν ισχύουν ή όχι οι ακόλουθες προτάσεις. Να αναφέρετε σχετικό παράδειγμα, όπου το κρίνεται σκόπιμο.



1. Η ισορροπία $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ είναι ομογενής και δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή της πίεσης.
2. Η ισορροπία $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$ είναι ομογενής και δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή της πίεσης.
3. Η τιμή της σταθεράς K_C για την ισορροπία $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$, $\Delta H = -22\text{Kcal}$ αυξάνεται, όταν αυξηθεί η θερμοκρασία.
4. Ο βαθμός διάσπασης του $CaCO_3$ προς CaO και CO_2 σύμφωνα με την ενδόθερμη αντίδραση $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$ αυξάνεται, όταν η διάσπαση γίνεται σε υψηλή θερμοκρασία και σε χαμηλή πίεση.
5. Η τιμή της σταθεράς K_C της χημικής ισορροπίας $C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$ ελαττώνεται με την ελάττωση της πίεσης.
6. Αν σε ένα κλειστό δοχείο σταθερού όγκου που έχει αποκατασταθεί η χημική ισορροπία $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ εισάγουμε μία ποσότητα ευγενούς αερίου, η χημική ισορροπία δε μεταβάλλεται ενώ η ολική πίεση των αερίων αυξάνεται.
7. Αν σε ένα δοχείο μεταβλητού όγκου, όπου έχει αποκατασταθεί η ισορροπία $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$, $\Delta H = +44\text{Kcal}$, διπλασιάσουμε τον όγκο του δοχείου, η ολική πίεση δε μεταβάλλεται ενώ η ποσότητα του NO αυξάνεται.
8. Αν σε δοχείο όγκου V όπου έχει αποκατασταθεί η χημική ισορροπία $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$ αυξήσουμε τον όγκο σε $2V$, η ολική πίεση των αερίων υποδιπλασιάζεται.
9. Για την ομογενή χημική ισορροπία $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ η μονάδα μέτρησης της σταθεράς K_C είναι το 1L/mol .
10. Για την χημική ισορροπία $Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightleftharpoons 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$ η μονάδα μέτρησης της σταθεράς K_C είναι το 1mol/L .

11. Αν η σταθερά K_C της χημικής ισορροπίας $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2\Gamma_{(g)}$, έχει τιμή 4 στους θ $^{\circ}\text{C}$ και τιμή 120 στους $(\theta+50)$ $^{\circ}\text{C}$, τότε για την αντίδραση σύνθεσης του Γ ισχύει $\Delta H < 0$.
12. Στην κατάσταση χημικής ισορροπίας δεν πραγματοποιείται καμία χημική αντίδραση.
13. Αν διπλασιάσουμε τον όγκο ενός δοχείου, στο εσωτερικό του οποίου έχει αποκατασταθεί η χημική ισορροπία $\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)}$, τότε η συγκέντρωση του CO_2 υποδιπλασιάζεται.
14. Αν ο βαθμός διάσπασης του φωσγενίου (COCl_2) προς CO και Cl_2 αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, υπό σταθερό όγκο, τότε η αντίδραση διάσπασης του COCl_2 είναι εξώθερμη.
15. Η απόδοση της αντίδρασης $\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$ σε καθορισμένη πίεση και θερμοκρασία, έχει ελάχιστη τιμή όταν το μείγμα H_2 και I_2 που αναμειγνύεται αρχικά είναι ισομοριακό.

4.8 Ερωτήσεις συνδυασμού διαφόρων μορφών

1. Σε δοχείο όγκου V έχει αποκατασταθεί η ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση: $3\text{Fe}_{(s)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4_{(s)} + 4\text{H}_2_{(g)}$, $\Delta H < 0$.

i) Η παραπάνω χημική ισορροπία χαρακτηρίζεται ως:

α. ομογενής β. ετερογενής γ. ανομοιογενής.

ii) Η σταθερή K_C αυτής της χημικής ισορροπίας δίνεται από τη σχέση:

$K_C = \dots\dots\dots$, ενώ η σταθερή K_P δίνεται από τη σχέση:

$K_P = \dots\dots\dots$.

iii) Αν αυξήσουμε τον όγκο του δοχείου με σταθερή τη θερμοκρασία, τότε η ποσότητα του H_2 $\dots\dots\dots$, ενώ η συγκέντρωση του H_2 $\dots\dots\dots$.

iv) Να αναφέρετε ένα τρόπο με τον οποίο μπορούμε να αυξήσουμε την ποσότητα του Fe που περιέχεται στο δοχείο, διατηρώντας σταθερή τη μάζα του συστήματος.

2. Σε ένα δοχείο περιέχονται σε κατάσταση χημικής ισορροπίας 2mol SO_2 , 2mol O_2 και 4mol SO_3 , σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:

$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$, $\Delta H < 0$, στους $\theta^\circ\text{C}$ και σε πίεση 20atm.

i) Αν προσθέσουμε στο μείγμα ισορροπίας 1mol O_2 , στο δοχείο τελικά είναι δυνατό να υπάρχουν:

α. 3mol O_2 β. 2mol O_2 γ. 2,4mol O_2 δ. 1,6mol O_2 .

ii) Εξηγήστε πώς θα μεταβληθεί η τιμή της K_C της ισορροπίας, αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία.

iii) Αν διπλασιάσουμε τον όγκο του δοχείου διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία, η τελική πίεση που θα αποκτήσει το σύστημα δεν είναι δυνατό να έχει την τιμή:

α. 12atm β. 18atm γ. 16,3atm δ. 10atm.

