

ΧΗΜΕΙΑ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ ΧΗΜΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

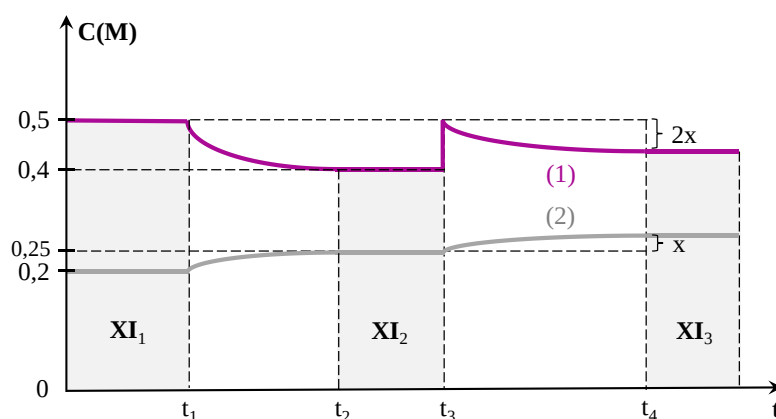
ΘΕΜΑ Α

Να επιλέξετε την σωστή απάντηση στις ερωτήσεις Α1 έως Α4

Α1. Σε δοχείο ορισμένου όγκου σε θερμοκρασία θ_1 °C έχει αποκατασταθεί η χημική ισορροπία:



Το παρακάτω διάγραμμα παριστάνει τις μεταβολές συγκέντρωσης των σωμάτων της αντίδρασης σε συνάρτηση με το χρόνο.



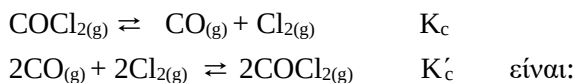
Οι παράγοντες ισορροπίας που μεταβάλλονται τις χρονικές στιγμές t_1 και t_3 είναι:

- α) Τη στιγμή t_1 αυξάνεται η θερμοκρασία και τη στιγμή t_3 αυξάνεται η $[\text{NO}_2]$
- β) Τη στιγμή t_1 αυξάνεται η θερμοκρασία και τη στιγμή t_3 αυξάνεται η $[\text{N}_2\text{O}_4]$
- γ) Τη στιγμή t_1 μειώνεται η θερμοκρασία και τη στιγμή t_3 αυξάνεται η $[\text{N}_2\text{O}_4]$
- δ) Τη στιγμή t_1 μειώνεται η θερμοκρασία και τη στιγμή t_3 αυξάνεται η $[\text{NO}_2]$

Α2. Σε κλειστό δοχείο σταθερής θερμοκρασίας που κλείνει με έμβολο, έχει αποκατασταθεί η ισορροπία: $x\text{A}_{(g)} + \text{B}_{(s)} \rightleftharpoons \Gamma_{(g)} + 2\Delta_{(g)}$. Η ολική πίεση στο δοχείο είναι 8 atm. Υποδιπλασιάζουμε τον όγκο του δοχείου και διαπιστώνουμε ότι τελικά η πίεση στο δοχείο είναι 16 atm. Ο στοιχειομετρικός συντελεστής x της ουσίας Α ισούται με:

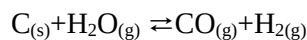
- α) $x = 3$ β) $x = 1$ γ) $x = 2$ δ) $x = 4$

Α3. Η σχέση που συνδέει τις σταθερές ισορροπίας των αντιδράσεων:



- α) $K_c = K'_c$ β) $K_c = (K'_c)^{-1/2}$
γ) $K_c = (K'_c)^2$ δ) $K_c = (K'_c)^{-1}$

- A4.** Σε δοχείο όγκου V_1 βρίσκονται σε XI 2 mol C, 2 mol H_2O , 2 mol CO , 2 mol H_2 .



