

# ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ $Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$ ΜΕ ΤΟΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ ARDUINO

Ξεντές Γεώργιος<sup>1</sup>, Νότιος Νεκτάριος<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Καθηγητής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΠΕ04

fonxedes@otenet.gr

<sup>2</sup> Καθηγητής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΠΕ20

notios@gmail.com

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η εξαγωγή της καμπύλης της ταχύτητας της αντίδρασης  $Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$  με βάση τα πειραματικά δεδομένα που λαμβάνονται από τη φασματοφωτομετρική παρακολούθηση της αντίδρασης με τη βοήθεια ενός φασματοφωτόμετρου, το οποίο κατασκευάστηκε από απλά υλικά με τη βοήθεια της τεχνολογίας Arduino. Επίσης, περιγράφεται η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιείται κατασκευασμένη με εξαιρετικά χαμηλό κόστος και παρουσιάζονται τα πειραματικά αποτελέσματα που πρόεκυψαν από την εκτέλεση του πειράματος. Τελικά αποτελεί εργαστηριακή άσκηση που απευθύνεται σε μαθητές με ηλικία 15-17 χρόνων

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Ταχύτητα Αντίδρασης, Φασματοφωτομετρία, Arduino.

## ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Στόχος είναι να εμπλουτιστεί η γνώση των μαθητών που διδάσκονται το μάθημα της Χημείας με τη δημιουργική διασύνδεση με το μάθημα της Πληροφορικής σε εργαστηριακό επίπεδο. Επίσης η πρόταση στοχεύει να εμπεδωθεί η διάφορα μεταξύ μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας των χημικών αντιδράσεων, καθώς αυτές οι ταχύτητες μπορούν να προκύψουν από τη μελέτη της καμπύλης της χημικής αντίδρασης, η οποία δείχνει πώς μεταβάλλεται η συγκέντρωση ενός από τα προϊόντα ή αντιδρώντα με το χρόνο. Επίσης ζητούμενο είναι οι μαθητές να κατανοήσουν τον νόμο των Lambert-Beer και τις δυνατότητες που παρέχει ο μικροελεγκτής Arduino.

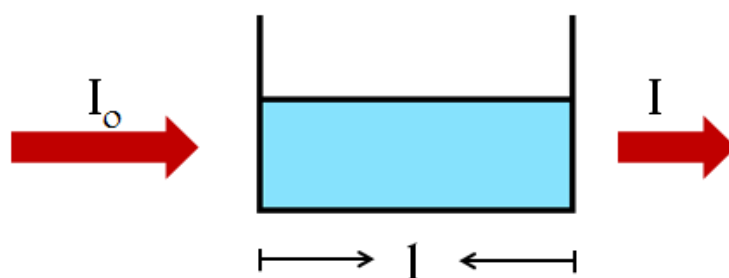
## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

A) Ταχύτητα αντίδρασης: Έστω η αντίδραση  $A + B \rightarrow \Gamma + \Delta$ . Ταχύτητα αντίδρασης ( $u$ ) είναι η μεταβολή της συγκέντρωσης ( $\Delta C$ ) ενός από τα αντιδρώντα ή τα προϊόντα στην αντίστοιχη μεταβολή του χρόνου ( $\Delta t$ ). Δηλαδή  $u = - \Delta C / \Delta t$ . Προφανώς, οι συγκεντρώσεις των αντιδρώντων (A,B) μειώνονται με την πάροδο του χρόνου, ενώ οι συγκεντρώσεις των προϊόντων ( $\Gamma, \Delta$ )