3. Σε δοχείο όγκου 1L περιέχονται στους θ °C και σε πίεση 10atm, 2mol H_2 , 2mol I_2 και 4mol HI, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



- i) Η παραπάνω ισορροπία χαρακτηρίζεται ως:
 α. ομογενής β. ετερογενής γ. εξώθερμη δ. ενδόθερμη.
- ii) Αν διπλασιάσουμε τον όγκο του μείγματος με σταθερή θερμοκρασία, η πίεση του συστήματος τελικά θα γίνει:
 α. 10atm β. 20atm γ. 5atm δ. 7,5atm.
- iii) Εξετάστε πώς θα μεταβληθούν οι συγκεντρώσεις των αερίων στο δοχείο με την αύξηση της θερμοκρασίας. Να σχεδιάσετε τις καμπύλες που εκφράζουν τις συγκεντρώσεις των τριών αερίων σε συνάρτηση με το χρόνο από τη χρονική στιγμή που αυξήθηκε η θερμοκρασία μέχρι την αποκατάσταση της νέας χημικής ισορροπίας. Οι καμπύλες να σχεδιαστούν σε κοινό σύστημα αξόνων.

4. Αν για τη χημική ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}, \Delta H > 0$, σε θερμοκρασία θ_1 είναι $K_C = 50$, τότε:
- α) σε θερμοκρασία θ_1 και σε πίεση P_1 η σταθερά της χημικής ισορροπίας $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$ είναι ίση με
- β) σε θερμοκρασία $\theta_2 > \theta_1$ και πίεση P_1 για τη σταθερά K'_C της ισορροπίας $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ ισχύει: K'_C 50.
- γ) σε θερμοκρασία $\theta_2 > \theta_1$ και πίεση P_1 η σταθερά της ισορροπίας $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$ μπορεί να έχει μία από τις τιμές:
 α. 55 β. 40 γ. 0,5 δ. 0,02 ε. 0,01
- δ) σε θερμοκρασία θ_1 και πίεση $P_2 > P_1$ η σταθερά της χημικής ισορροπίας $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ είναι

4.9 Ασκήσεις - Προβλήματα

1. Σε δοχείο όγκου 2L περιέχονται 8,8g CO₂, 0,6g H₂, 11,2g CO και 10,8g υδρατμών σε κατάσταση ισορροπίας σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:
$$\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}.$$
 Να υπολογιστούν:
α) η συγκέντρωση καθενός από τα τέσσερα παραπάνω αέρια στο μείγμα ισορροπίας
β) η σταθερά K_c της ισορροπίας.
Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: C: 12, H: 1, O: 16.
2. Σε δοχείο σταθερού όγκου περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 1mol SO₂, 2mol SO₃, 1,2mol NO και 0,8mol NO₂, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:
$$\text{NO}_2 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3 + \text{NO}.$$

α) Να υπολογίσετε τη σταθερά της χημικής ισορροπίας K_c.
β) Αν εισαχθούν στο δοχείο άλλα 0,2mol NO₂, πόσα mol NO πρέπει να εισαχθούν συγχρόνως ώστε να μη μεταβληθούν οι ποσότητες των δύο άλλων αερίων.
3. Ισομοριακό μείγμα H₂ και ατμών I₂ έχει όγκο 89,6L, μετρημένα σε STP.
α) Υπολογίστε τον αριθμό mol του κάθε αερίου που περιέχεται στο παραπάνω μείγμα.
β) Το μείγμα αυτό εισάγεται σε δοχείο σταθερού όγκου και θερμαίνεται σε ορισμένη θερμοκρασία, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:
$$\text{I}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI},$$
 για την οποία η σταθερά K_c είναι ίση με 9. Βρείτε τον αριθμό mol καθενός από τα τρία αέρια στην κατάσταση ισορροπίας.
4. 46g N₂O₄ εισάγεται σε δοχείο Δ₁ όγκου 2L και διασπάται κατά 20% προς NO₂ στους θ °C.
α) Να υπολογιστεί η K_c για την ισορροπία N₂O₄ \rightleftharpoons 2NO₂, στους θ °C.
β) Ποιος πρέπει να είναι ο όγκος ενός άλλου δοχείου Δ₂, στο οποίο αν εισαχθούν 46g N₂O₄ να διασπαστούν κατά 80% προς NO₂, στους θ °C.
5. Σε δοχείο Δ₁ όγκου 1L εισάγεται ισομοριακό μείγμα CO και Cl₂ και θερμαίνεται στους θ °C, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:

$\text{CO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{COCl}_{2(g)}$, για την οποία είναι $K_c = 20$. Στην κατάσταση χημικής ισορροπίας ο αριθμός mol του COCl_2 είναι ίσος με τον αριθμό mol του CO .

- α) Να υπολογίσετε τη σύσταση του μείγματος στην κατάσταση ισορροπίας.
- β) Αν σε δοχείο Δ_2 όγκου 20L εισαχθούν 2mol COCl_2 και θερμανθούν στους $\theta^\circ\text{C}$, πόσα mol από κάθε αέριο θα υπάρχουν στο δοχείο μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας.

6. Σε δοχείο σταθερού όγκου εισάγεται αέριο μείγμα που αποτελείται από 25,6g SO_2 και 0,6mol NO_2 . Το μείγμα θερμαίνεται σε ορισμένη θερμοκρασία, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3 + \text{NO}$. Διαπιστώθηκε ότι μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας έχει αντιδράσει το 50% της ποσότητας του NO_2 . Να υπολογιστούν:

- α) ο αριθμός mol καθενός από τα τέσσερα αέρια που περιέχονται στο δοχείο στην ισορροπία.
- β) η σταθερά K_c της ισορροπίας
- γ) η απόδοση της αντίδρασης.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: S: 32, O: 16.

