

STERPIS CHEMISTRY ACADEMY - PREMIUM ΕΠΙΠΕΔΟ

SC-KIN-012 - Νόμος ταχύτητας, μηχανισμός και θερμότητα

Πρωτότυπη άσκηση Χημικής Κινητικής Γ' Λυκείου - Academy Edition 3.0

ΚΕΦΑΛΑΙΟΤαχύτητα
αντίδρασης**ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ**Πειραματικά
δεδομένα -
μηχανισμός**ΔΥΣΚΟΛΙΑ** 8,3 / 10**ΧΡΟΝΟΣ**

28 λεπτά

Διδακτικός στόχος

✓ Να προσδιορίζεις νόμο ταχύτητας από πειραματικά δεδομένα.

✓ Να υπολογίζεις τη σταθερά k και τις μονάδες της.

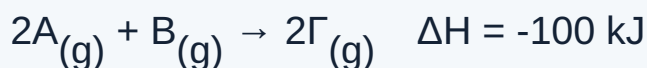
✓ Να προτείνεις μηχανισμό δύο σταδίων συμβατό με τον νόμο ταχύτητας.

✓ Να συνδέεις μέση ταχύτητα, στοιχειομετρία και ποσότητα θερμότητας.

✓ Να υπολογίζεις στιγμιαία ταχύτητα μετά την εξέλιξη της αντίδρασης.

Εκφώνηση

Για τη χημική αντίδραση:



σε σταθερή θερμοκρασία πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα πειράματα αρχικών ταχυτήτων:

Πείραμα	[A] (M)	[B] (M)	v_0 (mol·L ⁻¹ ·s ⁻¹)
1	0,10	0,20	$4,0 \cdot 10^{-4}$
2	0,20	0,20	$8,0 \cdot 10^{-4}$
3	0,20	0,10	$4,0 \cdot 10^{-4}$

1. Να προσδιορίσετε:

- τον νόμο ταχύτητας της αντίδρασης,
- την τιμή και τις μονάδες της σταθεράς k.

2. Να προτείνετε έναν πιθανό μηχανισμό δύο σταδίων, στον οποίο:

- το πρώτο στάδιο είναι αργό,
- το δεύτερο στάδιο είναι γρήγορο,
- το άθροισμα των σταδίων δίνει την ολική αντίδραση.

Να συγκρίνετε τις ενέργειες ενεργοποίησης των δύο σταδίων.

3. Σε δοχείο σταθερού όγκου 2 L εισάγονται 1,20 mol A και 0,60 mol B. Κατά τα πρώτα 40 s η μέση ταχύτητα της αντίδρασης είναι $2,5 \cdot 10^{-3}$ mol·L⁻¹·s⁻¹. Να υπολογίσετε:

- τα mol κάθε ουσίας τη χρονική στιγμή t=40 s,
- τη στιγμιαία ταχύτητα της αντίδρασης στη χρονική στιγμή t=40 s,
- τον μέσο ρυθμό σχηματισμού του Γ στο χρονικό διάστημα 0-40 s,
- το ποσό θερμότητας που έχει εκλυθεί στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Προσπάθησε μόνος σου

Στο πρώτο μέρος σύγκρινε πειράματα στα οποία μεταβάλλεται μία μόνο συγκέντρωση. Στο τρίτο μέρος βρες πρώτα τη μεταβολή συγκέντρωσης που αντιστοιχεί στην πρόοδο της αντίδρασης.

Καθοδηγούμενη βοήθεια

Σύγκρινε τα πειράματα 1-2 για την τάξη ως προς Α και τα πειράματα 2-3 για την τάξη ως προς Β.

Για το χρονικό διάστημα 0-40 s ισχύει $\xi = \bar{v} \cdot \Delta t$ σε $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Πολλαπλασίασε μετά με τον όγκο για να βρεις mol αντίδρασης.

Πλήρης λύση

α) Προσδιορισμός νόμου ταχύτητας

Θεωρούμε:

$$v = k[A]^x[B]^y$$

1ο βήμα: Τάξη ως προς Α

Συγκρίνουμε τα πειράματα 1 και 2, στα οποία η συγκέντρωση του Β παραμένει σταθερή:

$$\begin{aligned} v_2/v_1 &= ([A]_2/[A]_1)^x \\ (8,0 \cdot 10^{-4})/(4,0 \cdot 10^{-4}) &= (0,20/0,10)^x \\ 2 &= 2^x \Rightarrow x=1 \end{aligned}$$

2ο βήμα: Τάξη ως προς Β

Συγκρίνουμε τα πειράματα 2 και 3, στα οποία η συγκέντρωση του Α παραμένει σταθερή:

$$\begin{aligned} v_2/v_3 &= ([B]_2/[B]_3)^y \\ (8,0 \cdot 10^{-4})/(4,0 \cdot 10^{-4}) &= (0,20/0,10)^y \\ 2 &= 2^y \Rightarrow y=1 \end{aligned}$$

3ο βήμα: Νόμος ταχύτητας

$$v = k[A][B]$$

4ο βήμα: Υπολογισμός της σταθεράς k

Χρησιμοποιούμε το πείραμα 1:

$$4,0 \cdot 10^{-4} = k \cdot 0,10 \cdot 0,20$$

$$k = (4,0 \cdot 10^{-4}) / (2,0 \cdot 10^{-2})$$

$$k = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

β) Πιθανός μηχανισμός δύο σταδίων

Ο πειραματικός νόμος ταχύτητας είναι:

$$v = k[A][B]$$

Άρα ένα πιθανό αργό στοιχειώδες στάδιο είναι:



Για το στοιχειώδες αυτό στάδιο:

$$v = k[A][B]$$

Για να προκύψει η ολική αντίδραση, μπορεί να ακολουθήσει:



Αθροίζουμε τα δύο στάδια:

Στάδιο	Χημική εξίσωση
1ο	$A + B \rightarrow X$
2ο	$A + X \rightarrow 2\Gamma$

Το Χ απλοποιείται, επειδή παράγεται στο πρώτο στάδιο και καταναλώνεται στο δεύτερο:



Το Χ είναι ενδιάμεσο προϊόν.