αυξάνονται. Ο ρυθμός κατανάλωσης των αντιδρώντων A και B, καθώς και ο ρυθμός παραγωγής των προϊόντων Γ και Δ, δίνονται αντίστοιχα από τις σχέσεις  $u_A = -\Delta C_A/\Delta t$ ,  $u_B = -\Delta C_B/\Delta t$ ,  $u_\Gamma = \Delta C_\Gamma/\Delta t$  και  $u_\Delta = \Delta C_\Delta/\Delta t$  και κατά συνέπεια για την παραπάνω αντίδραση ισχύει  $u = u_A = u_B = u_\Gamma = u_\Delta$ . Η ταχύτητα της αντίδρασης δεν είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκειά της. Στην αρχή η ταχύτητα είναι μέγιστη. Με την πάροδο του χρόνου όμως, καθώς μειώνεται η συγκέντρωση των αντιδρώντων, ελαττώνεται. Είναι λοιπόν αυτονόητο ότι οι μετρήσεις των μεταβολών συγκεντρώσεων αντιδρώντων ή προϊόντων σε κάποιο χρονικό διάστημα  $\Delta t$  είναι απαραίτητες για τον προσδιορισμό της μέσης ταχύτητας της αντίδρασης για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η στιγμιαία ταχύτητα της αντίδρασης  $A + B \rightarrow \Gamma + \Delta$  ορίζεται ως  $u = -dC_A/dt = -dC_B/dt = dC_\Gamma/dt = dC_\Delta/dt$ , όπου  $dC$  είναι μια απειροελάχιστη μεταβολή της συγκέντρωσης C κατά την απειροελάχιστη μεταβολή  $dt$  του χρόνου στη χρονική στιγμή t. Η καμπύλη αντίδρασης μας δείχνει πώς μεταβάλλεται η συγκέντρωση ενός από τα προϊόντα ή τα αντιδρώντα με το χρόνο. Με βάση την καμπύλη αντίδρασης μπορεί να υπολογιστεί η στιγμιαία ταχύτητα της αντίδρασης σε κάποια χρονική στιγμή, καθώς και η μέση ταχύτητα για ένα χρονικό διάστημα  $\Delta t$  και γενικά να εξαχθούν ουσιαστικά συμπεράσματα για την πορεία της αντίδρασης. Η καμπύλη της αντίδρασης προκύπτει από τις τιμές των συγκεντρώσεων μιας ουσίας που συμμετέχει στην αντίδραση σε διάφορες χρονικές στιγμές. Αυτό υλοποιείται μόνο πειραματικά. Η συγκέντρωση μπορεί να μετρηθεί πειραματικά με δυο τρόπους: α) με τη μέτρηση μιας φυσικής ιδιότητας (πχ. pH, αγωγιμότητα κ.ά.) του συστήματος αντιδρώντων – προϊόντων, η οποία έχει γνωστή σχέση με τη συγκέντρωση και έτσι υπολογίζεται έμμεσα η ζητούμενη συγκέντρωση και β) με τη λήψη μικρού δείγματος από το σύστημα αντιδρώντων – προϊόντων σε ορισμένες χρονικές στιγμές. Στη συνέχεια με κατάλληλες χημικές μεθόδους γίνεται προσδιορισμός της ποσότητας της ουσίας σε αυτό και με υπολογισμούς προκύπτει η ζητούμενη συγκέντρωση στο σύνολο του αντιδρώντος μίγματος. Σημαντικά μειονεκτήματα της δεύτερης μεθόδου είναι η σχετική ακρίβεια των αποτελεσμάτων εξαιτίας της παρέμβασης που γίνεται στο σύστημα καθώς και το γεγονός ότι πρόκειται για μια κοπιαστική διαδικασία.

B) Φασματοφωτομετρία : Η φασματοφωτομετρία βρίσκει αναλυτικές εφαρμογές (ανίχνευση, ταυτοποίηση και ποσοτικό προσδιορισμό) στη Χημεία, την Κλινική Χημεία και άλλα επιστημονικά πεδία. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιούμε την φασματοφωτομετρία για τον ποσοτικό προσδιορισμό της συγκέντρωσης μιας διαλυμένης έγχρωμης ουσίας που περιέχεται σε ένα διάλυμα. Η διέλευση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από ένα σώμα έχει ως αποτέλεσμα την απορρόφηση κάποιων συχνοτήτων. Συγκεκριμένα, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ακτίνες ορατού φωτός), που απορροφάται από μία ουσία μπορεί, ανάλογα με την ενέργεια που διαθέτει, να προκαλέσει διέγερση ηλεκτρονίων σθένους από τη θεμελιώδη στάθμη ενέργειας σε άλλη επιτρεπτή

στάθμη ανώτερης ενέργειας. Αν απορροφηθεί ολόκληρο το φάσμα του λευκού φωτός, το υλικό φαίνεται μαύρο. Αν δεν απορροφηθεί κανένα τμήμα του φάσματος και ανακλαστεί ολόκληρο το ορατό φάσμα, το υλικό φαίνεται άσπρο. Το τμήμα του φάσματος στην περιοχή του ορατού, το οποίο δεν απορροφάται, ελευθερώνεται, δηλαδή, ανακλάται ή περνάει μέσα από τη μάζα της ουσίας και δίνει το χαρακτηριστικό χρώμα μιας έγχρωμης ουσίας, που είναι το συμπληρωματικό του χρώματος που απορροφάται. Κατά τη δίοδο δέσμης μονοχρωματικής ακτινοβολίας από διάλυμα ουσίας X, που απορροφά την ακτινοβολία, η αρχική ένταση (ισχύς) της ακτινοβολίας ( $I_0$ ) ελαττώνεται προοδευτικά κατά μήκος της διαδρομής (Σχήμα 1).