7. Αέριο μείγμα όγκου 89,6L μετρημένα σε STP, αποτελείται από N_2 και H_2 με αναλογία mol 1:3 αντίστοιχα. Το μείγμα αυτό εισάγεται σε δοχείο όγκου 3L και θερμαίνεται στους $\theta^\circ\text{C}$. Μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας:

$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$, το γραμμομοριακό κλάσμα της NH_3 βρέθηκε 0,6.

- α) Να υπολογίσετε τη σταθερά K_c της ισορροπίας, καθώς και την απόδοση της αντίδρασης στους $\theta^\circ\text{C}$.
- β) Αν η αντίδραση σχηματισμού της NH_3 από τα συστατικά της στοιχία είναι εξώθερμη, εξετάστε αν θα μεταβληθεί και πώς (θα αυξηθεί ή θα ελαττωθεί) η σταθερά K_c της ισορροπίας όταν αυξηθεί η θερμοκρασία του συστήματος.

8. Σε δοχείο όγκου 10L που περιέχει 60g C με μορφή σκόνης, διαβιβάζονται 44,8L CO_2 , μετρημένα σε STP. Το σύστημα θερμαίνεται στους 727°C , οπότε μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας: $\text{C}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(g)}$, βρέθηκαν στο δοχείο 100g αερίων. Να υπολογίσετε:

- α) την απόδοση της αντίδρασης
 - β) τις σταθερές K_c και K_p της ισορροπίας
 - γ) την ολική πίεση των αερίων στην κατάσταση ισορροπίας.
- Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: C: 12, O: 16.

9. Σε δοχείο όγκου 2L περιέχονται 60g ισομοριακού μείγματος N_2 και H_2 . Θερμαίνουμε το μείγμα στους $527^\circ C$ και με τη βοήθεια κατάλληλου καταλύτη αποκαθίσταται ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$. Διαπιστώνουμε ότι το μείγμα ισορροπίας περιέχει 0,8mol NH_3 .

- α) Υπολογίστε την απόδοση της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε.
 - β) Υπολογίστε τη σταθερά K_c της ισορροπίας.
 - γ) Σχεδιάστε σε κοινό ~~διάγραμμα~~ τη γραφική παράσταση της συγκέντρωσης του N_2 , του H_2 και της NH_3 σε συνάρτηση με το χρόνο.
- Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: N: 14, H: 1.

10. Σε δοχείο σταθερού όγκου και σε σταθερή θερμοκρασία $\theta^\circ C$ πραγματοποιείται η αμφίδρομη αντίδραση: $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2\Gamma_{(g)}$ για την οποία $K_c = 4$. Κάποια χρονική στιγμή στο δοχείο υπάρχουν 1mol του A, 1mol του B και 1mol του Γ.

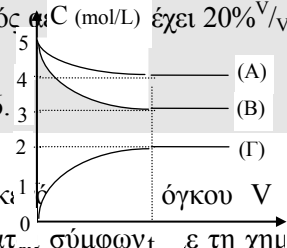
- α) Εξηγήστε γιατί τη χρονική αυτή στιγμή το μείγμα δε βρίσκεται σε ισορροπία.
- β) Υπολογίστε πόσα mol από κάθε αέριο θα υπάρχουν στο δοχείο μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας.
- γ) Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της συγκέντρωσης του A και του Γ σε συνάρτηση με το χρόνο.

11. Σε δοχείο Δ_1 όγκου 8,2L εισάγουμε 12g NO και θερμαίνουμε στους $127^\circ C$, οπότε το NO διασπάται προς N_2 και O_2 . Μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας: $2NO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + O_{2(g)}$, διαπιστώθηκε ότι η μερική πίεση του NO είναι 0,4atm. Να υπολογιστούν:

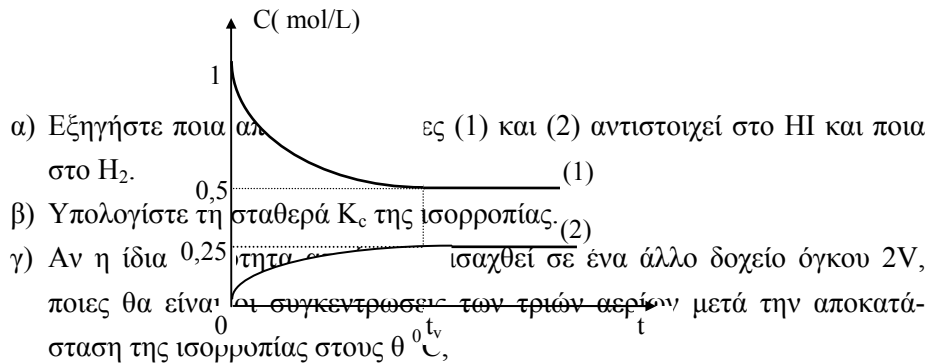
- α) η σταθερά K_c της ισορροπίας
- β) το % ποσοστό διάσπασης του NO και η σταθερά K_p της ισορροπίας.

γ) η απόδοση της αντίδρασης σχηματισμού του NO, αν σε δοχείο Δ₂ σταθερού όγκου εισάγουμε 112L ατμοσφαιρικού αέρα μετρημένου σε stp και θερμάνουμε στους 127 °C. Ο ατμοσφαιρικός αέρας έχει 20%^{V/V} O₂ και 80%^{V/V} N₂.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: N: 14 , O: 16.



