

Προς:

την υπεύθυνη του Εργαστηρίου

*Βιοχημικών Διεργασιών & Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας
του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης*

κ. Σαρίκα Ροίκα

Σας παραδίδω την τεχνική έκθεση που αντιστοιχεί στην δεύτερη εργαστηριακή άσκηση του μαθήματος 'Τεχνική Χημικών & Βιοχημικών Διεργασιών' με θέμα «Επίδραση συνθηκών στο βαθμό αποχρωματισμού με αντιδραστήριο Fenton» , η οποία διεξήχθη 29/10/2019 στο προπτυχιακό εργαστήριο του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης (κτίριο Κ1 – ΜΗΠΕΡ).

Με εκτίμηση,

ο υπεύθυνος της εργαστηριακής άσκησης

και συγγραφέας της τεχνικής έκθεσης

Ολύμπιος Πέτρος



Πολυτεχνείο Κρήτης

Τμήμα Μηχανικών

Περιβάλλοντος Έτος 2019

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΟ ΒΑΘΜΟ ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΟ FENTON

Εργαστήριο Βιοχημικών Διεργασιών και Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας
Συντελεστής της τεχνικής έκθεσης: Ολύμπιος Πέτρος
Ημερομηνία παράδοσης: 12/11/2019

Λοιπά Μέλη Εργαστηριακής Ομάδας :

- Ευαγγέλου Παναγιώτης
- Χατζηαθανασίου Χρύσω
- Κανναβιάς Χρύσανθος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση παρατηρείται ο αποχρωματισμός του πρότυπου χρωστικού διαλύματος Orange II το οποίο αποτελεί την ομάδα αζωχρωμάτων με αντιδραστήριο Fenton ($\text{Fe(II)/H}_2\text{O}_2$) όπου είναι ένα διάλυμα που περιέχει ιόντα σιδήρου και υπεροξείδιο του υδρογόνου. Στο πείραμα αυτό δημιουργήθηκαν 3 διαλύματα τα οποία περιείχαν 350mL από το αρχικό πρότυπο διάλυμα Orange II (30 ppm) και σε κάθε ένα από αυτά μεταβλήθηκε η συνθήκη λειτουργίας του για να παρατηρηθούν διαφορετικές περιπτώσεις. Οι συνθήκες που θα μεταβληθούν αναφέρονται παρακάτω:

1. η θερμότητα
2. η ταχύτητα
3. η προσθήκη ιόντων χαλκού και υπεροξειδίου του υδρογόνου

Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η μελέτη επίδρασης συνθηκών λειτουργίας στο βαθμό αποχρωματισμού πρότυπου διαλύματος της χρωστικής Orange II για το σύστημα $\text{Fe(II)/H}_2\text{O}_2$ με βάση τις πρώτες δύο μεταβολές συνθηκών που προαναφέρθηκαν, καθώς και η διάσπαση με χρήση $\text{Cu(II)/H}_2\text{O}_2$ και σύγκριση με $\text{Fe(II)/H}_2\text{O}_2$. Η διαδικασία είχε ως εξής, αρχικά πάρθηκαν 2 μετρήσεις σε διαστήματα των 5 λεπτών ενώ στην συνέχεια για κάθε 10 λεπτά μια μικρή ποσότητα από τα διαλύματα και με την βοήθεια του φασματοφωτομέτρου καταγράφηκε η συγκέντρωση της χρωστικής την δεδομένη χρονική στιγμή. Έπειτα πιο κάτω θα παρουσιασθούν λεπτομερώς οι πίνακες και τα σχετικά διαγράμματα τα οποία εξάχθηκαν με βάση τις πειραματικές μας μετρήσεις και τους υπολογισμούς μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

❖ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εξώφυλλο	i
Περίληψη	3
Περιεχόμενα	4
Πίνακας Συμβόλων	5

❖ ΚΥΡΙΟ ΜΕΡΟΣ

Εισαγωγή	1
Θεωρητικό Υπόβαθρο	2
Μεθοδολογία	3
Πειραματικά αποτελέσματα και συζήτηση	4
Συμπεράσματα	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης. 0
Βιβλιογραφία	161

❖ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1: Πειραματικές μετρήσεις.....	11
Παράρτημα 2 : Ανάλυση δεδομένων.....	12
Παράρτημα 3 : Προγράμματα Η/Υ.....	12

Πίνακας Συμβόλων

Σύμβολο	Ορισμός
N	Moles της ουσίας
Ar	Ατομικό βάρος (gr/mol)
Mr	Μοριακό βάρος (gr/mol)
M	Μάζα (gr)
V	Όγκος (L)
C	Συγκέντρωση (gr/ L)
P	Πυκνότητα (gr/ L)
T	Χρόνος (min)
R	Ταχύτητα αντίδρασης (gr/ L*min)
K	Κινητική σταθερά της αντίδρασης

ΚΥΡΙΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βασικός σκοπός της παρούσας άσκησης είναι η μελέτη της επίδρασης των συνθηκών λειτουργίας, δηλαδή της θερμότητας αλλά και της ταχύτητας ανάδευσης στο βαθμό αποχρωματισμού πρότυπου διαλύματος της χρωστικής Orange II για το σύστημα $\text{Fe(II)/H}_2\text{O}_2$, αλλά και ο προσδιορισμός της τάξης και σταθεράς ταχύτητας των αντιδράσεων που γίνονται στα δοχεία για σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Στην εργαστηριακή αυτή άσκηση χρησιμοποιήσαμε αντιδραστήριο Fenton, δηλαδή συνδυασμό H_2O_2 με ιόντα δισθενούς σιδήρου, και Orange II που ανήκει στην ομάδα των αζωχρωμάτων.