Το πρώτο στάδιο είναι αργό, άρα έχει μεγαλύτερη ενέργεια ενεργοποίησης:

$$E_{a1} > E_{a2}$$

γ) Εξέλιξη της αντίδρασης στο χρονικό διάστημα 0-40 s

1ο βήμα: Πρόοδος αντίδρασης ανά μονάδα όγκου

$$\bar{v} = \Delta\xi / \Delta t$$

$$\Delta\xi = \bar{v} \cdot \Delta t$$

$$\Delta\xi = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 40 = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Για όγκο 2 L:

$$\xi = 0,10 \cdot 2 = 0,20 \text{ mol}$$

2ο βήμα: Πίνακας mol



mol	A	B	Γ
Αρχικά	1,20	0,60	0
Αντιδρούν / παράγεται	-2ξ	-ξ	+2ξ
Στα 40 s	1,20-2ξ	0,60-ξ	2ξ

Για ξ=0,20 mol:

$$n(A)_{40} = 1,20 - 2 \cdot 0,20 = 0,80 \text{ mol}$$

$$n(B)_{40} = 0,60 - 0,20 = 0,40 \text{ mol}$$

$$n(\Gamma)_{40} = 2 \cdot 0,20 = 0,40 \text{ mol}$$

3ο βήμα: Συγκεντρώσεις στη χρονική στιγμή 40 s

$$[A]_{40} = 0,80/2 = 0,40 \text{ M}$$

$$[B]_{40} = 0,40/2 = 0,20 \text{ M}$$

$$[\Gamma]_{40} = 0,40/2 = 0,20 \text{ M}$$

4ο βήμα: Στιγμιαία ταχύτητα στα 40 s

$$v_{40} = k[A]_{40}[B]_{40}$$

$$v_{40} = 2,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,40 \cdot 0,20$$

$$v_{40} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

5ο βήμα: Μέσος ρυθμός σχηματισμού του Γ

$$\bar{v} = -(1/2) \cdot \Delta[A]/\Delta t = -\Delta[B]/\Delta t = (1/2) \cdot \Delta[\Gamma]/\Delta t$$

$$\Delta[\Gamma]/\Delta t = 2\bar{v}$$

$$\Delta[\Gamma]/\Delta t = 2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta[\Gamma]/\Delta t = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

6ο βήμα: Ποσό θερμότητας



Η τιμή $\Delta H = -100 \text{ kJ}$ αντιστοιχεί σε 1 mol αντίδρασης, δηλαδή σε $\xi = 1 \text{ mol}$.

1 mol αντίδρασης $\rightarrow$ 100 kJ εκλύονται

0,20 mol αντίδρασης $\rightarrow$ Q

$$Q = 0,20 \cdot 100 = 20 \text{ kJ}$$

Επειδή η αντίδραση είναι εξώθερμη, από το σύστημα έχουν εκλυθεί 20 kJ.

Τελικές απαντήσεις:

$$v=k[A][B]$$

$$k=2,0 \cdot 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Πιθανός μηχανισμός: $A+B \rightarrow X$ (αργό), $A+X \rightarrow 2\Gamma$ (γρήγορο), με $E_{a1} > E_{a2}$

Στα 40 s: $n(A)=0,80 \text{ mol}$, $n(B)=0,40 \text{ mol}$, $n(\Gamma)=0,40 \text{ mol}$

$$v_{40}=1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Μέσος ρυθμός σχηματισμού Γ : $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

Εκλυόμενη θερμότητα: 20 kJ

Συχνά λάθη μαθητών

- Θεωρούν ότι οι εκθέτες του νόμου ταχύτητας είναι οι συντελεστές της ολικής αντίδρασης.
- Συγκρίνουν πειράματα στα οποία αλλάζουν ταυτόχρονα και οι δύο συγκεντρώσεις.
- Χρησιμοποιούν τα αρχικά mol αντί για τις συγκεντρώσεις στον νόμο ταχύτητας.
- Παραλείπουν τον συντελεστή 2 στον ρυθμό σχηματισμού του Γ .
- Υπολογίζουν τη θερμότητα από τα mol προϊόντος χωρίς να λάβουν υπόψη ότι το ΔH αντιστοιχεί στην αντίδραση όπως είναι γραμμένη.

Τελικό συμπέρασμα

Ο νόμος ταχύτητας προσδιορίζεται πειραματικά, ο μηχανισμός πρέπει να συμφωνεί με αυτόν και η πρόοδος της αντίδρασης συνδέει με ενιαίο τρόπο τη στοιχειομετρία, την ταχύτητα και τη θερμότητα.

Τι θα μπορούσε να ρωτήσει ακόμη ο εξεταστής;

- Να υπολογιστεί η αρχική ταχύτητα στο δοχείο των 2 L.
- Να βρεθεί το ποσοστό του A και του B που έχει καταναλωθεί στα 40 s.
- Να σχεδιαστεί ενεργειακό διάγραμμα των δύο σταδίων.

- Να εξεταστεί η μεταβολή της ταχύτητας αν στα 40 s υποδιπλασιαστεί ο όγκος.

Συνδέεται με

Πειραματικός νόμος ταχύτητας • Μηχανισμός αντίδρασης • Στοιχειομετρία • Θερμοχημεία • Ρυθμοί σχηματισμού