12. Ορισμένη ποσότητα ατμών HI εισάγεται σε κιβώτιο όγκου V και θερμαίνεται στους θ °C, οπότε αρχίζει να διασπάται σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$. Η μεταβολή της συγκέντρωσης του HI και του H₂ σε συνάρτηση με το χρόνο περιγράφεται στο διάγραμμα:



13. Σε δοχείο όγκου 2L και σε σταθερή θερμοκρασία έχει αποκατασταθεί η ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση: $\alpha A_{(g)} + \beta B_{(g)} \rightleftharpoons \gamma \Gamma_{(g)}$. Οι συγκεντρώσεις των τριών αερίων σε συνάρτηση με το χρόνο, από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας απεικονίζεται στο διπλανό διάγραμμα:

- α) Ποιες ενώσεις είχαν εισαχθεί αρχικά στο δοχείο και πόσα mol από την κάθε μία;
- β) Υπολογίστε την απόδοση της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε.
- γ) Υπολογίστε τη σταθερά K_c της ισορροπίας.
- δ) Υπολογίστε τη σταθερά K_p της ισορροπίας; αν η θερμοκρασία είναι 400K.

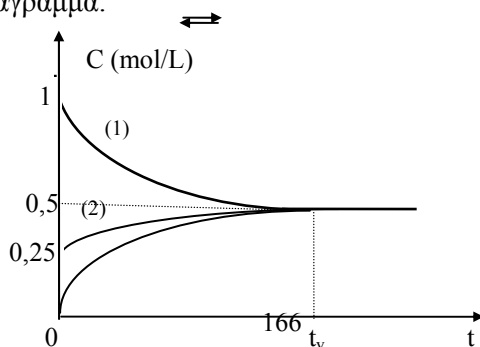
14. Σε δοχείο μεταβλητού όγκου περιέχονται σε ισορροπία N_2O_4 και NO_2 θερμοκρασίας θ °C, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$. Η ολική πίεση στο δοχείο είναι 15atm και η μερική πίεση του NO_2 είναι διπλάσια της μερικής πίεσης του N_2O_4 .

- α) Να υπολογιστεί η σταθερά K_p για την ισορροπία.
- β) Μεταβάλλουμε τον όγκο του δοχείου διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία και διαπιστώνουμε ότι μετά την αποκατάσταση της νέας ισορροπίας οι μερικές πιέσεις του N_2O_4 και του NO_2 γίνονται ίσες. Να υπολογιστεί η ολική πίεση στη νέα κατάσταση ισορροπίας.
- γ) Ποια πρέπει να είναι η ολική πίεση των αερίων σε κατάσταση ισορροπίας στους θ °C, ώστε η μερική πίεση του NO_2 να είναι ίση με 5atm;

15. Σε δοχείο όγκου V περιέχονται σε ισορροπία 0,3mol ένωσης Α, 0,2mol ένωσης Β, 0,3mol ένωσης Γ και 0,3mol ένωσης Δ σε ολική πίεση 4atm, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση $A_{(g)} + xB_{(g)} \rightleftharpoons 2\Gamma_{(g)} + \Delta_{(g)}$. Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία διπλασιάζουμε τον όγκο του δοχείου, οπότε η πίεση γίνεται τελικά 2atm.

- α) Εξηγήστε ποιά είναι η τιμή του συντελεστή x στην παραπάνω εξίσωση;
- β) Υπολογίστε τη σταθερά K_c της ισορροπίας.
- γ) Υπολογίστε τη σταθερά K_p της ισορροπίας.

16. Σε δοχείο όγκου 2L έχει αποκατασταθεί η ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση: $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$, $\Delta H > 0$. Η μεταβολή της συγκέντρωσης των τριών αερίων σε συνάρτηση με το χρόνο, από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας περιγράφεται στο παρακάτω διάγραμμα:



(3)

- α) Εξηγήστε ποια από τις καμπύλες (1), (2) και (3) αντιστοιχεί σε καθένα από τα τρία αέρια σώματα.
- β) Ποια αέρια και πόσα mol από το καθένα είχαμε τοποθετήσει αρχικά στο δοχείο;
- γ) Υπολογίστε τη σταθερά K_c για την ισορροπία.
- δ) Εξηγήστε προς ποια κατεύθυνση θα μετατοπιστεί η θέση χημικής ισορροπίας, αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία του συστήματος;

17. Σε δοχείο όγκου V εισάγονται $0,5\text{mol Fe}_3\text{O}_4$ και 2mol H_2 τα οποία αντιδρούν σύμφωνα με την χημική εξίσωση: $\text{Fe}_3\text{O}_4 (\text{s}) + 4\text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{Fe} (\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O} (\text{g})$, στους θ °C. Μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν στο δοχείο 90,4g στερεών.

- α) Να υπολογιστεί η απόδοση της αντίδρασης.
- β) Να υπολογιστούν οι σταθερές K_c και K_p της ισορροπίας.
- γ) Εξηγήστε αν θα μεταβληθεί ή όχι η ποσότητα των στερεών που περιέχονται στο δοχείο στην κατάσταση ισορροπίας, αν διπλασιάσουμε τον όγκο του δοχείου διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Fe: 56, O: 16.

18. Σε δοχείο Δ_1 όγκου 8L περιέχονται $0,4\text{mol COCl}_2$ και ισομοριακές ποσότητες CO και Cl_2 σε κατάσταση ισορροπίας, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{COCl}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO} (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g})$. Η θερμοκρασία του μείγματος είναι 727 °C και η πίεση 8,2atm.

- α) Να υπολογίσετε την σταθερά K_c για την ισορροπία στους 727 °C.
- β) Σε ένα άλλο δοχείο όγκου V_2 εισάγουμε $0,2\text{mol COCl}_2$, $0,1\text{mol CO}$ και $0,1\text{mol Cl}_2$ και θερμαίνουμε το μείγμα στους 727 °C. Στην κατάσταση ισορροπίας διαπιστώνουμε ότι περιέχονται συνολικά $0,4\text{mol}$ αερίων. Να βρεθεί ο όγκος V_2 του δοχείου.