**Σχήμα 1:** Απορρόφηση έντασης μονοχρωματικής ακτινοβολίας από διάλυμα  $CuSO_4$ .

Το ποσοστό μονοχρωματικής ακτινοβολίας που απορροφάται από το διάλυμα μιας ουσίας είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης του διαλύματος, της διαδρομής της ακτινοβολίας μέσα στο διάλυμα, της φύσης της διαλυμένης ουσίας και του μήκους κύματος της ακτινοβολίας ( $\lambda$ ) και δίνεται από το νόμο των Lambert-Beer :

$$\log(I_0 / I) = \epsilon \cdot l \cdot C \quad \text{Σχέση (1)}$$

$I_0$  = Η ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο διάλυμα.

$I$  = Η ένταση της ακτινοβολίας που εξέρχεται από το διάλυμα.

$\epsilon$  = Συντελεστής απορρόφησης (σταθερά χαρακτηριστική της ουσίας, του μήκους κύματος ( $\lambda$ ) της ακτινοβολίας που χρησιμοποιήθηκε και των συνθηκών της μέτρησης, όπως διαλύτης, pH, κλπ.).

$C$  = Η συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας στο διάλυμα.

$l$  = Το μήκος της διαδρομής που κάνει η ακτινοβολία μέσα στο διάλυμα.

Ο όρος  $\log(I_0 / I)$  ονομάζεται απορρόφηση ( $A$ ) και η Σχέση (1) μετασχηματίζεται στην σχέση (2):

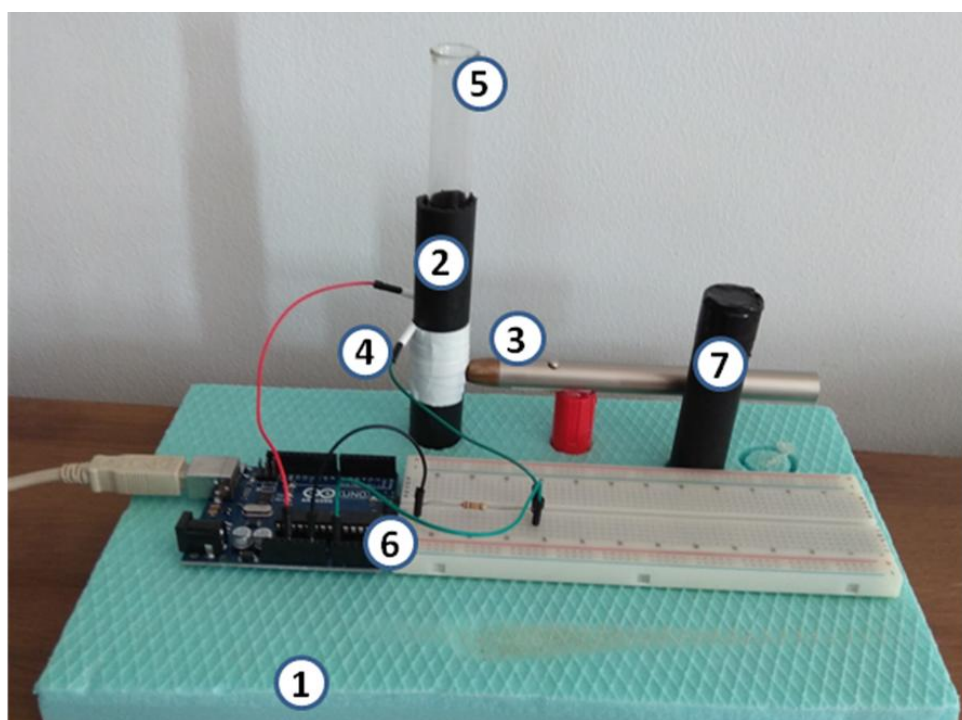
$$A = \epsilon \cdot l \cdot C \quad \text{Σχέση (2)}$$