State of the art

Στο σημείο αυτό παρουσιάζουμε μια σύντομη αναφορά σε άλλες μεθόδους επεξεργασίας και αποικοδόμησης τοξικών αποβλήτων από αυτή που μελετήσαμε στο εργαστήριο. Ορισμένα επικίνδυνα απόβλητα μπορούν να τύχουν επεξεργασίας ώστε το επικίνδυνο συστατικό που περιέχουν να αποβληθεί, καθιστώντας τα έτσι μη επικίνδυνα απόβλητα. Παραδείγματος χάρη, καλό είναι να αναφερθεί ότι ένα διαβρωτικό οξύ δύναται να ουδετεροποιηθεί με μία βασική ουσία έτσι ώστε να μην είναι πλέον διαβρωτικό. Επίσης, μια άλλη μέθοδος ουδετεροποίησης επικίνδυνων αποβλήτων είναι η ρύθμιση του pH. Το pH είναι ένας σημαντικός παράγοντας κατά τη δραστηριότητα διύλισης επικίνδυνων αποβλήτων. Έτσι ρυθμίζοντας το pH κάποιων τοξικών υλικών, μειώνεται η δυνατότητα διύλισης των αποβλήτων. Επιπλέον, μια άλλη μέθοδος για την διάσπαση αζωχρωμάτων είναι με την χρήση υδατικών αιωρημάτων TiO_2 που μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας, για την ενεργοποίηση του φωτοκαταλύτη, είτε με ορατή ακτινοβολία, μέσω του μηχανισμού της φωτοευαισθητοποίησης με ενεργοποίηση των μορίων του αζωχρώματος.

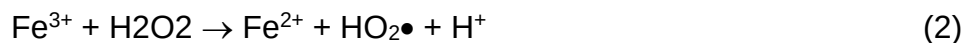
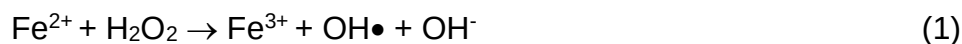
2.ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Γενικότερα πολύ συχνά στα βιομηχανικά υγρά απόβλητα συνυπάρχουν οργανικές ουσίες μη βιολογικής προέλευσης, οι οποίες ονομάζονται ξενοβιοτικά. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται ενώσεις με χρωμοφόρες ομάδες οι οποίες χρησιμοποιούνται για βαφές υλικών στις βιομηχανίες υφαντουργίας, δέρματος, τροφίμων και χαρτιού. Οι ενώσεις αυτές όταν διατίθενται στο περιβάλλον προκαλούν ρύπανση και θεωρούνται τοξικές για τους βιολογικούς οργανισμούς, αν και υπάρχουν μικροβιακοί οργανισμοί ανεκτικοί στην παρουσία τους.

Για την επεξεργασία τέτοιων αποβλήτων με στόχο την μείωση του οργανικού φορτίου και τον αποχρωματισμό χρησιμοποιούνται διάφορες χημικές οξειδωτικές διεργασίες, μια εκ των οποίων είναι η οξείδωση με το αντιδραστήριο Fenton.

Αντιδραστήριο Fenton

Το αντιδραστήριο Fenton είναι ένα διάλυμα που περιέχει ιόντα δισθενούς σιδήρου και υπεροξείδιο του υδρογόνου. Ο σίδηρος παίζει το ρόλο του ομογενούς καταλύτη που διασπά το οξειδωτικό υπεροξείδιο του υδρογόνου σε ρίζες υδροξυλίου ($\text{OH}\bullet$) και υδροπεροξυλίου ($\text{HO}_2\bullet$). Οι ρίζες είναι πολύ δραστικές αλλά ασταθείς ομάδες που επιτίθενται στην οργανική ουσία και την οξειδώνουν. Οι βασικές αντιδράσεις είναι οι ακόλουθες:



Ο ρόλος του σιδήρου είναι διττός:

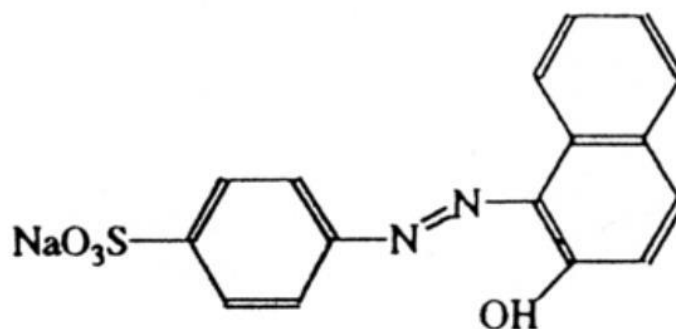
- a. διασπά το υπεροξείδιο του υδρογόνου μέσω των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής (1) και (2),
- b. συμμετέχει ως καταλύτης στις αντιδράσεις τύπου (4).

