

STERPIS CHEMISTRY ACADEMY

SC-KIN-008 - Νόμος ταχύτητας και ρυθμός σχηματισμού

Πρωτότυπη άσκηση Χημικής Κινητικής Γ' Λυκείου - Academy Edition 3.0

ΚΕΦΑΛΑΙΟΤαχύτητα
αντίδρασης**ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ**Πειραματικά
δεδομένα -
μηχανισμός**ΔΥΣΚΟΛΙΑ** 7,4 / 10**ΧΡΟΝΟΣ**

22 λεπτά

Διδακτικός στόχος

✓ Να προσδιορίζεις νόμο ταχύτητας από πειραματικά δεδομένα.

✓ Να προτείνεις πιθανό μηχανισμό δύο σταδίων.

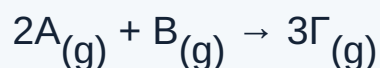
✓ Να υπολογίζεις αρχική στιγμιαία ταχύτητα.

✓ Να χρησιμοποιείς πίνακα mol για μεταγενέστερη χρονική στιγμή.

✓ Να συνδέεις την ταχύτητα αντίδρασης με τον ρυθμό σχηματισμού προϊόντος.

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	$6,0 \cdot 10^{-4}$
2	0,10	0,10	$3,0 \cdot 10^{-4}$
3	0,20	0,10	$6,0 \cdot 10^{-4}$

1. Να προσδιορίσετε τον νόμο ταχύτητας της αντίδρασης.
2. Να προτείνετε έναν πιθανό μηχανισμό δύο σταδίων για την αντίδραση, στον οποίο:
 - το πρώτο στάδιο είναι αργό,
 - το δεύτερο στάδιο είναι γρήγορο.

Να αναγνωρίσετε το ενδιάμεσο προϊόν.

3. Σε δοχείο σταθερού όγκου 5 L εισάγονται 2,0 mol A και 1,5 mol B και πραγματοποιείται η παραπάνω αντίδραση στην ίδια θερμοκρασία. Να υπολογίσετε:
 1. την αρχική ταχύτητα της αντίδρασης,
 2. την ταχύτητα της αντίδρασης τη χρονική στιγμή t_1 , κατά την οποία $[Γ]=0,30$ M,
 3. τον ρυθμό σχηματισμού του Γ τη χρονική στιγμή t_1 .

Προσπάθησε μόνος σου

Σύγκρινε πρώτα πειράματα στα οποία μεταβάλλεται μόνο μία συγκέντρωση. Στο τρίτο ερώτημα, από τη συγκέντρωση του Γ βρες πρώτα τα mol που έχουν παραχθεί.

Καθοδηγούμενη βοήθεια

Σύγκρινε τα πειράματα 1-2 για την τάξη ως προς B και τα πειράματα 2-3 για την τάξη ως προς A.

Στη χρονική στιγμή t_1 ισχύει $n(\Gamma)=cV$. Στον πίνακα mol θέσε ότι παράγονται $3x$ mol Γ .

Πλήρης λύση

α) Προσδιορισμός νόμου ταχύτητας

Θεωρούμε:

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

1ο βήμα: Τάξη ως προς B

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

$$\begin{aligned} v_1/v_2 &= ([B]_1/[B]_2)^y \\ (6,0 \cdot 10^{-4})/(3,0 \cdot 10^{-4}) &= (0,20/0,10)^y \\ 2 &= 2^y \Rightarrow y=1 \end{aligned}$$

2ο βήμα: Τάξη ως προς A

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

$$\begin{aligned} v_3/v_2 &= ([A]_3/[A]_2)^x \\ (6,0 \cdot 10^{-4})/(3,0 \cdot 10^{-4}) &= (0,20/0,10)^x \\ 2 &= 2^x \Rightarrow x=1 \end{aligned}$$

3ο βήμα: Νόμος ταχύτητας

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

4ο βήμα: Υπολογισμός της σταθεράς k

Χρησιμοποιούμε το πείραμα 2:

$$3,0 \cdot 10^{-4} = k \cdot 0,10 \cdot 0,10$$

$$k = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

β) Πιθανός μηχανισμός δύο σταδίων

Ο πειραματικός νόμος ταχύτητας είναι:

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

Ένας πιθανός μηχανισμός είναι:



Αθροίζοντας τα δύο στάδια και απλοποιώντας το X:

Στάδιο	Χημική εξίσωση
1ο	$A + B \rightarrow X$
2ο	$A + X \rightarrow 3\Gamma$



Το X παράγεται στο πρώτο στάδιο και καταναλώνεται στο δεύτερο, χωρίς να εμφανίζεται στην ολική αντίδραση.

