11η Εργαστηριακή Άσκηση

Ταχύτητα Αντίδρασης

Φύλλο Εργασίας

Ονοματεπώνυμο:

Στόχοι της Άσκησης:

1. Να αναγνωρίζετε την επίδραση της συγκεντρώσεως και της θερμοκρασίας στην ταχύτητα της αντίδρασης.
2. Να υπολογίζετε πειραματικά την τάξη της αντίδρασης ως προς ένα αντιδρών.
3. Να συνδέσετε το νόμο της αντίδρασης με το μηχανισμό της αντίδρασης.

Εισαγωγή:

Θα μελετήσουμε την εξάρτηση της ταχύτητας της παρακάτω αντίδρασης από τη συγκέντρωση του KIO_3 και τη θερμοκρασία:

$$2\ IO_3^-\ (aq) + 5\ HSO_3^-\ (aq) \rightarrow I_2\ (s) + 5\ SO_4^{2-}\ (aq) + 3\ H^+\ (aq) + H_2O\ (l) \quad (1)$$

Για να επιτύχουμε το πρώτο, θα εφαρμόσουμε τη **μέθοδο των αρχικών ταχυτήτων**. Αυτό σημαίνει ότι αντί να παρακολουθήσουμε τη μεταβολή της συγκέντρωσης των αντιδρώντων συναρτήσει του χρόνου και να κατασκευάσουμε τα αντίστοιχα κινητικά διαγράμματα, θα προσδιορίσουμε την αρχική ταχύτητα της αντίδρασης, με βάση τη σχέση:

$$v_0 \approx k\ [IO_3^-]_0^x \quad (2)$$

Με άλλα λόγια στόχος του πρώτου πειράματος είναι να βρούμε την τιμή του x.

Παρατήρηση 1:

Η αντίδραση αυτή είναι γνωστή με το όνομα **αντίδραση Landolt** ή πιο απλά ως **«ρολόι ιωδίου»** και δύναται απλουστευμένα να θεωρηθεί ότι χωρεί μέσω ενός μηχανισμού τριών σταδίων:

$$IO_3^-\ (aq) + 3\ HSO_3^-\ (aq) \rightarrow I^-\ (aq) + 3\ SO_4^{2-}\ (aq) + 3\ H^+\ (aq) \quad \textit{αργή} \quad (3)$$

$$IO_3^-\ (aq) + 5\ I^-\ (aq) + 6\ H^+\ (aq) \rightarrow 3\ I_2\ (s) + 3\ H_2O\ (l) \quad \textit{ταχεία} \quad (4)$$

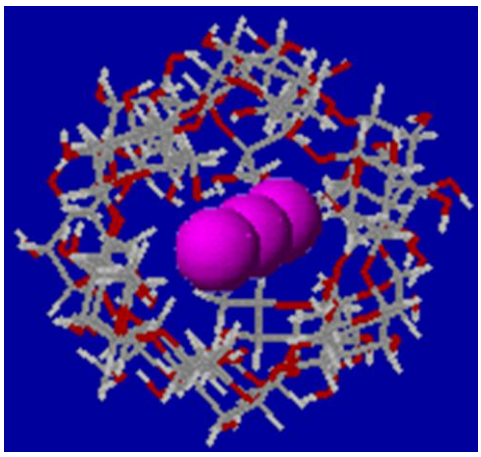
$$I_2\,(s) + HSO_3^-\,(aq) + H_2O\,(l) \rightarrow SO_4^{2-}\,(aq) + 2\,I^-\,(aq) + 3\,H^+\,(aq) \quad \textit{τάχιστη} \qquad (5)$$

Το πρώτο στάδιο είναι αργό και αποτελεί το καθοριστικό για την αντίδραση (**1**) στάδιο. Στο δεύτερο στάδιο τα ιωδιούχα ιόντα που παράγονται από την αντίδραση (**3**) αντιδρούν ταχέως με την περίσσεια των ιωδικών ιόντων δίνοντας I_2. Όμως, το παραγόμενο ιώδιο σε μια ταχύτερη αντίδραση καταναλώνεται από τα όξινα θειούχα ιόντα που υπάρχουν στο διάλυμα. Επομένως, όσο υπάρχουν στο διάλυμα ιόντα HSO_3^- δεν παράγεται ιώδιο. Μόλις τα ιόντα HSO_3^- καταναλωθούν πλήρως, η αντίδραση (**5**) δεν λαμβάνει πια χώρα και μέσω της (**4**) τα ιωδιούχα ιόντα οξειδώνονται προς I_2. Τέλος, το ιώδιο που ελευθερώνεται προσδίδει παρουσία αμύλου την κυανή χροιά στο διάλυμα, η οποία δηλώνει το πέρας της αντίδρασης:

$$I_2\,(s) + I^-\,(aq) \rightarrow I_3^-\,(aq) \qquad (6)$$

$$I_3^-(aq) \xrightarrow{\textit{άμυλο}} \textbf{κυανούν χρώμα} \qquad (7)$$

Παρατήρηση 2: Το κυανούν χρώμα του τελικού διαλύματος οφείλεται στο σχηματισμό του συμπλόκου εγκλεισμού I_3^- - αμυλόζης (σχήμα 1).