Εκτός από το σίδηρο, άλλα στοιχεία μετάπτωσης όπως ο χαλκός έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με H_2O_2 για την οξείδωση οργανικών ρύπων. Αν και οι μηχανισμοί δράσης είναι διαφορετικοί από αυτούς του σιδήρου, ο χαλκός παρουσιάζει καλή ενεργότητα ως καταλύτης.

ΑΖΩΧΡΩΜΑΤΑ

Μία από τις πολλές οικογένειες χρωστικών ουσιών είναι και αυτή των αζωχρωμάτων, στα οποία η παρουσία του δεσμού $N=N$ είναι η χρωμοφόρος ομάδα. Χρωστικές, όπως το κόκκινο, το πορτοκαλί, το κίτρινο και το μπλε ανήκουν στην ομάδα αυτή. Στην άσκηση θα μελετηθεί η χρωστική Orange II με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μοριακός τύπος: $C_{16}H_{11}N_2NaO_4S$
- Μοριακό βάρος: 350 g/gmol
- Διαλυτότητα στο νερό: Μεγάλη



Orange II

3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση του πειράματος είναι τα εξής :

- ❖ Διάλυμα 350 ml Orange II συγκέντρωσης 30 ppm.
- ❖ Διάλυμα που να περιέχει 0.01 g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ σε 50 ml νερό.
- ❖ Διάλυμα που να περιέχει 0.01 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ σε 50 ml νερό.

Πειραματική Διαδικασία:

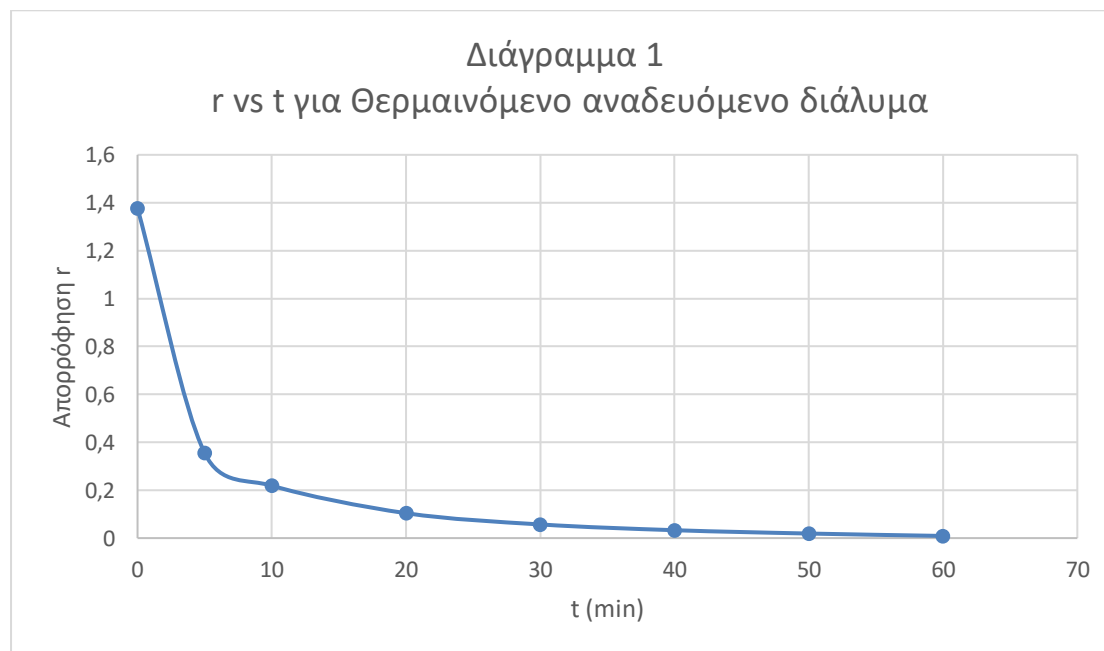
Αρχικά ζυγίζουμε τις ποσότητες του θειικού σιδήρου ($FeSO_4$) καθώς και του θειικού χαλκού ($CuSO_4$) και έπειτα ξεκινάμε να κατασκευάζουμε τα τρία διαλύματα μας. Το διάλυμα (I) περιέχει 350 ml από το αρχικό πρότυπο διάλυμα Orange II (30 ppm), 0,01 g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ σε 50 ml νερό και 0,1 ml H_2O_2 , καθώς επίσης τοποθετείται σε εστία θέρμανσης στους $50^\circ C$. Στο διάλυμα (II) έχουμε τα ίδια συστατικά όπως και στο πρώτο χωρίς θέρμανση. Το διάλυμα αυτό μένει σε ηρεμία καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος. Ακόμα, στο διάλυμα (III) τοποθετούμε 350 ml από το αρχικό πρότυπο διάλυμα Orange II (30 ppm), 0,01 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ σε 50 ml νερό, 0,1 ml H_2O_2 , και αναδεύεται στα 90 rpm. Αμέσως θέτουμε σε λειτουργία το χρονόμετρο (χρόνος μηδέν) και για της πρώτες δυο παίρνουμε δείγμα ανά πέντε λεπτά ενώ στην συνέχεια ανά δέκα λεπτά έως ότου συμπληρωθούν τα 60 λεπτά. Με βάση τα δείγματα 2-3 ml το καθένα από το δοχείο αντίδρασης μετρούσαμε την συγκέντρωση της χρωστικής ουσίας με την βοήθεια του φασματοφωτόμετρου. Για χρόνο 0 η αρχική συγκέντρωση της χρωστικής υπολογίσθηκε από την απορρόφηση του αρχικού προτύπου διαλύματος Orange II (30 ppm) πολλαπλασιασμένη με τον συντελεστή 0,875.