Σε ένα άλλο δοχείο όγκου $V_2 = 2V_1$ εισάγονται 2 mol C, 2 mol H_2O , 2 mol CO , 2 mol H_2 στην ίδια θερμοκρασία. Το σύστημα στο δεύτερο δοχείο:

- α)** βρίσκεται σε $X.I.$
- β)** για να καταλήξει σε $X.I.$ κινείται προς τ' αριστερά
- γ)** για να καταλήξει σε $X.I.$ κινείται προς τα δεξιά
- δ)** δεν μπορούμε να βγάλουμε συμπέρασμα

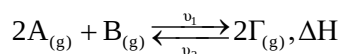
- A5.** Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος.

- α)** Αν η σταθερά K_c της χημικής ισορροπίας $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2\Gamma_{(g)}$, έχει τιμή 100 στους $^\circ C$ και τιμή 4 στους $(\theta + 50)^\circ C$, τότε για την αντίδραση σύνθεσης του Γ ισχύει $\Delta H < 0$.
- β)** Στην κατάσταση χημικής ισορροπίας δεν πραγματοποιείται καμία χημική αντίδραση, γι' αυτό η σύσταση του μίγματος ισορροπίας παραμένει σταθερή.
- γ)** Αν διπλασιάσουμε τον όγκο του δοχείου, στο εσωτερικό του οποίου έχει αποκατασταθεί η χημική ισορροπία $CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$, τότε η συγκέντρωση του CO_2 υποδιπλασιάζεται.
- δ)** 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 ενδόθερμη.
- ε)** Η απόδοση της αντίδρασης $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$ σε καθορισμένη θερμοκρασία, έχει ελάχιστη τιμή όταν το μείγμα N_2 και O_2 που αναμειγνύεται αρχικά είναι ισομοριακό.

Μονάδες 5 x 5 = 25

ΘΕΜΑ Β

- B1.** Σε δοχείο σταθερού όγκου εισάγονται ισομοριακές ποσότητες των αερίων A, B οπότε τη χρονική στιγμή t_1 αποκαθίσταται η ισορροπία:



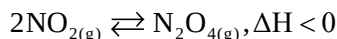
Η απόδοση της αντίδρασης είναι 50%. Τη χρονική στιγμή t_2 αυξάνουμε τη θερμοκρασία οπότε τη στιγμή t_3 αποκαθίσταται νέα ισορροπία και η απόδοση μειώνεται σε 40%.

- i)** Να εξηγήσετε αν η αντίδραση είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη
- ii)** Να εξηγήσετε πως μεταβάλλονται οι ταχύτητες v_1, v_2 των δύο αντίθετων αντιδράσεων στο χρονικό διάστημα t_1 έως t_3 .
- iii)** Να κατασκευάσετε τη γραφική παράσταση της συγκέντρωσης των A, B, Γ σε συνάρτηση με το χρόνο από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την τελική θέση ισορροπίας (t_3).

Μονάδες 2 + 2 + 2 = 6

Γιώργος Μαρινέρης

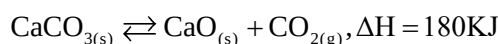
B2. Σε δοχείο όγκου V εισάγεται αέριο NO₂ σε θερμοκρασία θ°C οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:



- i) Ποια σχέση συνδέει το βαθμό μετατροπής του NO₂ με τη σταθερά K_c και την αρχική συγκέντρωση του NO₂.
- ii) Πως θα μεταβληθούν η απόδοση και η ολική πίεση αν γίνουν οι παρακάτω μεταβολές
 - 1) Αύξηση θερμοκρασίας (V σταθερός)
 - 2) Ελάττωση του όγκου του δοχείου (T σταθερή)
 - 3) Προσθήκη ποσότητας NO₂ στο μείγμα χημικής ισορροπίας με V, T σταθερά

Μονάδες 2 + 6 = 8

B3. Σε κλειστό δοχείο εισάγονται 50g CaCO₃ οπότε αποκαθίσταται σε θ°C η ισορροπία:



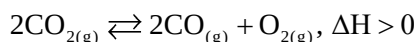
Η συνολική μάζα των στερεών στην κατάσταση ισορροπίας είναι 41,2g.

