

Έννοια της χημικής ισορροπίας – απόδοση αντίδρασης

1. Σε δοχείο προσθέτουμε ποσότητες από τα σώματα Α και Β, οπότε σχηματίζεται το προϊόν Γ. Μετά το τέλος της αντίδρασης στο δοχείο περιέχονται:

- α) μόνο το σώμα Γ,
- β) τα σώματα Α και Γ,
- γ) τα σώματα Α, Β και Γ.

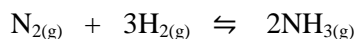
Τι συμπέρασμα προκύπτει για την αντίδραση σε κάθε περίπτωση;

2. Για την αντίδραση: $A + B \rightleftharpoons \Gamma + \Delta$

ο βαθμός μετατροπής του Α είναι 0,4 και ο βαθμός μετατροπής του Β είναι 0,6.

- α) Ποιο από τα δυο σώματα είναι σε περίσσεια;
- β) Ποια είναι η απόδοση της αντίδρασης;

3. Σε δοχείο αναμιγνύονται 5 mol N_2 και 15 mol H_2 , οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:

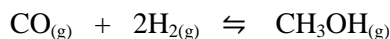


Αν το μίγμα ισορροπίας περιέχει 18 mol αερίων, να υπολογιστούν:

- α) ο βαθμός μετατροπής του N_2 και του H_2 ,
- β) η απόδοση της αντίδρασης.

(απ.: $\alpha_{N_2}=0,2$, $\alpha_{H_2}=0,2$, $\alpha=0,2$)

4. Σε κενό δοχείο εισάγεται αέριο μίγμα CO και H_2 , που περιέχει τα συστατικά του με αναλογία mol 1:3 αντίστοιχα. Σε κατάλληλες συνθήκες πραγματοποιείται η αντίδραση:

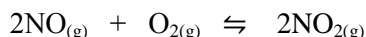


Η ποσότητα της μεθανόλης που σχηματίστηκε είναι 3 mol, ενώ η απόδοση της αντίδρασης είναι 75%. Να υπολογιστεί η μάζα του αρχικού μίγματος CO και H_2 .

Δίνονται: $A_{r(C)} = 12$, $A_{r(O)} = 16$, $A_{r(H)} = 1$.

(απ.: 136 g)

5. 5 mol NO και 2 mol O_2 φέρονται σε αντίδραση που περιγράφεται από την εξίσωση:



Αν η απόδοση μετατροπής του NO σε NO_2 είναι 40%, ποια είναι η αντίστοιχη απόδοση για το O_2 και ποια η απόδοση της αντίδρασης;

(απ.: $\alpha_{O_2}=0,5$, $\alpha=0,5$)

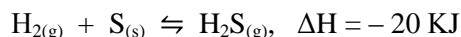
6. Ισομοριακές ποσότητες N_2 και H_2 εισάγονται σε δοχείο, όπου αντιδρούν μερικώς προς παραγωγή αμμωνίας. Αν στην κατάσταση ισορροπίας βρίσκονται 4 mol H_2 και 4 mol NH_3 , να υπολογιστούν:

- α) τα mol του αζώτου που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά,
- β) τα mol του αζώτου στην ισορροπία,
- γ) ο βαθμός μετατροπής του N_2 σε NH_3 ,
- δ) η απόδοση της αντίδρασης.

(απ.: $\alpha_{N_2}=0,2$, $\alpha=0,6$)

Παράγοντες που επηρεάζουν τη θέση της χημικής ισορροπίας

7. Θεωρούμε ότι ικανοποιείται η ισορροπία:



Πως θα μετατοπιστεί η ισορροπία όταν:

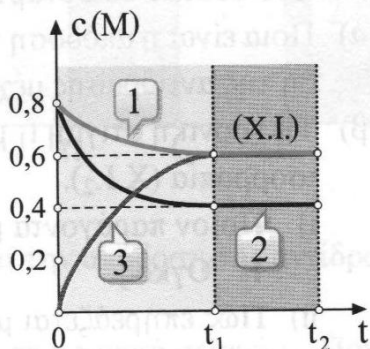
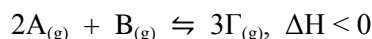
- Προστεθεί στο δοχείο νέα ποσότητα H_2 .
- Αφαιρεθεί από το δοχείο μέρος του περιεχόμενου θείου.
- Προκληθεί μείωση του όγκου του δοχείου.
- Προστεθεί μικρή ποσότητα διαλύματος KOH .
- Θερμανθεί το μίγμα ισορροπίας.