Ενδιάμεσο προϊόν: X

γ-ι) Αρχική ταχύτητα στο δοχείο

Αρχικές συγκεντρώσεις:

$$[A]_0 = 2,0/5 = 0,40 \text{ M}$$

$$[B]_0 = 1,5/5 = 0,30 \text{ M}$$

$$v_0 = k[A]_0[B]_0$$

$$v_0 = 3,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,40 \cdot 0,30$$

$$v_0 = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

γ-ii) Ταχύτητα τη χρονική στιγμή t_1

Δίνεται:

$$[\Gamma]_1 = 0,30 \text{ M}$$

Άρα:

$$n(\Gamma)_1 = cV = 0,30 \cdot 5 = 1,50 \text{ mol}$$

Πίνακας mol



mol	A	B	Γ
Αρχικά	2,0	1,5	0
Αντιδρούν / παράγεται	-2x	-x	+3x
Στη στιγμή t_1	2,0-2x	1,5-x	3x

$$3x = 1,50 \Rightarrow x = 0,50 \text{ mol}$$

$$n(A)_1 = 2,0 - 2 \cdot 0,50 = 1,0 \text{ mol}$$

$$n(B)_1 = 1,5 - 0,50 = 1,0 \text{ mol}$$

$$n(\Gamma)_1 = 1,50 \text{ mol}$$

Συγκεντρώσεις στη στιγμή t_1 :

$$[A]_1 = 1,0/5 = 0,20 \text{ M}$$

$$[B]_1 = 1,0/5 = 0,20 \text{ M}$$

$$v_1 = k[A]_1[B]_1$$

$$v_1 = 3,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,20 \cdot 0,20$$

$$v_1 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

γ-iii) Ρυθμός σχηματισμού του Γ

$$v = -(1/2) \cdot d[A]/dt = -d[B]/dt = (1/3) \cdot d[\Gamma]/dt$$

$$d[\Gamma]/dt = 3v$$

$$d[\Gamma]/dt = 3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3}$$

$$d[\Gamma]/dt = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Τελικές απαντήσεις:

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

$$k = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Πιθανός μηχανισμός: $A+B \rightarrow X$ (αργό), $A+X \rightarrow 3\Gamma$ (γρήγορο)

$$v_0 = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Στη στιγμή t_1 : $n(A)=1,0 \text{ mol}$, $n(B)=1,0 \text{ mol}$, $n(\Gamma)=1,50 \text{ mol}$

$$v_1 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Ρυθμός σχηματισμού } \Gamma = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Συχνά λάθη μαθητών

- Χρησιμοποιούν τους συντελεστές της ολικής αντίδρασης ως εκθέτες στον νόμο ταχύτητας.
- Υπολογίζουν την ταχύτητα με mol αντί με συγκεντρώσεις.
- Θεωρούν ότι $[\Gamma]=0,30 \text{ M}$ σημαίνει ότι παράχθηκαν $0,30 \text{ mol } \Gamma$.
- Ξεχνούν τον συντελεστή 3 στον ρυθμό σχηματισμού του Γ.

Τελικό συμπέρασμα

Ο νόμος ταχύτητας προκύπτει πειραματικά, ο μηχανισμός πρέπει να συμφωνεί με αυτόν και η στιγμιαία ταχύτητα υπολογίζεται από τις συγκεντρώσεις της συγκεκριμένης χρονικής στιγμής.

Τι θα μπορούσε να ρωτήσει ακόμη ο εξεταστής;

- Να υπολογιστεί ο λόγος v_1/v_0 .
- Να βρεθεί το ποσοστό κατανάλωσης του A και του B.
- Να εξεταστεί η μεταβολή της ταχύτητας αν στη στιγμή t_1 υποδιπλασιαστεί ο όγκος.
- Να συγκριθούν οι ενέργειες ενεργοποίησης των δύο σταδίων.

Συνδέεται με

Πειραματικός νόμος ταχύτητας • Μηχανισμός αντίδρασης • Πίνακας mol • Στιγμιαία ταχύτητα
• Ρυθμός σχηματισμού