- i) Να υπολογίσετε το βαθμό διάσπασης του CaCO₃ στους θ°C
- ii) Πώς μεταβάλλονται ο βαθμός διάσπασης του CaCO₃, η ολική πίεση και η συγκέντρωση του CO₂ αν στην κατάσταση ισορροπίας γίνει κάθε φορά μια από τις παρακάτω μεταβολές και το σύστημα οδηγείται σε νέα ΧΙ :
 - 1) Αύξηση θερμοκρασίας
 - 2) Αύξηση του όγκου του δοχείου με T σταθερή
 - 3) Προσθήκη ποσότητας στερεού CaCO₃

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες (Ar): Ca=40, C=12, O=16

Μονάδες 2 + 4,5 = 6,5

B4. Σε ένα δοχείο περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 2 mol CO₂ και ορισμένες ποσότητες CO και O₂ σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Μεταβάλλουμε ένα μόνο από τους παράγοντες ισορροπίας και αποκαθίσταται νέα ισορροπία στην οποία το αέριο μείγμα περιέχει 3 mol CO₂. Ποιες από τις επόμενες μεταβολές μπορεί να έχουν γίνει:

- i) Αύξηση θερμοκρασίας (V σταθερός)
- ii) Αύξηση του όγκου του δοχείου (T σταθερή)
- iii) Προσθήκη ποσότητας CO₂ (V, T σταθερά)
- iv) Προσθήκη μικρής ποσότητας NaOH (V, T σταθερά)
- v) Προσθήκη 0,5 mol O₂ (V, T σταθερά)
- vi) Προσθήκη He (V, T σταθερά)

Μονάδες 6 x 0,75 = 4,5

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Σε κενό δοχείο όγκου 1 L και σε θερμοκρασία $\theta^\circ\text{C}$ εισάγεται ισομοριακό μείγμα των αερίων B και Γ οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία $A_{(g)} + \beta B_{(g)} \rightleftharpoons 2\Gamma_{(g)}$

Στη κατάσταση ισορροπίας οι ποσότητες των αερίων A και Γ είναι ισομοριακές ενώ η σταθερά Kc της ισορροπίας στη θερμοκρασία $\theta^\circ\text{C}$ είναι $0,2\text{M}^{-1}$

i) Να βρεθεί η τιμή του στοιχειομετρικού συντελεστή β.

ii) Ποια η σύσταση σε mol του μείγματος ισορροπίας

Γ2. Σε κενό δοχείο όγκου 2 L σε θερμοκρασία $\theta^\circ\text{C}$ εισάγονται ποσότητες των αερίων A και B οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία: $A_{(g)} + \beta B_{(g)} \rightleftharpoons 2\Gamma_{(g)}$

Μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας οι ποσότητες των αερίων A, B, Γ είναι ισομοριακές.

i) Να υπολογίσετε τις αρχικές ποσότητες των A, B και την απόδοση της αντίδρασης.

ii) Μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας μειώνουμε ταυτόχρονα τον όγκο του δοχείου και αυξάνουμε τη θερμοκρασία, οπότε παρατηρούμε ότι δεν μεταβάλλεται η σύσταση του μείγματος ισορροπίας. Να εξετάσετε αν η αντίδραση προς τα δεξιά είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη.

Μονάδες 13 + 12 = 25

ΘΕΜΑ Δ

Σε δοχείο όγκου V1 εισάγονται 3 mol C και 6 mol CO_2 και θερμαίνονται σε θερμοκρασία $\theta_1^\circ\text{C}$ οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία $C_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{2(g)}$

Το αέριο μείγμα ισορροπίας (XI_1) περιέχει 50% v/v CO_2

Δ1. Να υπολογίσετε τη σύσταση σε mol του μείγματος ισορροπίας και την απόδοση της αντίδρασης

Δ2. Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία, προσθέτουμε στο μείγμα ισορροπίας 4 mol C και ταυτόχρονα μεταβάλλουμε τον όγκο του δοχείου σε V2. Στη νέα θέση ισορροπίας που αποκαθίσταται (XI_2) η ποσότητα του CO είναι 8 mol.