8. Σε δοχείο έχει αποκατασταθεί η ισορροπία: $\text{N}_{2(\text{g})} + 3\text{H}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(\text{g})} + \text{Q}$

Πως θα μετατοπιστεί η ισορροπία, αν γίνουν οι παρακάτω μεταβολές;

- Υγροποίηση ενός μέρους της NH_3 .
- Προσθήκη ατμοσφαιρικού αέρα.
- Ελάττωση του όγκου του δοχείου και ταυτόχρονα ελάττωση της θερμοκρασίας.
- Προσθήκη μικρής ποσότητας H_2SO_4 .
- Αφαίρεση H_2 και ταυτόχρονα αύξηση της θερμοκρασίας.
- Αύξηση του όγκου του δοχείου και της θερμοκρασίας ταυτόχρονα.

9. Σε δοχείο σταθερού όγκου εισάγονται ποσότητες αερίων A και B, οπότε αποκαθίσταται η χημική ισορροπία:



Το διάγραμμα παριστάνει τις συγκεντρώσεις των ουσιών σε συνάρτηση με τον χρόνο.

α. Να εξηγήσετε σε ποια ουσία αντιστοιχεί η κάθε καμπύλη.

β. Να υπολογίσετε την απόδοση της αντίδρασης.

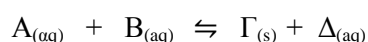
γ. Τη χρονική στιγμή t_2 ελαττώνεται η θερμοκρασία.

i. Να εξηγήσετε πως μεταβάλλονται η απόδοση της αντίδρασης και η ολική πίεση στο δοχείο.

ii. Να σχεδιάσετε τις καμπύλες αντίδρασης των ουσιών A, B και Γ μετά τη χρονική στιγμή t_2 .

Σταθερά χημικής ισορροπίας

10. Αναμιγνύουμε 300 mL υδατικού διαλύματος (Y_1) ουσίας A συγκέντρωσης 0,8 M με 300 mL υδατικού διαλύματος (Y_2) ουσίας B συγκέντρωσης 0,6 M. Στο διάλυμα Y_3 που προκύπτει αποκαθίσταται η ισορροπία:

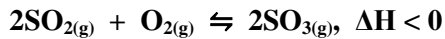


για την οποία είναι $K_c = 10 \text{ (L mol}^{-1}\text{)}$, στη θερμοκρασία του πειράματος. Να υπολογίσετε:

- τις συγκεντρώσεις των διαλυμένων ουσιών στην κατάσταση ισορροπίας και την απόδοση της αντίδρασης
- τον αριθμό moles του στερεού Γ.

[απ.: (α) $[\text{A}]=0,2\text{M}$, $[\text{B}]=0,1\text{M}$, $\alpha=0,67$ (β) $n_r=0,12 \text{ mol}$]

11. Σε ένα δοχείο, σε θερμοκρασία θ °C, έχει αποκατασταθεί η χημική ισορροπία:

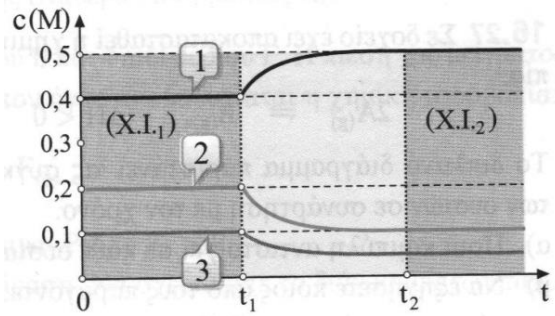


Τη χρονική στιγμή t_1 μεταβάλλεται ένας από τους παράγοντες της χημικής ισορροπίας, με αποτέλεσμα να μεταβάλλονται οι συγκεντρώσεις των ουσιών σύμφωνα με το διπλανό διάγραμμα.