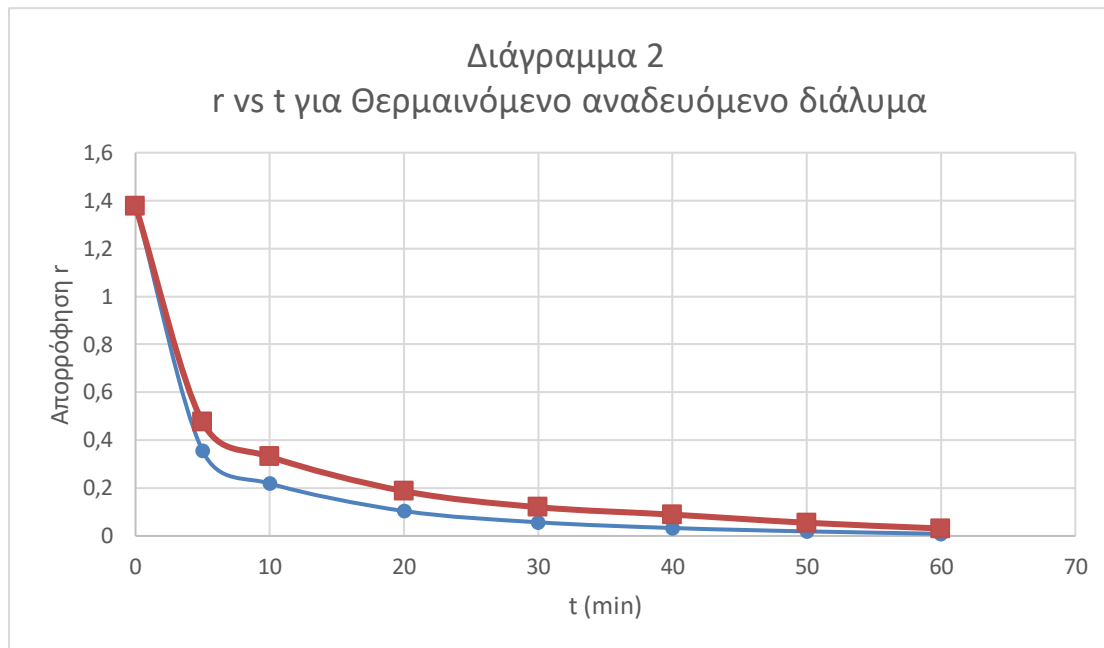
4.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Πίνακας αποτελεσμάτων με τις πειραματικές μετρήσεις

Ποτήρι	4	5	6
T(min)	Διάλυμα Fenton (I) Θερμινόμενο Αναδευόμενο	Διάλυμα Fenton (I) χωρίς Ανάδευση	Διάλυμα Χαλκού και H ₂ O ₂
0	1.377	1.377	1.377
5	0.355	1.132	1.327
10	0.219	1.052	1.312
20	0.104	0.695	1.306
30	0.057	0.705	1.302
40	0.033	0.463	1.300
50	0.019	0.351	1.296
60	0.009	0.200	1.290