i) Να εξηγήσετε πως μεταβλήθηκε ο όγκος του δοχείου

ii) Να υπολογίσετε τη νέα συνολική απόδοση της αντίδρασης

iii) Να υπολογίσετε τον λόγο των όγκων του δοχείου $\frac{V_1}{V_2}$ στις δύο θέσεις ισορροπίας

Δ3. Το μείγμα της αρχικής χημικής ισορροπίας (XI_1) θερμαίνεται σε θερμοκρασία $\theta_2^\circ\text{C} > \theta_1^\circ\text{C}$ με σταθερό τον όγκο του δοχείου. Στη νέα ισορροπία που αποκαθίσταται (XI_3) έχουμε συνολικά 8,25 mol αερίων.

i) Να εξετάσετε αν η αντίδραση προς τα δεξιά είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη.

ii) Να υπολογίσετε τη νέα απόδοση της αντίδρασης από την αρχική κατάσταση μέχρι την τελική θέση ισορροπίας.

Μονάδες 8 + 9 + 8 = 25

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

ΘΕΜΑ Α

A1: δ

A2: α

A3: β

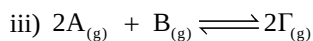
A4: γ

A5: Σωστές είναι οι α, γ, δ, ε.

ΘΕΜΑ Β

B1. i) Με την αύξηση της θερμοκρασίας μειώνεται η απόδοση της αντίδρασης. Το θεωρητικό ποσό του Γ δεν μεταβάλλεται αφού δεν μεταβλήθηκαν οι συνολικές ποσότητες των αντιδρώντων Α και Β. Επομένως μειώνεται το πρακτικό ποσό του Γ οπότε η ισορροπία μετατοπίζεται αριστερά. Επομένως η σύνθεση του Γ είναι εξώθερμη αντίδραση.

ii) Με την αύξηση της θερμοκρασίας οι ταχύτητες αυξάνουν αλλά ισχύει $v_2' > v_1'$ οπότε η ισορροπία μετατοπίζεται αριστερά. Στη νέα ισορροπία τη στιγμή t_3 ισχύει: $v_2'' = v_1''$.

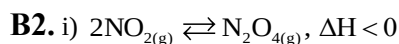


c	c	–	
-0,5c	-0,25c	0,5c	
0,5c	0,75c	0,5c	t_1
–	$\theta \uparrow$	–	t_2
2x	x	-2x	
0,5c+2x	0,75c+x	0,5c-2x	t_3

$$\text{Όμως } \alpha = \frac{\text{πρακτικό ποσό } \Gamma}{\text{θεωρητικό ποσό } \Gamma} \text{ ή } 0,4 = \frac{0,5c - 2x}{c}$$

Προκύπτει $x = 0,05c$ οπότε τη χρονική στιγμή t_3 οι συγκεντρώσεις των αερίων Α, Β, Γ είναι:

$$[A] = 0,6c \quad [B] = 0,8c \quad [\Gamma] = 0,4c$$



$$c - \alpha c \quad \frac{\alpha c}{2}$$

$$\text{Προκύπτει } K_c = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2 c} \quad (1).$$

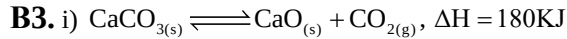
ii) 1) Με αύξηση της θερμοκρασίας η ισορροπία μετατοπίζεται αριστερά οπότε μειώνεται η απόδοση, αφού το πρακτικό ποσό του N_2O_4 μειώνεται ενώ το θεωρητικό του ποσό παραμένει σταθερό.

2) Ελαττώνοντας τον όγκο του δοχείου η ισορροπία μετατοπίζεται δεξιά οπότε αυξάνει το πρακτικό ποσό του N_2O_4 ενώ το θεωρητικό παραμένει σταθερό. Έτσι αυξάνει η απόδοση της αντίδρασης.

Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και από τη σχέση (1) αφού με ελάττωση του όγκου αυξάνει η συγκέντρωση c οπότε πρέπει να αυξηθεί ο βαθμός α , ώστε η τιμή του κλάσματος να παραμείνει σταθερή και ίση με τη K_c .