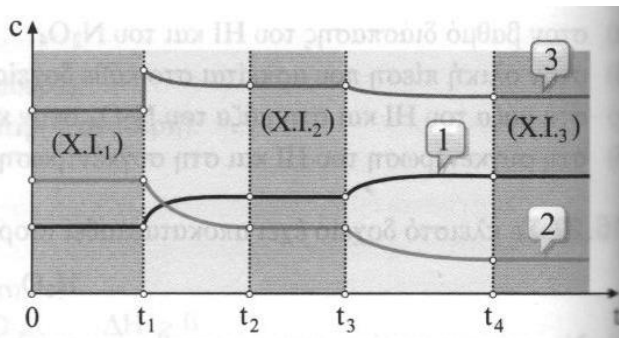
α. Να εξηγήσετε ποια καμπύλη αντιστοιχεί σε κάθε ουσία.

β. Να υπολογίσετε την τιμή της σταθεράς ισορροπίας K_c σε θερμοκρασία θ °C.

γ. Να εξηγήσετε ποιος παράγοντας της χημικής ισορροπίας μεταβλήθηκε τη χρονική στιγμή t_1 . Ποια επίδραση είχε η μεταβολή αυτή στην τιμή της σταθεράς K_c ;



12. Σε δοχείο έχει αποκατασταθεί η χημική ισορροπία: $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}, \Delta H < 0$



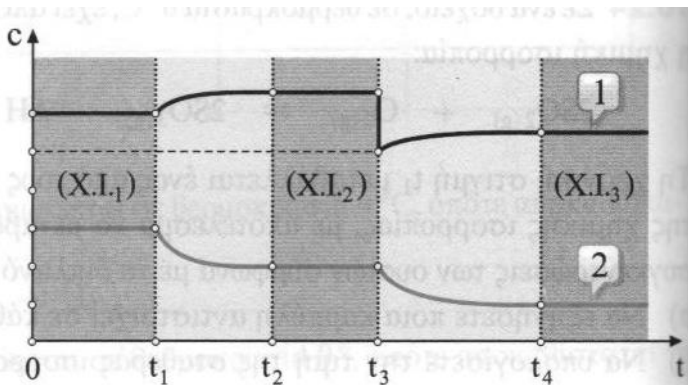
Το διπλανό διάγραμμα παριστάνει τις συγκεντρώσεις των ουσιών σε συνάρτηση με το χρόνο.

α. Να εξηγήσετε ποια καμπύλη αντιστοιχεί στην κάθε ουσία.

β. Ποιοι από τους παράγοντες της χημικής ισορροπίας μεταβάλλονται τις χρονικές στιγμές t_1 και t_3 ;

γ. Να συγκρίνετε την τιμή της σταθεράς ισορροπίας K_c στις τρεις θέσεις ισορροπίας.

13. Σε δοχείο έχει αποκατασταθεί η χημική ισορροπία: $2\text{A}_{(g)} \rightleftharpoons \text{B}_{(g)}, \Delta H < 0$



Το διάγραμμα παριστάνει τις συγκεντρώσεις των ουσιών σε συνάρτηση με το χρόνο.

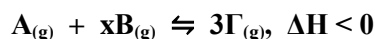
α. Ποια καμπύλη αντιστοιχεί σε κάθε ουσία;

β. Να εξηγήσετε ποιος από τους παράγοντες της χημικής ισορροπίας μεταβλήθηκε και με ποιον τρόπο τη χρονική στιγμή t_1 .

γ. Να εξηγήσετε ποιος από τους παράγοντες της χημικής ισορροπίας μεταβλήθηκε τη χρονική στιγμή t_3 .

δ. Ποια από τις μεταβολές στη χημική ισορροπία τις χρονικές στιγμές t_1 και t_3 επηρεάζει την τιμή της σταθεράς ισορροπίας K_c και με ποιον τρόπο;

14. Σε δοχείο σταθερού όγκου εισάγονται ορισμένες ποσότητες ουσιών, οπότε σε θερμοκρασία θ_1 °C αποκαθίσταται η χημική ισορροπία:



Το διάγραμμα παριστάνει τις συγκεντρώσεις των ουσιών σε συνάρτηση με το χρόνο.