19. Για την αντίδραση $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ η σταθερά ισορροπίας K_p είναι ίση με 10 στους θ °C. Σε δοχείο όγκου V που περιέχει περίσσεια σκόνης C εισάγουμε ορισμένη ποσότητα CO_2 και θερμαίνουμε θ °C. Μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας η μερική πίεση του CO_2 είναι 10atm.

- α) Να υπολογίσετε την ολική πίεση στην κατάσταση ισορροπίας.
- β) Να υπολογίσετε το % ποσοστό του CO_2 που έχει αντιδράσει.
- γ) Αν διπλασιάσουμε τον όγκο του δοχείου διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία, για τη μερική πίεση του CO_2 μετά την αποκατάσταση της νέας ισορροπίας θα ισχύει:

- i) $P_{CO_2} = 5atm$
- ii) $P_{CO_2} = 10atm$
- iii) $P_{CO_2} < 5atm$
- iv) $P_{CO_2} > 10atm$.

Αιτιολογήστε την επιλογή της σωστής απάντησης.

20. Σε δοχείο σταθερού όγκου V περιέχεται μείγμα N_2O_4 και NO_2 με αναλογία mol 2:1 αντίστοιχα σε κατάσταση ισορροπίας, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$. Η ολική πίεση του μείγματος είναι 3atm.

- α) Να υπολογίσετε τη σταθερά K_p για την ισορροπία.
- β) Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία του συστήματος το μείγμα στη νέα κατάσταση ισορροπίας γίνεται ισομοριακό. Εξηγήστε αν η αντίδραση διάσπασης του N_2O_4 είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη.

21. Σε κλειστό δοχείο, σε ορισμένη θερμοκρασία βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας συνολικά 2,16mol των αερίων HBr, Br_2 και H_2 με μερικές πιέσεις 1atm, $4 \cdot 10^{-2}atm$ και $4 \cdot 10^{-2}atm$ αντίστοιχα. Να υπολογισθούν:

- α) η σταθερά K_p για την ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση: $2HBr \rightleftharpoons Br_2 + H_2$
- β) η κατά βάρος σύσταση του μείγματος

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες των στοιχείων: Br: 80, H: 1.

22. Σε δοχείο σταθερού όγκου βρίσκονται σε ισορροπία 3mol αερίου μείγματος στους θ_1 °C που αποτελείται από 0,5mol H_2 , 0,5mol I_2 και HI, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $2HI \rightleftharpoons I_2 + H_2$. Αυξάνουμε τη θερμοκρασία του συ-

στήματος στους θ_2 °C, οπότε διαπιστώνουμε ότι μετά την αποκατάσταση ισορροπίας βρίσκονται στο δοχείο 2,25mol HI.

- Υπολογίστε τη σταθερά K_c για την ισορροπία στους θ_1 °C.
- Εξηγήστε προς ποια κατεύθυνση μετατοπίστηκε η ισορροπία με την αύξηση της θερμοκρασίας.
- Εξετάστε αν η αντίδραση σχηματισμού του HI από τα συστατικά του είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη.

23. Σε δοχείο όγκου 10L περιέχονται 14g CO, 9g H₂O και ισομοριακές ποσότητες CO₂ και H₂ σε κατάσταση ισορροπίας, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2_{(g)} + \text{H}_2_{(g)}$, για την οποία είναι $K_c = 4$ στους θ °C.

- Υπολογίστε τη συγκέντρωση του CO₂ στο μείγμα ισορροπίας.
- Διπλασιάζουμε τον όγκο του δοχείου διατηρώντας τη θερμοκρασία σταθερή. Υπολογίστε τη νέα συγκέντρωση του CO₂.
- Πόσα g υδρατμών πρέπει να προσθέσουμε στο δοχείο των 20L με σταθερή τη θερμοκρασία, ώστε η συγκέντρωση του CO₂ να γίνει ίση με 0,06mol/L.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες των στοιχείων: C: 12, H: 1, O: 16.

24. Διάλυμα χλωροφορμίου (CHCl₃) όγκου 10L και θερμοκρασίας 10 °C περιέχει 1mol N₂O₄ και 0,1mol NO₂ σε ισορροπία, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$.

- Υπολογίστε τη σταθερά K_c της ισορροπίας στις παραπάνω συνθήκες.
- Αραιώνουμε το παραπάνω διάλυμα με 10L χλωροφόρμιου θερμοκρασίας 10 °C. Με βάση το νόμο χημικής ισορροπίας εξετάστε αν θα μετατοπιστεί ή όχι η ισορροπία και προς ποια κατεύθυνση.

25. Για την αντίδραση: $\text{H}_2_{(g)} + \text{I}_2_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$ στους 400 °C η K_c είναι ίση με 4. Σε δοχείο όγκου 2L εισάγουμε 1mol H₂ και 1mol I₂ και το σύστημα θερμαίνεται στους 400 °C.

- Να υπολογιστεί ο αριθμός mol κάθε αερίου στην κατάσταση ισορροπίας.

- β) Να αποδοθεί γραφικά η συγκέντρωση του HI σε συνάρτηση με το χρόνο, αν για την αποκατάσταση της ισορροπίας χρειάστηκαν 0,2min.
- γ) Στο μείγμα ισορροπίας προσθέτουμε 1,2mol HI. Να βρεθεί ο αριθμός mol κάθε αερίου στο δοχείο μετά την αποκατάσταση της νέας ισορροπίας.

26. Σε δοχείο όγκου 5L περιέχονται 50g CaCO₃, τα οποία θερμαίνονται στους 727 °C και αρχίζουν να διασπώνται προς CaO και CO₂. Μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας: $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$, η πίεση στο δοχείο σταθεροποιήθηκε στις 3,28atm.