3) Με προσθήκη ποσότητας NO_2 στο μίγμα ισορροπίας έχουμε μετατόπιση της ισορροπίας δεξιά. Έτσι αυξάνει το πρακτικό ποσό του N_2O_4 με ταυτόχρονη όμως αύξηση και του θεωρητικού του ποσού. Επομένως από τη σχέση (1) προκύπτει ότι ο βαθμός α πρέπει να αυξηθεί αφού με την προσθήκη ποσότητας NO_2 στην ισορροπία αυξάνει η συνολική συγκέντρωση του NO_2 που χρησιμοποιούμε.

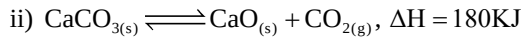
Σε όλες τις περιπτώσεις έχουμε αύξηση της ολικής πίεσης



(0,5-x)mol xmol xmol

Ισχύει: $(0,5-x)100 + x \cdot 56 = 41,2$ ή $x = 0,2$

Επομένως ο βαθμός διάσπασης του CaCO_3 είναι $\alpha = 0,4$.



1) Με αύξηση της θερμοκρασίας η ισορροπία μετατοπίζεται δεξιά. Έτσι ο βαθμός α , η ολική πίεση και η $[\text{CO}_2]$ αυξάνουν.

2) Με αύξηση V η ισορροπία μετατοπίζεται δεξιά.

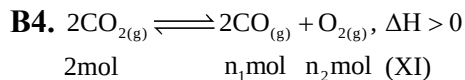
Επομένως ο βαθμός διάσπασης αυξάνει αφού αυξάνει το πρακτικό ποσό του CO_2 ενώ δεν μεταβάλλεται το θεωρητικό ποσό.

Ισχύει $K_c = [\text{CO}_2]$ και αφού η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, η σταθερά K_c δεν αλλάζει οπότε ισχύει: $[\text{CO}_2] = \text{σταθερή}$.

$$P_{\text{ολ}} \cdot V = n_{\text{CO}_2} RT \quad \text{ή} \quad P_{\text{ολ}} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{V} RT = [\text{CO}_2] RT$$

Επομένως και η ολική πίεση δεν μεταβάλλεται.

3) Η ολική πίεση και η $[\text{CO}_2]$ παραμένουν σταθερές. Ο βαθμός διάσπασης του CaCO_3 μειώνεται διότι ενώ το πρακτικό ποσό του CO_2 παραμένει σταθερό αυξάνει το θεωρητικό του ποσό.



i) Αύξηση θερμοκρασίας: Δεξιά η XI οπότε στη νέα XI έχουμε $n_{\text{CO}_2} < 2\text{mol}$.

ii) Αύξηση όγκου: Δεξιά η XI άρα πάλι ελαττώνονται τα mol του CO_2

iii) Με προσθήκη CO_2 είναι δυνατόν στη νέα ισορροπία να έχουμε 3 mol CO_2 εφόσον τη στιγμή της προσθήκης τα mol CO_2 είναι περισσότερα από 3.

iv) Το NaOH δεσμεύει ποσότητα CO_2 οπότε η ισορροπία μετατοπίζεται αριστερά. Το σύστημα τείνει να αναιρέσει τη μεταβολή οπότε στη νέα ισορροπία θα έχουμε λιγότερο από 2mol CO_2 .

v) Με προσθήκη 0,5mol O_2 η ισορροπία μετατοπίζεται αριστερά. Έτσι αυξάνονται τα mol του CO_2 . Όμως για να γίνουν 3mol πρέπει να αντιδράσει όλο το O_2 που προσθέτουμε το οποίο δεν συμβαίνει αφού το σύστημα τείνει να αναιρέσει τη μεταβολή.

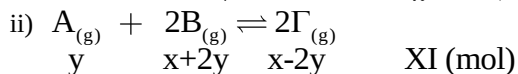
vi) Δεν επηρεάζεται η XI απλά αυξάνει η ολική πίεση.