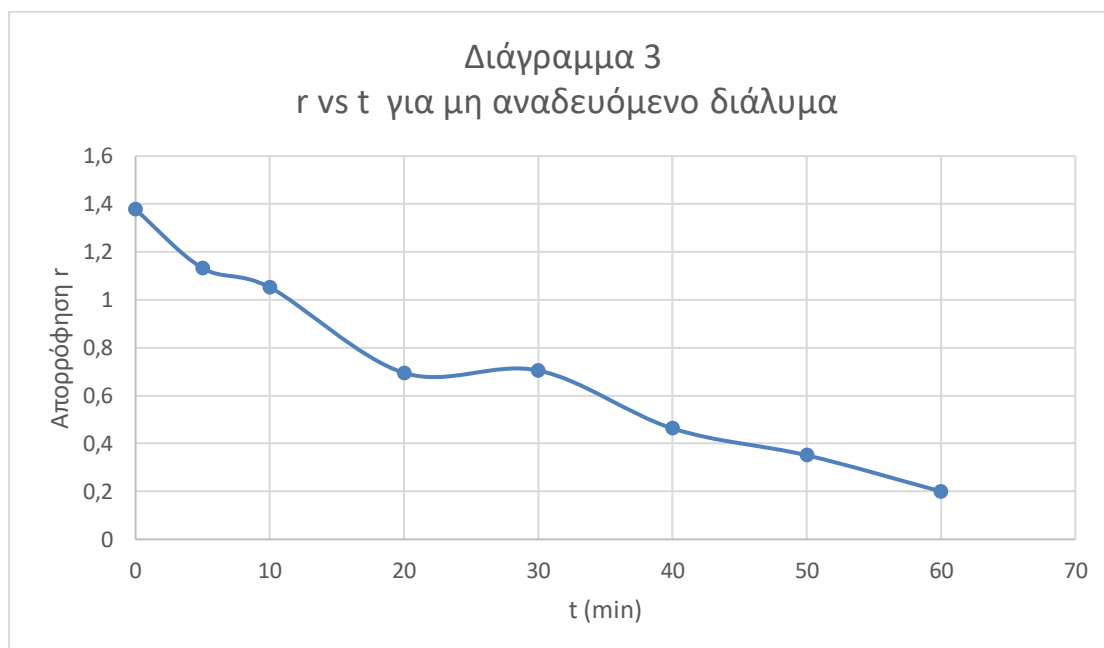
1)ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΒΑΘΜΟ ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΥ



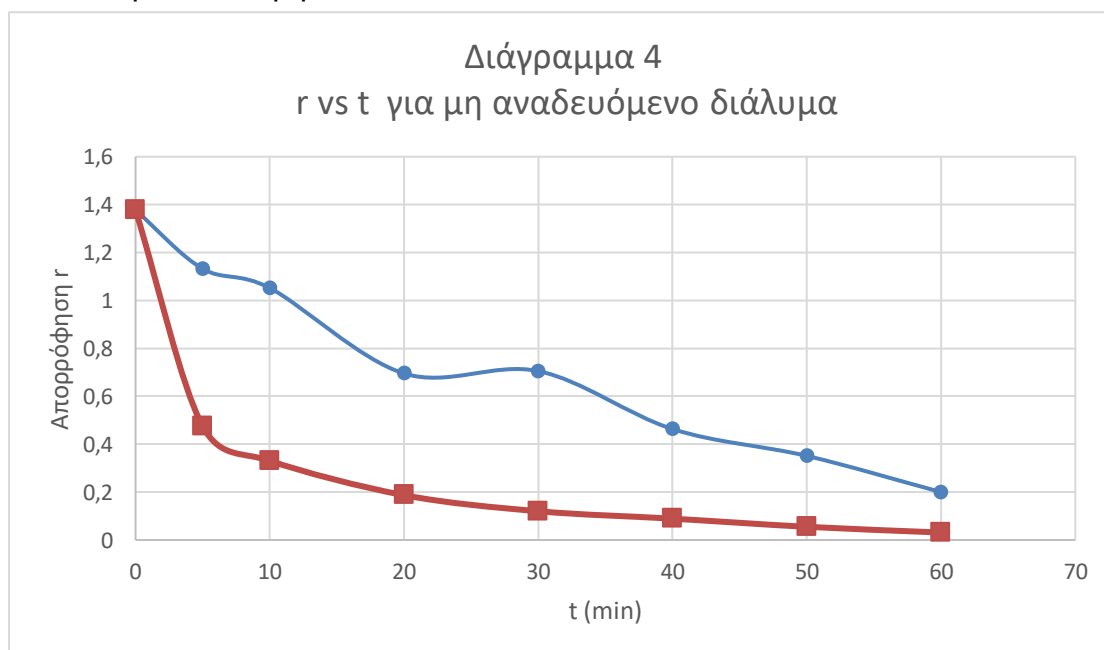


Βάση του πιο πάνω διαγράμματος παρατηρούμε ότι το διάλυμα fenton (I) και το διάλυμα fenton (I) θερμαινόμενο αναδευόμενο έχουν την ίδια μορφή και ο καταλύτης είναι δραστήριος είτε θερμαίνεται είτε είναι σε θερμοκρασία δωματίου. Ωστόσο ο καταλύτης που θερμαίνεται στα αρχικά στάδια είναι πιο δραστήριος.

2)ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΑΔΕΥΣΗΣ ΣΤΟ ΒΑΘΜΟ ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΥ



Παρατήρηση: Στην μέτρηση των 30 λεπτών παρατηρούμε πως η απορρόφηση αυξήθηκε αντί να μειωθεί όπως ήταν το αναμενόμενο. Αυτό οφείλετε στο γεγονός ότι το διάλυμα επειδή δεν αναδευόταν δεν ήταν ομογενές και η λήψη ανά δείγμα έχει πιθανότητα να διαφέρει.



Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι στο ποτήρι 1 επειδή υπήρχε εξωγενής παράγοντας (το μηχάνημα που ανάδευε τα ποτήρια) και το ανάδευε συνεχώς έτσι ώστε να είναι συνεχές ομογενές οπού είχε σαν αποτέλεσμα το διάλυμα μας είναι αρκετά πιο δραστήριο από αυτό που δεν αναδευόταν οπού δεν ήταν ομογενές διάλυμα.

3) ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ORANGE II ΜΕ ΔΙΑΛΥΜΑ

- 1) Υπολογίστε τη συγκέντρωση των ιόντων χαλκού στο διάλυμα 400ml στο δοχείο αντίδρασης. Το μοριακό βάρος του $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ είναι 250g/gmol και το ατομικό βάρος του χαλκού είναι 63,5g/gmol.

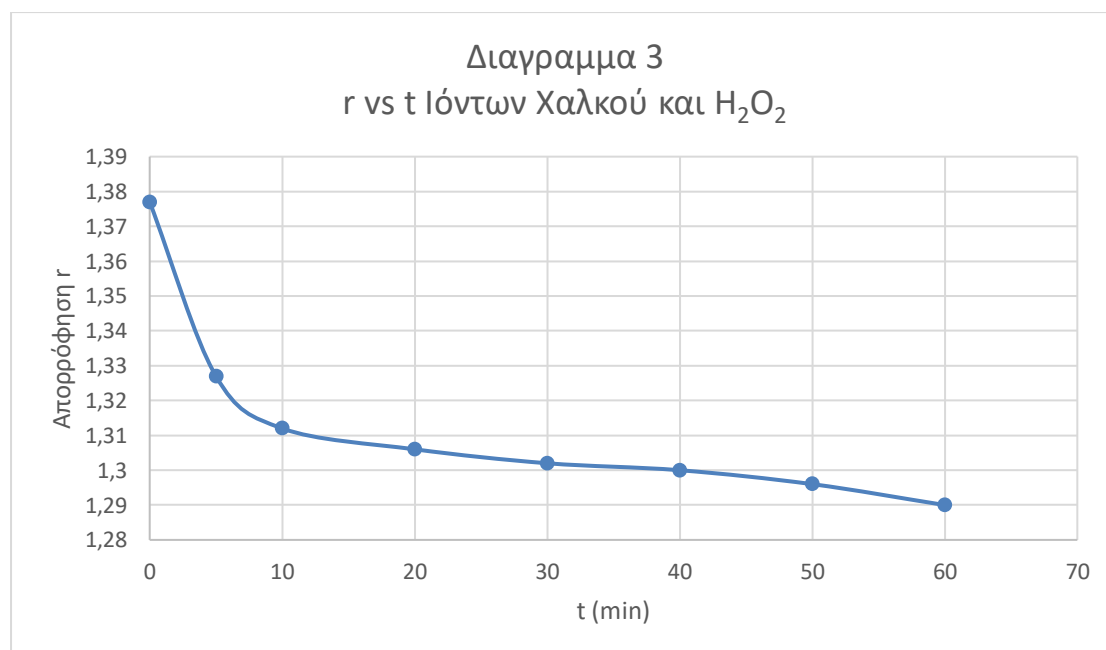
Αν το μοριακό βάρος του χαλκού είναι $M_r = 250\text{g/gmol}$ και το ατομικό βάρος $A_r=63.5\text{g/gmol}$ και η μάζα στο δοχείο της αντίδρασης ήταν 0.01g, προκύπτει ότι:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{0.01}{250 \frac{\text{g}}{\text{gmol}}} = 0.4 \cdot 10^{-4}$$

Άρα έχουμε ότι η συγκέντρωση είναι ίση με:

$$C = \frac{n}{V} = \frac{0.4 \cdot 10^{-4}}{0.4\text{L}} = 0.1 \cdot 10^{-3}$$

- 2) Σε διάγραμμα σχεδιάστε τη μεταβολή της απορρόφησης της χρωστικής με το χρόνο του πειράματος.



3) Σχολιάστε τα αποτελέσματα και συγκρίνετε με αυτά για το αντιδραστήριο Fenton.

Από τα διαγράμματα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η απορρόφηση παραμένει σταθερή σε σχέση με το χρόνο όπου αυτό σημαίνει ότι οι ποσότητες των οξειδωτικών δεν επαρκούν για να αντιδράσουν τα στοιχεία. Στο πρώτο πείραμα που χρησιμοποιήσαμε σίδηρο για οξειδωτικό η απορρόφηση μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό. Αντίθετα, στο δεύτερο πείραμα που χρησιμοποιήθηκε χαλκός, διαφορά υπήρξε μόνο ανάμεσα στις δύο πρώτες μετρήσεις, ενώ στις υπόλοιπες η απορρόφηση παρέμεινε σχετικά σταθερή. Από αυτή τη διαδικασία καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η αντίδραση πραγματοποιείται με πολύ αργό ρυθμό, επομένως τα ιόντα χαλκού δεν αποτελούν καλό καταλύτη σε σχέση με τον σίδηρο.

4) Από τα πειραματικά δεδομένα συγκέντρωσης – χρόνου, εκτιμήστε την τάξη της αντίδρασης ως προς τη συγκέντρωση της χρωστικής.