- α) Να υπολογίσετε τη σταθερά K_c της ισορροπίας καθώς και το ποσοστό διάσπασης του CaCO₃.
- β) Αποδείξτε ότι αν εισαχθούν 50g CaCO₃ σε δοχείο όγκου 20L και θερμανθούν στους 727 °C, δεν είναι δυνατό να αποκατασταθεί χημική ισορροπία.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες των στοιχείων: Ca: 40, C: 12, O: 16.

27. Σε δοχείο όγκου 10L εισάγονται 1mol H₂ και 1mol I₂ τα οποία αντιδρούν σε θερμοκρασία 447 °C και αποκαθίσταται η ισορροπία: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$, για την οποία η σταθερά ισορροπίας είναι K_c = 64.

- α) Να υπολογίσετε τη σύσταση του μείγματος ισορροπίας καθώς και την ολική πίεση των αερίων.
- β) Διατηρώντας τη θερμοκρασία σταθερή υποδιπλασιάζουμε τον όγκο του δοχείου. Να υπολογίσετε τη νέα ολική πίεση των αερίων και να εξηγήσετε που οφείλεται η μεταβολή της.

28. Σε δοχείο όγκου 2L εισάγουμε 35,2g CO₂ και 4g H₂. Θερμαίνουμε το μείγμα στους θ °C, οπότε μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, η συγκέντρωση των υδρατμών είναι 0,2mol/L.

- α) Υπολογίστε την σταθερά K_c για την ισορροπία, καθώς και την απόδοση της αντίδρασης.
- β) Πόσα g CO_2 πρέπει να προσθέσουμε ακόμη στο δοχείο με σταθερή τη θερμοκρασία, ώστε η συγκέντρωση των υδρατμών να γίνει ίση με $0,5\text{mol/L}$.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες των στοιχείων: C: 12, H: 1, O: 16.

29. Σε δοχείο σταθερού όγκου 10L εισάγονται 3mol PCl_5 και θερμαίνονται στους 227°C , οπότε ο PCl_5 αρχίζει να διασπάται προς PCl_3 και Cl_2 . Μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ στο δοχείο περιέχονται 71g Cl_2 . Να υπολογίσετε:

- α) τη σταθερά ισορροπίας K_c και το ποσοστό διάσπασης του PCl_5
- β) την ολική πίεση των αερίων στην κατάσταση ισορροπίας.
- γ) Προσθέσαμε στο μείγμα ισορροπίας μια ποσότητα Cl_2 διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία και μετά την αποκατάσταση της νέας ισορροπίας μετρήσαμε την πίεση του συστήματος και τη βρήκαμε ίση με $20,5\text{atm}$. Υπολογίστε τον αριθμό mol του Cl_2 που προσθέσαμε στο δοχείο.

Δίνεται η σχετική ατομική μάζα του Cl ίσο με 35,5.

30. Σε δοχείο σταθερού όγκου 10L περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας $0,8\text{mol SO}_3$, $0,8\text{mol SO}_2$ και $0,2\text{mol O}_2$ θερμοκρασίας 327°C , σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$. Θερμαίνουμε το μείγμα στους 527°C , οπότε μετά την αποκατάσταση της νέας ισορροπίας διαπιστώσαμε ότι περιέχονται στο δοχείο συνολικά 2mol αερίων.

- α) Να υπολογίσετε τη σταθερά K_c της ισορροπίας στους 327°C .
- β) Εξηγήστε αν η αντίδραση $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη.
- γ) Να υπολογίσετε την ολική πίεση των αερίων στους 527°C .
- δ) Να υπολογίσετε τη σταθερά K_c της ισορροπίας στους 527°C .

31. Σε δοχείο όγκου 1L περιέχονται 4mol ισομοριακού μείγματος N_2O_4 και NO_2 θερμοκρασίας $\theta^\circ\text{C}$, σε κατάσταση ισορροπίας, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$.

- α) Να υπολογιστεί η σταθερά K_c της ισορροπίας.

- β) Τη χρονική στιγμή t_1 τριπλασιάζουμε τον όγκο του δοχείου διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία, οπότε μετά από ορισμένο χρόνο και τη χρονική στιγμή t_2 αποκαθίσταται ξανά ισορροπία. Υπολογίστε τα mol κάθε αερίου που περιέχονται στο δοχείο μετά την αποκατάσταση της νέας ισορροπίας;
- γ) Σχεδιάστε σε κοινό διάγραμμα τις γραφικές παραστάσεις των συγκεντρώσεων των δύο αερίων σε συνάρτηση με το χρόνο, για το χρονικό διάστημα 0 έως t_v , όπου $t_v > t_2$.

32. Σε κενό δοχείο όγκου 2L διαβιβάζεται ισομοριακό μείγμα NO και O₂ και θερμαίνεται στους 227 °C, οπότε αποκαθίσταται ισορροπία που περιγράφεται από τη χημική εξίσωση: $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$. Διαπιστώθηκε ότι το μείγμα ισορροπίας έχει πυκνότητα 9,3g/L και ασκεί πίεση 10,25atm Να υπολογιστούν:

- α) η μάζα του ισομοριακού μείγματος που διαβιβάστηκε αρχικά στο δοχείο
 β) η τιμή της K_c για την ισορροπία: $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$, στους 227 °C.
 γ) Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της συγκέντρωσης των τριών αερίων σε συνάρτηση με το χρόνο.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες των στοιχείων: N: 14, O: 16.

33. Σε δοχείο Δ₁ όγκου 0,5L περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 3mol CO₂, 1mol H₂, 2,25mol CO και 3mol υδρατμών θερμοκρασίας θ °C, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$.

Σε δοχείο Δ₂ όγκου 1L εισάγονται 2mol CO₂ και 2mol H₂ και θερμαίνονται στους θ °C, οπότε αποκαθίσταται ισορροπία.