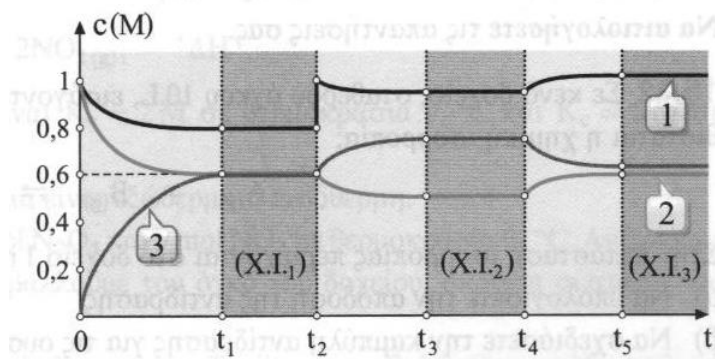
α. Να εξηγήσετε ποια καμπύλη αντιστοιχεί στην κάθε ουσία και να προσδιορίσετε τον στοιχειομετρικό συντελεστή x στη χημική εξίσωση της αντίδρασης.

β. Να υπολογίσετε την τιμή της σταθεράς ισορροπίας K_c σε θερμοκρασία θ_1 °C και την απόδοση της αντίδρασης μέχρι την αρχική θέση ισορροπίας (X_{I_1}).

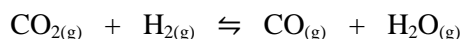
γ. Να εξηγήσετε ποιος από τους παράγοντες της χημικής ισορροπίας μεταβλήθηκε τη χρονική στιγμή t_2 . Ποια επίδραση είχε η μεταβολή αυτή στην απόδοση της αντίδρασης;

δ. Τη χρονική στιγμή t_4 μεταβλήθηκε ένας από τους παράγοντες της χημικής ισορροπίας.

- Ποιος παράγοντας μεταβλήθηκε και με ποιον τρόπο;
- Να εξετάσετε αν η μεταβολή αυτή επηρεάζει την τιμή της K_c .



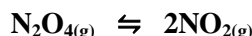
15. Σε δοχείο όγκου 2 L βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας 1 mol CO_2 , 1 mol H_2 , 2 mol CO και 2 mol H_2O , σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



- α)** Πόσα mol H_2 πρέπει να προσθέσουμε στο μίγμα ισορροπίας, ώστε η συγκέντρωση του CO να γίνει 1,2 M;
β) Πόσα mol υδρατμών πρέπει να αφαιρέσουμε από το δοχείο, ώστε η συγκέντρωση του CO να γίνει 1,1 M;
 Η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

[απ.: (α) 1,8 mol H_2 , (β) 1,04 mol H_2O]

16. Σε δοχείο όγκου 4 L βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας 2 mol N_2O_4 και 4 mol NO_2 , σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



- α)** Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία και τον όγκο, προσθέτουμε στο δοχείο 3 mol He. Ποια μεταβολή θα παρουσιάσει η σύσταση του μίγματος ισορροπίας και ποια η ολική πίεση στο δοχείο;
β) Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία και την πίεση, προσθέτουμε στο δοχείο He, οπότε στη νέα θέση ισορροπίας που αποκαθίσταται το NO_2 είναι 6 mol. Να υπολογιστεί ο τελικός όγκος του δοχείου και η ποσότητα του He που προσθέσαμε.

[απ.: (α) η P αυξάνει κατά 50%, (β) προσθήκη 20 mol He]

17. Σε δοχείο σταθερού όγκου 10 L και σε θερμοκρασία 227 °C περιέχονται σε κατάσταση ισορροπίας 2 mol SO_3 , 1 mol SO_2 και 1,5 mol O_2 , σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:

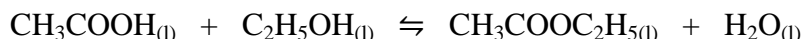


Θερμαίνουμε το αέριο μίγμα στους 527 °C, στη νέα ισορροπία που αποκαθίσταται, η ολική πίεση στο δοχείο είναι 32,8 atm.

- α)** Ποια είναι η τιμή της K_c στους 227 °C;
β) Να εξηγήσετε αν η αντίδραση: $2\text{SO}_{3(g)} \rightarrow 2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$ είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη.
γ) Ποια είναι η τιμή της K_c στους 527 °C;
 Δίνεται $R = 0,082 \text{ atm L/mol grad}$.