ΘΕΜΑ Γ



Ισχύει: $K_c = \frac{[\Gamma]^2}{[A][B]^\beta}$ Επομένως οι μονάδες της K_c της παραπάνω αμφίδρομης αντίδρασης

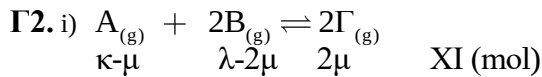
είναι: $M^{2-(1+\beta)}$. Αφού $K_c = 0,2M^{-1}$ ισχύει: $2-(1+\beta)=-1$ ή $\beta=2$



Επομένως ισχύει: $x-2y=y$ ή $x=3y$

Από $K_c=0,2$ προκύπτει τελικά $y=0,2$ και $x=0,6$

Το μείγμα ισορροπίας περιέχει $0,2\text{mol A}$, 1mol B και $0,2\text{mol Γ}$.



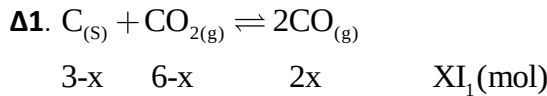
Έτσι $\kappa-\mu=2\mu$ ή $\kappa=3\mu$ και $\lambda-2\mu=2\mu$ ή $\lambda=4\mu$

$$\alpha = \frac{2\mu}{4\mu} = 0,5 \text{ ή } 50\%$$

Από $K_c=0,2$ προκύπτει $\mu=5$ οπότε $\kappa=15$ και $\lambda=20$.

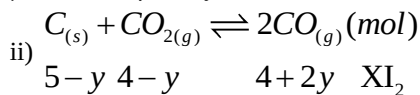
ii) Το σύστημα παραμένει σε ισορροπία. Η μείωση του όγκου μετατοπίζει δεξιά την ισορροπία οπότε η αύξηση θερμοκρασίας τη μετατοπίζει αριστερά. Έτσι η αντίδραση προς τα δεξιά είναι εξώθερμη.

ΘΕΜΑ Δ



$6-x=2x$ ή $x=2$. Επομένως το μείγμα ισορροπίας περιέχει: 1mol C , 4mol CO_2 και 4mol CO . Η απόδοση είναι $\frac{2}{3}$ ή $66,7\%$

Δ2. i) Η προσθήκη ποσότητας στερεού C δεν επηρεάζει τη θέση ισορροπίας. Αφού η ποσότητα του CO στη νέα θέση ισορροπίας είναι μεγαλύτερη αυξήθηκε ο όγκος και η ισορροπία μετατοπίστηκε δεξιά.



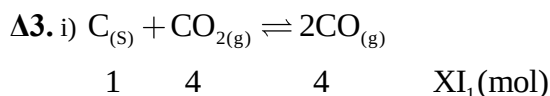
$$4+2y=8 \text{ οπότε } y=2. \text{ Έτσι } \alpha_2 = \frac{4+2y}{12} = \frac{2}{3} \text{ ή } 66,7\%$$

Το θεωρητικό ποσό CO υπολογίζεται τώρα με βάση το CO_2 αφού οι «αρχικές» ποσότητες μετά την προσθήκη των 4mol C είναι $(4+3)=7\text{mol C}$ και 6mol CO_2

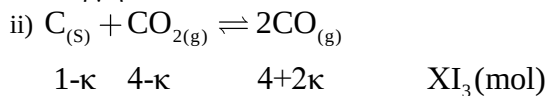
iii) Για τις δύο θέσεις ισορροπίας έχουμε:

$$\text{XI}_1: K_c = \frac{4}{V_1} \quad \text{και} \quad \text{XI}_2: K_c = \frac{32}{V_2}$$

$$\text{Επομένως προκύπτει } \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{8}$$



Δηλαδή στη XI_1 έχουμε 8mol αερίων ενώ στη XI_3 έχουμε $8,25\text{mol}$ αερίων. Έτσι με αύξηση της θερμοκρασίας η ισορροπία μετατοπίζεται δεξιά. Επομένως η αντίδραση προς τα δεξιά είναι ενδόθερμη.



Έτσι $8+\kappa=8,25$ ή $\kappa=0,25$

$$\text{Επομένως } \alpha_3 = \frac{4+2\kappa}{6} = 0,75 \text{ ή } 75\%$$