Από τις διάφορες ακτινοβολίες που απορροφώνται από μια ένωση, το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που απορροφάται σε μεγαλύτερο ποσοστό, καλείται μήκος κύματος μεγίστης απορρόφησης ( $\lambda_{\max}$ ) και είναι χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης ένωσης. Η ευαισθησία της ανάλυσης είναι μέγιστη, όταν η μονοχρωματική ακτινοβολία που χρησιμοποιείται, έχει το μήκος

κύματος της μέγιστης απορρόφησης. Για το λόγο αυτό επιλέγεται ακτινοβολία με μήκος κύματος ( $\lambda_{\max}$ ). Στην περίπτωση του διαλύματος  $\text{CuSO}_4$  που αφορά και τη συγκεκριμένη άσκηση, ως πηγή ακτινοβολίας χρησιμοποιείται το ερυθρό φως από μια συσκευή λέιζερ, που πληροί ικανοποιητικά την παραπάνω προϋπόθεση ( $\lambda=635\text{ nm}$ ).

## Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ

Στην παρακάτω Εικόνα 1, απεικονίζεται το φασματοφωτόμετρο που κατασκευάστηκε για τη διεξαγωγή της εργαστηριακής άσκησης με τα τμήματα που το απαρτίζουν.



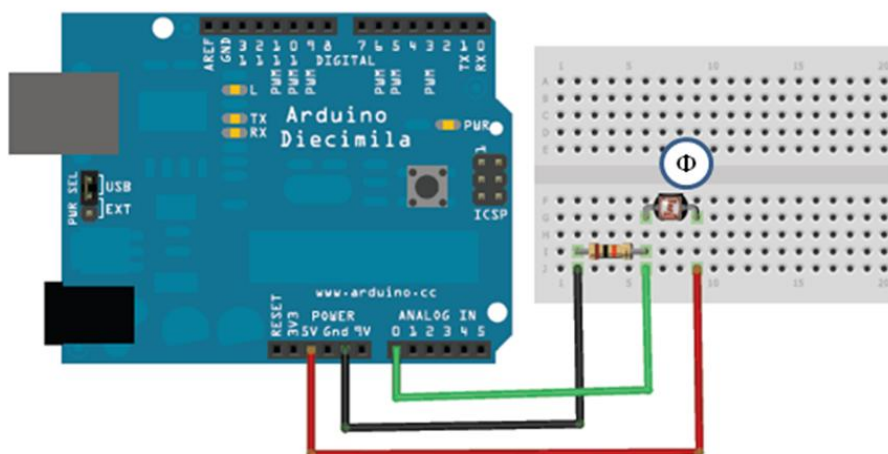
*Εικόνα1: Το Φασματοφωτόμετρο*

1. Βάση στήριξης εξαρτημάτων
2. Πλαστικός σωλήνας υποδοχής μέσα στον οποίο τοποθετείται ο δοκιμαστικός σωλήνας με το διάλυμα, προκειμένου να φασματοφωτομετρηθεί. Στην περίπτωση μας διάλυμα  $\text{CuSO}_4$  μαζί με μια ποσότητα μεταλλικού  $\text{Zn}$ .
3. Πηγή εκπομπής μονοχρωματικής ακτινοβολίας (λέιζερ με  $\lambda=635\text{nm}$ ).
4. Φωτοαντίσταση: Είναι μια μεταβλητή αντίσταση, της οποίας η τιμή αλλάζει ανάλογα με το φως που πέφτει πάνω σε αυτή. Η τιμή της αντίστασης μικραίνει, όταν στον χώρο υπάρχει πολύς φωτισμός.
5. Δοκιμαστικός σωλήνας μέσα στον οποίο τοποθετείται το προς φασματοφωτομέτρηση διάλυμα.

6.Πλακέτα Arduino με το ράστερ (πλακίδιο άσπρου χρώματος). Το άσπρο καλώδιο της πλακέτας Arduino καταλήγει σε θύρα USB ενός Η/Υ στην οθόνη του οποίου θα εμφανιστούν οι τιμές των μετρήσεων κατά την διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος.