Σε δοχείο Δ₃ όγκου 2L εισάγεται αέριο μείγμα που περιέχει 0,1mol CO₂, 0,1mol H₂, 0,4mol CO και 0,4mol H₂O και θερμαίνεται στους θ °C, οπότε αποκαθίσταται ισορροπία.

Να υπολογίσετε:

- α) τη σταθερά K_c της ισορροπίας στους θ °C
 β) την απόδοση της αντίδρασης στο δοχείο Δ₂
 γ) τον αριθμό mol κάθε αερίου που περιέχεται στο δοχείο Δ₃ στην κατάσταση ισορροπίας.
 δ) Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της συγκέντρωσης του CO₂ και του CO σε συνάρτηση με το χρόνο, στο καθένα από τα τρία δοχεία.

34.

Το δοχείο του διπλανού σχήματος χωρίζεται με το διάφραγμα Δ σε δύο ίσους χώρους (X_1 και X_2) που περιέχουν: ο χώρος X_1 CO και ο χώρος X_2 Cl_2 . Στον κάθε χώρο η πίεση είναι 3atm και η θερμοκρασία T.

Αν αφαιρέσουμε το διάφραγμα Δ διαπιστώνουμε ότι η πίεση του συστήματος μειώνεται σταδιακά και σταθεροποιείται τελικά στην τιμή $P_{ολ.} = 2,5atm$, ενώ η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και ίση με T.

- α) Γνωρίζοντας ότι το CO και Cl_2 αντιδρούν σύμφωνα με τη χημική εξίσωση $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$, πώς εξηγείται η σταδιακή μείωση της πίεσης του συστήματος και η σταθεροποίησή της στην τιμή 2,5atm;
- β) Υπολογίστε τη σταθερά K_p της ισορροπίας.
- γ) Πόσα g από το κάθε αέριο περιέχονται σε 99g του μείγματος, όταν αυτό βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας;
- Σχετικές ατομικές μάζες: C: 12, O: 16, Cl: 35,5.



4.10 Κριτήρια αξιολόγησης

Παράδειγμα κριτηρίου αξιολόγησης σύντομης διάρκειας

Αντικείμενο εξέτασης: χημική ισορροπία

Χρονική διάρκεια: 15 λεπτά (κατά προσέγγιση)

Στοιχεία μαθητή:

Επώνυμο Όνομα

Τάξη Τμήμα Μάθημα Ημερομηνία

Οδηγία: Στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (1, 2), βάλτε σε κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Ερωτήσεις

1. Σε κάθε σύστημα που βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας:
 - α. ο συνολικός αριθμός mol των αντιδρώντων είναι πάντα ίσος με τον συνολικό αριθμό mol των προϊόντων
 - β. δεν πραγματοποιείται καμία αντίδραση
 - γ. η χημική σύσταση του μείγματος παραμένει αμετάβλητη
 - δ. δεν ισχύει τίποτε από τα παραπάνω.

Μονάδες: 2

2. Η θέση της χημικής ισορροπίας $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$, $\Delta H > 0$, επηρεάζεται μόνο από:
- τις συγκεντρώσεις των N_2 , O_2 και NO , τη θερμοκρασία, την πίεση και τους καταλύτες
 - τις συγκεντρώσεις των N_2 , O_2 και NO , τη θερμοκρασία, και την πίεση
 - τις συγκεντρώσεις των N_2 , O_2 και NO και τη θερμοκρασία
 - τις συγκεντρώσεις των N_2 , O_2 και NO .

Μονάδες: 2

3. Μείγμα N_2 και H_2 θερμαίνεται σε κλειστό δοχείο σε ορισμένη θερμοκρασία, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$, $\Delta H < 0$.

- α) Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία η ισορροπία θα μετατοπιστεί προς
β) Αν αυξήσουμε την πίεση η ισορροπία θα μετατοπιστεί προς
γ) Αν προσθέσουμε NH_3 η ισορροπία θα μετατοπιστεί προς
 - δ) Αν αυξήσουμε τον όγκο του δοχείου η ισορροπία θα μετατοπιστεί προς
- ii) Για να αυξήσουμε την απόδοση της αντίδρασης, πρέπει να:
- τη θερμοκρασία
 - την πίεση
 - τον όγκο του δοχείου
 - αμμωνία.

Μονάδες: 2 + 2 = 4

4. Να αναφέρετε τους παράγοντες χημικής ισορροπίας και να διατυπώσετε την αρχή Le Chatelier.

Μονάδες: 4

.....

.....

.....

.....

.....

Αντικείμενο εξέτασης: χημική ισορροπία

Χρονική διάρκεια: 45 λεπτά (κατά προσέγγιση)

Στοιχεία μαθητή:

Επώνυμο Όνομα

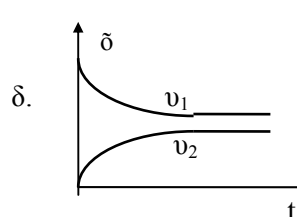
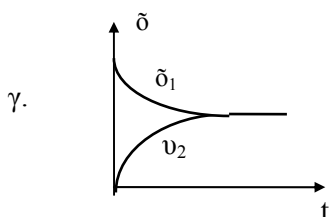
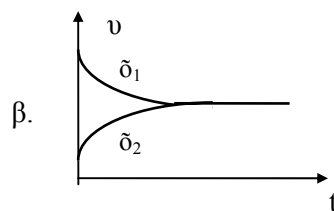
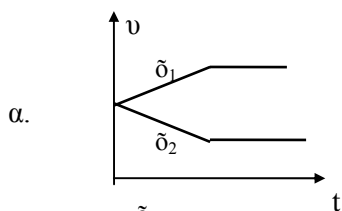
Τάξη Τμήμα Μάθημα Ημερομηνία