Σχήμα 1: *Σύμπλοκο I_3^- - αμυλόζης.*

Παρατήρηση 3: Προκειμένου στην εξίσωση (**2**) να υπολογιστεί το ***x*** είναι σαφές ότι σε όλα τα πειράματα θα πρέπει η αρχική συγκέντρωση όξινων θειωδών ιόντων να είναι η ίδια και επιπλέον να είναι σημαντικά μικρότερη αυτής των ιωδικών ιόντων. Από τη στοιχειομετρία του αργού σταδίου (*vide infra*) εύκολα προκύπτει ότι θα πρέπει να ισχύει:

$$3\,[IO_3^-] > [HSO_3^-] \qquad (8)$$

Παρατήρηση 4: Με βάση τον παραπάνω μηχανισμό η ταχύτητα της αντίδρασης υπολογίζεται από τη μεταβολή της συγκέντρωσης του Na_2SO_3, σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της εξίσωσης (**3**):

$$\upsilon_0 = -\frac{1}{3}\frac{[Na_2SO_3]_{\tau\varepsilon\lambda.} - [Na_2SO_3]_{\alpha\rho\chi.}}{t_{\tau\varepsilon\lambda.} - t_{\alpha\rho\chi.}} = \frac{1}{3}\frac{[Na_2SO_3]_{\alpha\rho\chi.}}{t} \qquad (9)$$

Όργανα και Υλικά:

1. Διάλυμα KIO_3 0,04 M (**Διάλυμα Α**).
2. Διάλυμα Na_2SO_3 0,01 M που περιέχει 8 mL H_2SO_4 0,05 M και 25 mL άμυλο 4% w/w ανά 250 mL. (**Διάλυμα Β**).
3. Απιονισμένο ύδωρ.
4. 2 Ογκομετρικοί κύλινδροι 10 mL.
5. Ποτήρι ζέσεως 50 mL.
6. Χρονόμετρο.
7. ……
8. ……

Πειραματική Πορεία:

Α. Επίδραση της συγκεντρώσεως στην ταχύτητα της αντίδρασης.

1. Στο ποτήρι ζέσεως αναμειγνύονται 10 mL διαλύματος Α με 10 mL διαλύματος Β και μετράται ο χρόνος που απαιτείται, σε δευτερόλεπτα, για την εμφάνιση του χαρακτηριστικού κυανού χρώματος.
2. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται άλλες 4 φορές κατά τις οποίες η ποσότητα του διαλύματος Α μειώνεται κάθε φορά κατά 1 mL, το οποίο αντικαθίσταται από 1 mL απιονισμένου ύδατος.
3. Συμπληρώνεται κατάλληλα ο Πίνακας 1.

Πίνακας 1: Ληφθείσες τιμές για το πρώτο πείραμα. Όλες οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε θερμοκρασία___ °C.

Μέτρηση	Διάλυμα Α mL	Ύδωρ mL	Διάλυμα Β mL	C_{KIO3} mol	C_{Na2SO3} mol	Χρόνος s	υ_0 mol·L^{-1}·s^{-1}	logC_{KIO3}	logυ_0
1	10	0	10						
2	9	1	10						
3	8	2	10						
4	7	3	10						
5	6	4	10						

Ερώτηση 1: Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (**2**) και (**9**) να υπολογίσετε την τάξη της αντίδρασης (**1**) ως προς τα ιόντα IO_3^- και τη σταθερά ταχύτητας της αντίδρασης στη θερμοκρασία του πειράματος

…….....

…….....

Ερώτηση 2: Αν λογαριθμήσουμε τη σχέση (**2**) προκύπτει η ακόλουθη σχέση:

$$\log v_0 = \log k + x \log[IO_3^-]_0 \qquad (10)$$

Με τη βοήθεια των σχέσεων (**9**) και (**10**) να γίνει η γραφική παράσταση της συνάρτησης $\log v_0 = f(\log[IO_3^-]_0)$ και να υπολογίσετε τα x και k.

Σχήμα 2: *Γραφική παράσταση της συνάρτησης* $\log R_0 = f\,(\log[IO_3^-]_0)$.

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

Β. Επίδραση της θερμοκρασίας στην ταχύτητα της αντίδρασης.

1. Δυο δοκιμαστικοί σωλήνες που περιέχουν 5 mL του διαλύματος Α και 5 mL του διαλύματος Β θερμοστατούνται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Εν συνεχεία αποχύνουμε το διάλυμα του σωλήνα Α στο σωλήνα του διαλύματος Β και μετράμε το χρόνο που απαιτείται για την εμφάνιση του κυανού χρώματος.
2. Το πείραμα επαναλαμβάνεται σε 3 διαφορετικές θερμοκρασίες.

Πίνακας 2: Ληφθείσες τιμές για το δεύτερο πείραμα.

α/α	**Θερμοκρασία (*T*) K**	**Διάλυμα Α mL**	**Διάλυμα Β mL**	**Χρόνος (*t*) s**	**v_0 mol/Ls**	**$[IO_3^-]$ mol/L**	**k s^{-1}**	***lnk***	**$1/T$ K^{-1}**
1		5	5						
2		5	5						
3		5	5						
4		5	5						
5									

Ερώτηση 3: Πώς μεταβάλλεται η ταχύτητα της αντίδρασης με τη θερμοκρασία;

…….....
…….....
…….....
…….....
…….....
…….....
…….....
…….....
…….....
…….....

Ερώτηση 4: Η σχέση της σταθεράς k από τη θερμοκρασία T, δίδεται ως γνωστόν από τη σχέση του Arrhenius:

$$k = A\, e^{-Ea/RT} \qquad (11)$$

Αν λογαριθμήσουμε τη σχέση (**11**) λαμβάνεται η σχέση:

$$lnk = lnA - E_a/RT \qquad (12)$$

Με τη βοήθεια της σχέσεως (**12**), να γίνει η γραφική παράσταση της συνάρτησης *lnk* = *f* (1/*T*) και να υπολογίσετε την ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης σε kJ/mol.

Σχήμα 3: *Γραφική παράσταση της συνάρτησης* $\ln k = f\,(1/T)$.