7.Πώμα που εφαρμόζεται στο ανοικτό άκρο του πλαστικού σωλήνα, για να επιτευχθεί σκοτάδι στο εσωτερικό του και να μην επηρεάζεται η φωτοαντίσταση από το εξωτερικό φως του εργαστηρίου.

Το Arduino είναι μια «ανοικτού κώδικα» πλατφόρμα που διαθέτει σειριακό interface, ώστε να συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω USB. Η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τον υπολογιστή στο Arduino, αλλά και για την αμφίδρομη επικοινωνία του Arduino με τον υπολογιστή μέσα από το πρόγραμμα την ώρα της εκτέλεσης. Η λειτουργία του Arduino βασίζεται στη λήψη δεδομένων από το περιβάλλον μέσω αισθητήρων και στην επεξεργασία αυτών από έναν προγραμματιζόμενο μικροελεγκτή μέσω γλώσσας προγραμματισμού Wiring. Στη συγκεκριμένη περίπτωση εμφανίζονται στην οθόνη του Η/Υ τιμές που είναι ανάλογες της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας (I) που προσπίπτει στην φωτοαντίσταση από την φωτεινή πηγή λέιζερ. Οι τιμές των μετρήσεων που λαμβάνονται είναι μεγάλες για διαλύματα  $\text{CuSO}_4$  μικρής συγκέντρωσης (μικρή απορρόφηση ακτινοβολίας) και μικρές για διαλύματα μεγάλης συγκέντρωσης (μεγάλη απορρόφηση ακτινοβολίας) κατά την φασματοφωτομέτρηση διαλυμάτων διαφορετικής συγκέντρωσης  $\text{CuSO}_4$ . Στην επόμενη Εικόνα 2 εμφανίζεται η συνδεσμολογία που χρησιμοποιείται προκειμένου να συνδεθεί η πλακέτα Arduino με την φωτοαντίσταση που βρίσκεται στον πλαστικό σωλήνα της παραπάνω πειραματικής διάταξης (Εικόνα 1).



*Εικόνα2: Συνδεσμολογίων πλακέτας Arduino με την φωτοαντίσταση (Φ)*

Ο κώδικας που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να πάρουμε τις τιμές των μετρήσεων είναι ο παρακάτω:

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);           //Ενεργοποίηση σειριακής θύρας
}
```