ΘΕΜΑ 1ο

Οδηγία: Στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (1-3), βάλτε σε κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

1. Σε κενό δοχείο εισάγονται ορισμένες ποσότητες των αερίων Α και Β, τα οποία αντιδρούν σύμφωνα με την απλή στοιχειομετρική εξίσωση:

$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons \Gamma_{(g)} + \Delta_{(g)}$, στους θ °C. Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα για τις ταχύτητες v_1 της αντίδρασης από αριστερά προς τα δεξιά και v_2 της αντίδρασης από δεξιά προς τα αριστερά είναι σωστό;



Μονάδες: 1

2. Για την ισορροπία: $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ οι σταθερές K_C και K_p ορίζονται από τις σχέσεις:

$$\alpha. K_C = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{C}][\text{CO}_2]}, \quad K_P = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{C}} \cdot P_{\text{CO}_2}}$$

$$\beta. K_C = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]}, \quad K_P = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}}$$

$$\gamma. K_C = \frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}_2]}, \quad K_P = \frac{P_{\text{CO}}}{P_{\text{CO}_2}}$$

$$\delta. K_C = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]}, \quad K_P = \frac{P_{\text{CO}}}{P_{\text{CO}_2}}$$

Μονάδες: 1

3. Σε δοχείο όγκου V περιέχονται N_2 , H_2 και NH_3 σε κατάσταση ισορροπίας σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$, $\Delta H < 0$.

i) Αν αυξήσουμε τον όγκο του δοχείου, διατηρώντας τη θερμοκρασία σταθερή, η συγκέντρωση της NH_3 :

α. θα αυξηθεί

β. θα αυξηθεί μόνο αν ο όγκος του δοχείου γίνει μεγαλύτερος από $2V$

γ. θα ελαττωθεί

δ. δε θα μεταβληθεί

ii) Αν διπλασιάσουμε τη θερμοκρασία T , διατηρώντας τον όγκο του δοχείου σταθερό, η ποσότητα της NH_3 :

α. θα διαπλασιαστεί

γ. δε θα μεταβληθεί

β. θα αυξηθεί

δ. θα ελαττωθεί.

Μονάδες: 1 + 1 = 2

4. Η μεταβολή της πίεσης επηρεάζει εκείνες τις χημικές ισορροπίες στις οποίες συμμετέχουνκαι εφ' όσον η μετατόπιση

της ισορροπίας προς μία κατεύθυνση έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή

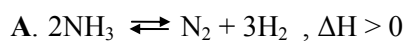
.....

Μονάδες: 2

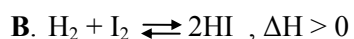
5. Να αντιστοιχήσετε κάθε χημική ισορροπία της στήλης (I) με μία μόνο μεταβολή που περιγράφεται στη στήλη (II), έτσι ώστε αν η μεταβολή αυτή πραγματοποιηθεί στην αντίστοιχη ισορροπία να έχει σαν αποτέλεσμα τη μετατόπισή της προς τα δεξιά.

(I)

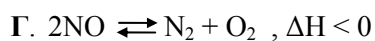
(II)



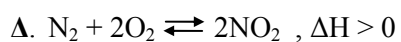
α. αύξηση θερμοκρασίας



β. ελάττωση του όγκου του δοχείου



γ. ελάττωση της θερμοκρασίας



δ. ελάττωση της ολικής πίεσης.

(Όλα τα σώματα που μετέχουν στις παραπάνω αντιδράσεις είναι αέρια).

Για την απάντηση σχηματίστε τους κατάλληλους συνδυασμούς κεφαλαίων (A, B, Γ, Δ) - μικρών (α, β, γ, δ) γραμμάτων.

.....

Μονάδες: 2

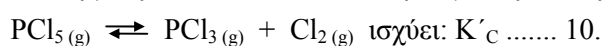
ΘΕΜΑ 2ο

Αν για τη χημική ισορροπία που περιγράφεται από την απλή στοιχειομετρική χημική εξίσωση $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$, $\Delta H > 0$ είναι $K_C = 10$ σε θερμοκρασία θ_1 , ενώ η ολική πίεση του συστήματος είναι P_1 , τότε:

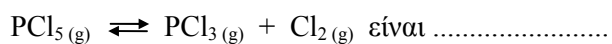
α) σε θερμοκρασία θ_1 και σε πίεση P_1 η σταθερά της χημικής ισορροπίας



β) σε θερμοκρασία $\theta_2 > \theta_1$ και πίεση P_1 για τη σταθερά K'_C της ισορροπίας



γ) σε θερμοκρασία θ_1 και πίεση $P_2 > P_1$ η σταθερά της χημικής ισορροπίας



Εξηγήστε την απάντηση που δώσατε σε καθεμιά περίπτωση.

Μονάδες: 2 + 2 + 2 = 6

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ΘΕΜΑ 3ο

Σε δοχείο όγκου 3L εισάγεται αέριο μείγμα που αποτελείται από 2mol του στοιχείου X_2 και 2mol O_2 . Το μείγμα θερμαίνεται σε ορισμένη θερμοκρασία, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $X_2(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons 2XO_2(g)$. Διαπιστώθηκε ότι μέχρι την αποκατάσταση της ισορροπίας έχει αντιδράσει το 50% της ποσότητας του O_2 και ότι το μείγμα ισορροπίας έχει πυκνότητα 40g/L. Να υπολογιστούν:

- α) ο αριθμός mol καθενός από τα τρία αέρια που περιέχονται στο δοχείο στην ισορροπία.
 - β) η σταθερά K_c της ισορροπίας
 - γ) η σχετική ατομική μάζα του στοιχείου X.
- Δίνεται η σχετική ατομική μάζα του οξυγόνου ίση με 16.

Μονάδες: 2 + 2 + 2 = 6

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....