Στο πείραμά μας, θεωρούμε ότι η συγκέντρωση της χρωστικής Orange II (30ppm) ταυτίζεται με την απορρόφηση. Από τη θεωρία όμως έχουμε ότι ισχύει:

$$r_{Orange\ II} = -\frac{dC_{Orange\ II}}{dt} = k \cdot C_{Orange\ II}^n$$

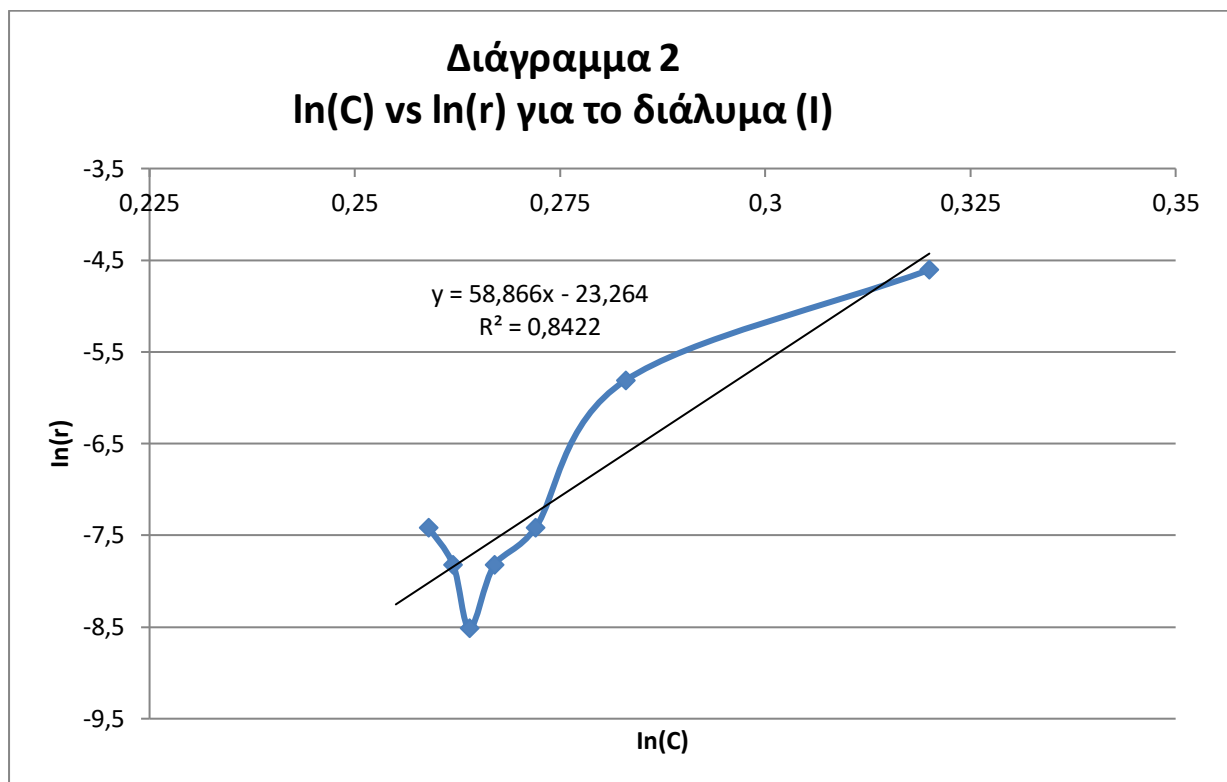
$$\xRightarrow{\ln(x)} \ln(r) = \ln(k) + n \cdot \ln(C_{Orange\ II})$$

Εξίσωση τύπου $y = ax + b$
όπου:

- n: η τάξη της αντίδρασης
- y: $\ln(r)$
- x: $\ln(C_{Orange\ II})$

Πίνακας αποτελεσμάτων μετά την επεξεργασία των τιμών του διαλύματος (I):

t (min)	C ₁	dC	dt	r	ln(C)	ln(r)
0	1.377	-0.050	5	0.010	0.320	-4.605
5	1.327	-0.015	5	0.003	0.283	-5.809
10	1.312	-0.006	10	0.0006	0.272	-7.419
20	1.306	-0.004	10	0.0004	0.267	-7.824
30	1.302	-0.002	10	0.0002	0.264	-8.517
40	1.300	-0.004	10	0.0004	0.262	-7.824
50	1.296	-0.006	10	0.0006	0.259	-7.419
60	1.290	-	-	-	0.255	-



Από το παραπάνω διάγραμμα όπως παρατηρούμε από το συντελεστή διόρθωσης ότι $n = 58,866$ ο οποίος μας δίνει την τάξη της αντίδρασης. Η απόκλιση των τιμών του διαγράμματος, υπάρχει λόγω πιθανών σφαλμάτων που έγιναν κατά τη διεξαγωγή του πειράματος και αυτά καθόρισαν τα είχαν αντίκτυπο στα αποτελέσματα του πειράματος.