```

void loop()
{
Serial.println(analogRead(A0)); //Εγγραφή στη σειριακή θύρα της τιμής του αισθητήρα φωτός ο
//οποίος είναι συνδεδεμένος στην αναλογική είσοδο A0
delay(20000); //Αναμονή (παύση) 20 sec μέχρι να διαβάσω την νέα τιμή του
//αισθητήρα φωτός
}

```

Η Εικόνα 2 προέρχεται από την ιστοσελίδα: <https://diyhacking.com/arduino-ldr-sensor/> .

## Η ΥΠΟΘΕΣΗ

Το αρχικό διάλυμα με τα αντιδρώντα Zn και CuSO<sub>4</sub> στο δοκιμαστικό σωλήνα έχει χρώμα κυανό. Αυτό οφείλεται στη διαλυμένη ουσία, τον CuSO<sub>4</sub>. Καθώς η αντίδραση εξελίσσεται, η ποσότητα του CuSO<sub>4</sub> στο διάλυμα μειώνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, το αρχικό κυανό χρώμα του διαλύματος να εξασθενίζει.

Με την προϋπόθεση ότι η αντίδραση εξελίσσεται μέσα στο φασματοφωτόμετρο, η ένταση (I) της φωτεινής ακτίνας, η οποία εξέρχεται από το δοκιμαστικό σωλήνα στον οποίο γίνεται η αντίδραση και προσπίπτει πάνω στην φωτοαντίσταση, αυξάνεται. Οι τιμές λοιπόν, που παρατηρούνται στην οθόνη του Η/Υ που είναι συνδεδεμένος με τον μικροελεγκτή Arduino, έχουν άξουσα πορεία με την πάροδο του χρόνου. Η συλλογή και η κατάλληλη επεξεργασία των τιμών αυτών θα δώσει τη δυνατότητα να παραχθεί η καμπύλη της ταχύτητας της μελετώμενης αντίδρασης.

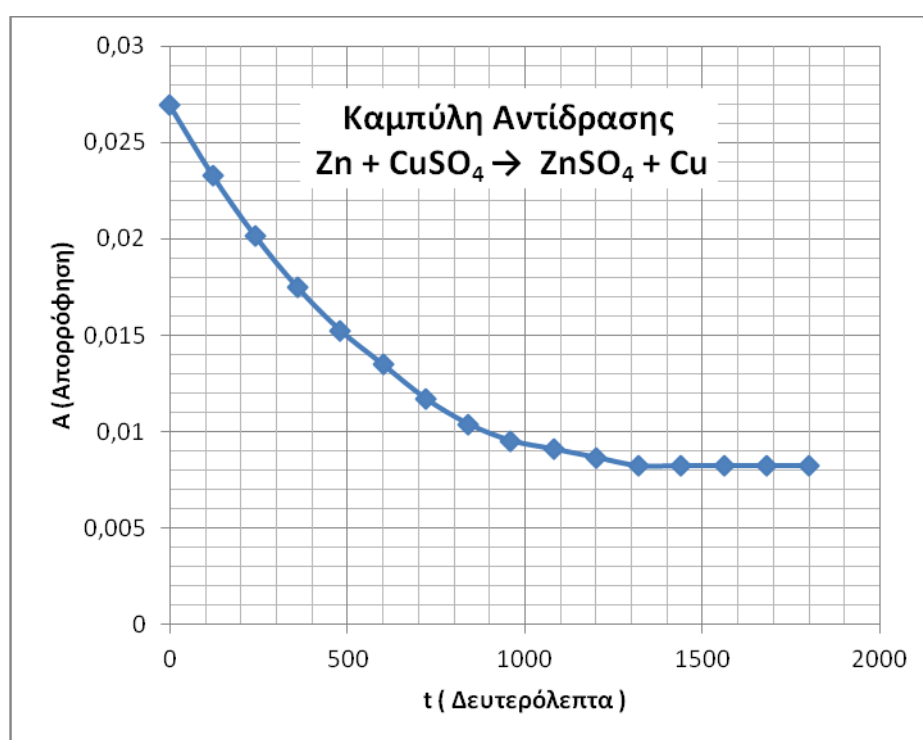
## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά, μετρήθηκε η τιμή (I<sub>0</sub>) με αναμμένη τη φωτεινή πηγή, ενώ ο δοκιμαστικός σωλήνας που περιεχόταν στο φασματοφωτόμετρο περιείχε απιονισμένο νερό. Η τιμή που βρέθηκε ήταν ίση με 1015. Στη συνέχεια, ορίστηκε να γίνεται καταγραφή των τιμών ανά 20 δευτερόλεπτα (σύμφωνα με τον κώδικα που περιγράφεται παραπάνω). Μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετήθηκε ορισμένη ποσότητα διαλύματος CuSO<sub>4</sub> με μικρά ελάσματα μεταλλικού Zn και τοποθετήθηκε στο σωλήνα του φασματοφωτόμετρου. Μετά από 30 λεπτά πρόεκυψαν οι παρακάτω τιμές για το μέγεθος (I) (στήλη 4, Πινάκας 1). Με βάση τις τιμές που καταγράφηκαν για την ένταση (I), διαμορφώθηκε ο παρακάτω Πινάκας 1 και η Γραφική Παράσταση (A – t) ανάλογη της (C- t) (Σχήμα 3), που ήταν και η αναμενόμενη:

	t	I <sub>0</sub>	I	A=log(I <sub>0</sub> /I)
		1015		
1	0		954	0,026918
2	120		962	0,023291
3	240		969	0,020142
4	360		975	0,017461
5	480		980	0,01524

6	600		984	0,013471
7	720		988	0,011709
8	840		991	0,010392
9	960		993	0,009517
10	1080		994	0,00908
11	1200		995	0,008643
12	1320		996	0,008207
13	1440		996	0,008207
14	1560		996	0,008207
15	1680		996	0,008207
16	1800		996	0,008207

**Πινάκας 1:** Πειραματικά δεδομένα - επεξεργασία



**Σχήμα 3:** Καμπύλη Αντίδρασης

Επισήμανση (1) : Οι τιμές που εμφανίζονται στον Πινάκα 1 είναι μια ανά 120 δευτερόλεπτα (και όχι μια ανά 20 δευτερόλεπτα σύμφωνα με τον κώδικα) χρόνος κατά τον οποίο σημειώνεται αξιόλογη μεταβολή στις λαμβανόμενες πειραματικές τιμές.

Επισήμανση (2): Κατά την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν ελάσματα Zn. Ο σχηματιζόμενος Cu επικάθεται πάνω στον μεταλλικό ψευδάργυρο με αποτέλεσμα από ένα σημείο και πέρα η αντίδραση να εξελίσσεται με πάρα πολύ αργούς ρυθμούς. Κατά συνέπεια το χημικό φαινόμενο δεν έχει ολοκληρωθεί στην διάρκεια των 30 λεπτών οπότε η καμπύλη δεν εφάπτεται στο άξονα του χρόνου.