[απ.: (α) $K_c = 0,0375$, (γ) $K_c = 0,8$]

18. Για την αντίδραση εστεροποίησης:

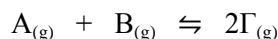


η σταθερά ισορροπίας K_c είναι 4, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία. Σε δοχείο αναμιγνύονται 0,3 mol CH_3COOH και 0,3 mol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ και αποκαθίσταται ισορροπία.

- α) Ποια είναι η απόδοση της αντίδρασης;
 β) Από το μίγμα ισορροπίας, με τη βοήθεια αφυδατικού, αφαιρούμε το 90% της ποσότητας του H_2O . Ποια θα είναι η ποσότητα του εστέρα όταν αποκατασταθεί νέα χημική ισορροπία;
 γ) Ποια είναι η τελική απόδοση της αντίδρασης;

[απ.: (α) $a = 2/3$, (β) 0,24 mol εστέρα, (γ) $a' = 0,8$]

19. Σε κενό δοχείο εισάγονται 4 mol σώματος Α και 4 mol σώματος Β και το σύστημα θερμαίνεται στους 200 °C, οπότε αποκαθίσταται η ισορροπία:

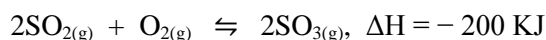


Στην κατάσταση ισορροπίας περιέχονται στο δοχείο 4 mol Γ.

- α) Να υπολογιστεί η σταθερά K_c της αντίδρασης στους 200 °C.
 β) Το σύστημα θερμαίνεται στους 500 °C, όπου η σταθερά ισορροπίας της αντίδρασης είναι $K_c' = 9$. Να υπολογιστεί η σύσταση του μίγματος στην τελική κατάσταση ισορροπίας.
 γ) Εξηγήστε αν η αντίδραση είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη.

[απ.: (α) $K_c = 4$, (β) 1,6 - 1,6 - 4,8 mol]

20. Σε κενό δοχείο σταθερού όγκου 10 L εισάγεται αέριο μείγμα που περιέχει 6 mol SO_2 και 4 mol O_2 . Διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία στους θ °C, αποκαθίσταται η ισορροπία:



Η ολική πίεση του μίγματος ισορροπίας είναι κατά 20% μικρότερη από την πίεση στην αρχική κατάσταση. Να υπολογίσετε:

- α) την απόδοση της αντίδρασης,
 β) την τιμή της σταθεράς K_c στους θ °C,
 γ) το ποσό θερμότητας που εκλύεται από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι να αποκατασταθεί ισορροπία,
 δ) το ποσό θερμότητας το οποίο ανταλλάσσεται με το περιβάλλον στην κατάσταση ισορροπίας.

[απ.: (α) $a=0,667$ (β) $K_c=20$, (γ) εκλύονται 400 kJ]

21. Σε δοχείο σταθερού όγκου 10 L εισάγονται ορισμένες ποσότητες N_2 και H_2 και θερμαίνονται σε σταθερή θερμοκρασία θ °C, οπότε μετά την πάροδο 10 min από την έναρξη της αντίδρασης αποκαθίσταται η ισορροπία:

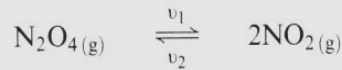
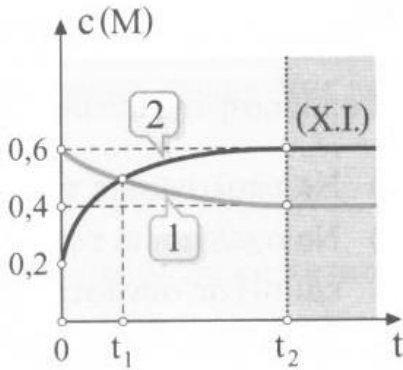


Το μείγμα ισορροπίας περιέχει ισομοριακές ποσότητες από τα τρία αέρια. Η σταθερά ισορροπίας K_c στη θερμοκρασία του πειράματος έχει τιμή $K_c = 4$. Να υπολογίσετε:

- α) την απόδοση της αντίδρασης,
 β) τις αρχικές ποσότητες (σε mol) του N_2 και του H_2 που εισάγονται στο δοχείο,
 γ) την % μεταβολή της πίεσης στο δοχείο από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας,
 δ) τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης και το ποσό θερμότητας που εκλύεται από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι να αποκατασταθεί ισορροπία.