5. Συμπέρασμα

Μέσα από την παρούσα εργαστηριακή άσκηση διδαχθήκαμε πώς μπορεί να αποικοδομηθεί μια οργανική ένωση και συγκεκριμένα η Orange II καθώς και ποιοι παράγοντες κατά τη διαδικασία αυτή μπορούν να επηρεάσουν τον βαθμό αποχρωματισμού της. Φτιάχνοντας, λοιπόν, τα διαλύματά μας με κάποιες μεταβολές σε ορισμένες συνθήκες καταλήξαμε σε κάποια συμπεράσματα όσον αφορά την εξάρτηση της συγκέντρωσης του H_2O_2 , του θειικού σιδήρου ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) και του θειικού χαλκού (CuSO_4) σε σχέση με το βαθμό αποχρωματισμού της χρωματική ένωσης. Πιο συγκεκριμένα δημιουργήσαμε 4 διαφορετικά διαλύματα. Το διάλυμα Ι είχε μέσα ακριβή ποσότητα υπεροξειδίου του υδρογόνου και θειικού σιδήρου και αναδευόταν με σταθερό ρυθμό. Το διάλυμα ΙV είχε την ίδια σύσταση με το διάλυμα Ι, ίδιος ρυθμός ανάδευσης με την διαφορά ότι αυτό θερμαινόταν σταθερά στους 50 βαθμούς Κελσίου. Το διάλυμα V είχε την ίδια σύσταση με το διάλυμα Ι με την διαφορά ότι δεν αναδευόταν. Στο διάλυμα VI αντί για θειικό σίδηρο ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) τοποθετήσαμε θειικό χαλκό (CuSO_4) όπου και αυτό είχε το ίδιο ρυθμό ανάδευσης με τα άλλα ποτήρια. Με το πέρας της πειραματικής διαδικασίας διακρίναμε ότι με τα πειραματικά αποτελέσματα που λάβαμε καθ' όλη την διάρκεια της διαδικασίας το διάλυμα ΙV στα πρώτα 5 λεπτά που κάναμε την μέτρηση μας είχαμε μεγάλη μείωση σε σύγκριση με την αρχική ενώ στην συνέχεια είχαμε ένα σχετικά σταθερό ρυθμό μείωσης. Στο διάλυμα V το οποίο δεν αναδευόταν διακρίναμε ότι με την πάροδο του χρόνου είχαμε μια σταθερή μείωση λίγο πιο χρονοβόρα συγκριτικά με το διάλυμα Ι το οποίο αναδευόταν. Ακόλουθος με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα στο διάλυμα VI διακρίνουμε ότι υπάρχει μια πάρα πολύ μικρή μείωση από την αρχή μέχρι το πέρας του πειράματος. Με βάση τα πιο πάνω καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι όλοι οι τρόποι είναι αποδεκτοί σε σχέση με το αποτέλεσμα που μας δίνουνε ενώ στο διάλυμα VI για το λόγο ότι είναι πολύ χρονοβόρα διαδικασία καταλήγει να είναι ασύμφορη όπου αυτομάτως την κάνει μην αποδεκτή.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Εργαστηριακές σημειώσεις Μαθήματος (www.eclass.tuc.gr
→ Τεχνική Χημικών και Βιοχημικών Διεργασιών →
Έγγραφα → Εργαστήρια ΤΧΒΔ)
- Σημειώσεις Τεχνικής Χημικών και Βιοχημικών Διεργασιών

7.Παράρτημα

Παράρτημα 1

Πίνακας πειραματικών μετρήσεων

Ποτήρι	1	4	5	6
T(min)	Διάλυμα Fenton (I)	Διάλυμα Fenton (I) Θερμενόμενο Αναδευόμενο	Διάλυμα Fenton (I) χωρίς Ανάδευση	Διάλυμα Χαλκού και H ₂ O ₂
0	1.377	1.377	1.377	1.377
5	0.475	0.355	1.132	1.327
10	0.331	0.219	1.052	1.312
20	0.187	0.104	0.695	1.306
30	0.120	0.057	0.705	1.302
40	0.089	0.033	0.463	1.300
50	0.055	0.019	0.351	1.296
60	0.031	0.009	0.200	1.290

Παράρτημα 2

Πίνακας μετά την επεξεργασία των πειραματικών αποτελεσμάτων

t (min)	C₁	dC	dt	r	ln(C)	ln(r)
0	1.377	-0.050	5	0.010	0.320	-4.605
5	1.327	-0.015	5	0.003	0.283	-5.809
10	1.312	-0.006	10	0.0006	0.272	-7.419
20	1.306	-0.004	10	0.0004	0.267	-7.824
30	1.302	-0.002	10	0.0002	0.264	-8.517
40	1.300	-0.004	10	0.0004	0.262	-7.824
50	1.296	-0.006	10	0.0006	0.259	-7.419
60	1.290	-	-	-	0.255	-

Παράρτημα 3ο : Προγράμματα Η/Υ

Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεκπεραίωση της συγκεκριμένης εργαστηριακής άσκησης είναι τα εξής :

- ❖ Microsoft Office Excel 2010
- ❖ Microsoft Office Word 2010