Επισημάνση (3) : Με τη μέτρηση της διαμέτρου του δοκιμαστικού σωλήνα που αντιστοιχεί στην τιμή  $I$  της σχέσης  $\log(I_0/I) = \epsilon \cdot l \cdot C$ , την πειραματική εύρεση της τιμής ( $I$ ) διαλύματος  $\text{CuSO}_4$  γνωστής συγκέντρωσης είναι προφανές ότι μπορεί να υπολογιστεί ο συντελεστής  $\epsilon$  και να υπολογιστεί η συγκέντρωση του  $\text{CuSO}_4$  για τις χρονικές στιγμές 0, 120, 240 κτλ και να αναπαραχθεί η καμπύλη της αντίδρασης ( $C - t$ ).

Επισημάνση (4): Η φωτεινή δέσμη που εκπέμπεται από την πηγή λέιζερ θα πρέπει να περνά κοντά από την περιοχή επαφής του διαλύματος  $\text{CuSO}_4$  με τα κομμάτια του μεταλλικού Zn.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το θεωρητικό μέρος της παραπάνω εργαστηριακής άσκησης αφενός είναι ευκολονόητο (αν διδαχτεί με τη βοήθεια της προσομοίωσης από τον δικτυακό τόπο με διαδραστικές προσομοιώσεις (INTERACTIVE SIMULATIONS PHET), στη διεύθυνση [https://phet.colorado.edu/sims/html/beers-law-lab/latest/beers-law-lab\\_el.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/beers-law-lab/latest/beers-law-lab_el.html) ) και αφετέρου συνδυάζει κυρίως δύο διδακτικά αντικείμενα (Χημεία – Πληροφορική) και σε κάποιο βαθμό και Φυσική. Η εφαρμογή της στα δύο τμήματα της Γ΄ Λυκείου του σχολείου μας αποδείχθηκε μια ευχάριστη και εποικοδομητική διαδικασία. Υποβλήθηκαν από τους μαθητές εύστοχες ερωτήσεις και προβληματισμοί. Εντύπωση παρουσίασε η ερώτηση που τέθηκε, αν η ακτινοβολία που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση μεταβάλλει την ταχύτητα της αντίδρασης, διότι είναι παράγοντας που επηρεάζει την ταχύτητα της αντίδρασης. Παρόλα αυτά είναι αναγκαία η δοκιμή της σε περισσότερα τμήματα με τη δημιουργία διδακτικών σεναρίων βασισμένων στις σύγχρονες θεωρίες μάθησης, για να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα. Εξάλλου, η δυναμική της τάξης είναι αυτή που θα επιβεβαιώσει την αξία της πρότασης. Μπορεί να την εξελίξει προς το καλύτερο ή ακόμα και να την ακυρώσει.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΑΔΥΚΤΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π., Κάλλης Α. (2015). Χημεία Γ΄ Γενικού Λυκείου Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών. Πάτρα: ΙΤΥΕ "ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ".  
Κεφαλλονίτης Ι., Χρηστίδης Β. (2002). Χημεία α΄ τόμος, Β΄ Ενιαίου Λυκείου Θετική Κατεύθυνση. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

### Διαδικτυακές πηγές

[http://ecourse.uoi.gr/pluginfile.php/89341/mod\\_resource/content/1/intr%20%20Φασματοφωτομετρι\\_α.pdf](http://ecourse.uoi.gr/pluginfile.php/89341/mod_resource/content/1/intr%20%20Φασματοφωτομετρι_α.pdf). (Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων). Προσπελάστηκε στις 9/11/2017.

<https://el.wikipedia.org/wiki/Arduino>. Προσπελάστηκε στις 9/11/2017.



<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> . Προσπελάστηκε στις 9/11/2017.

<https://diyhacking.com/arduino-ldr-sensor/>. Προσπελάστηκε στις 29/11/2018.