[απ.: (α) $a=0,6$ (β) 7,5 mol N_2 και 12,5 mol H_2 , (γ) 25% ελάττωση (δ) $u=0,025 \text{ M min}^{-1}$ και 225 kJ]

22. Σε δοχείο σταθερού όγκου εισάγονται ορισμένες ποσότητες N_2O_4 και NO_2 και θερμαίνονται σε θερμοκρασία θ °C, οπότε αποκαθίσταται η χημική ισορροπία:



Το διπλανό διάγραμμα παριστάνει τις συγκεντρώσεις των δυο ουσιών σε συνάρτηση με τον χρόνο.

α) Να υπολογίσετε την τιμή της σταθεράς ισορροπίας K_c σε θερμοκρασία θ °C.

β) Να υπολογίσετε την % μεταβολή της πίεσης από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι να αποκατασταθεί χημική ισορροπία.

γ) Να σχεδιάσετε το διάγραμμα των ταχυτήτων v_1 και v_2 σε συνάρτηση

με τον χρόνο.

δ) Ποια από τις επόμενες σχέσεις ισχύει για τις ταχύτητες v_1 και v_2 τη χρονική στιγμή t_1 ;

- i) $v_1 = v_2$ ii) $v_1 > v_2$ iii) $v_1 < v_2$

Να υπολογίσετε τη συκέντρωση του N_2O_4 τη χρονική στιγμή t_1 .

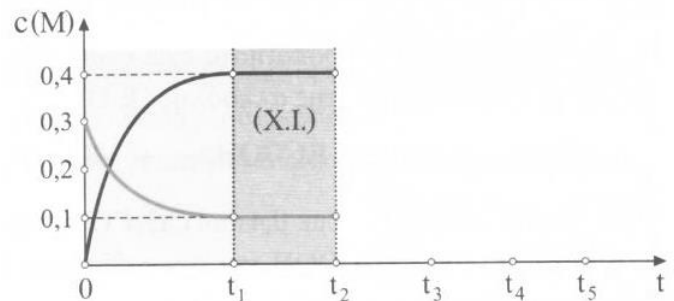
(απ.: (α) $K_c = 0,9$, (β) αύξηση 25%, (δ) $[N_2O_4] = 0,47$ M)

23. Σε δοχείο όγκου V εισάγονται ισομοριακές ποσότητες H_2 και I_2 , οπότε σε θερμοκρασία θ_1 °C αποκαθίσταται η χημική ισορροπία: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$, $\Delta H > 0$

Το διπλανό διάγραμμα παριστάνει τις συγκεντρώσεις των ουσιών από την έναρξη της αντίδρασης μέχρι να αποκατασταθεί χημική ισορροπία (t_1).

α) Να υπολογίσετε την απόδοση της αντίδρασης και την τιμή της σταθεράς ισορροπίας K_c σε θερμοκρασία θ_1 °C.

β) Τη χρονική στιγμή t_2 διπλασιάζουμε τον όγκο του δοχείου διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία, οπότε αποκαθίσταται νέα χημική ισορροπία (t_3). Να υπολογίσετε τις συγκεντρώσεις των ουσιών στη νέα θέση ισορροπίας και να σχεδιάσετε τις καμπύλες αντίδρασης.



γ) Τη χρονική στιγμή t_4 μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία, οπότε τη χρονική στιγμή t_5 αποκαθίσταται νέα χημική ισορροπία για την οποία η σταθερά ισορροπίας είναι $K_c' = 4$.

- Να εξηγήσετε αν η θερμοκρασία αυξήθηκε ή ελαττώθηκε.
- Να υπολογίσετε τις συγκεντρώσεις των ουσιών στη νέα θέση ισορροπίας και να σχεδιάσετε τις καμπύλες αντίδρασης.

(απ.: (α) $K_c = 16$, (β) $[HI]' = 0,2$ M, (γ) $[HI]'' = 0,15$ M)