



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ  
—  
ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

---

## **Γεωργική Χημεία**

### **Εργαστηριακές ασκήσεις**

Γεώργιος Παπαδόπουλος, Καθηγητής Τμ. Τεχνολόγων Γεωπόνων Τ.Ε.

## Άδειες Χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



## Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.



Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



## ΑΣΚΗΣΗ 7. ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ, ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ LAMBERT-BEER

Γεώργιος Κ. Παπαδόπουλος, Παρασκευή Μπέζα

### A. Θεωρητικό μέρος

#### 1. Εισαγωγή

Η θεωρία του φωτός και των χρωμάτων ήταν κάτι που αναπόφευκτα θα διήγειρε τη περιέργεια και τη φαντασία του ανθρώπου. Ο άνθρωπος έμαθε να παίζει με το φως και τα χρώματα πολύ πριν καταλάβει τη φύση τους, ένα εκπληκτικό σχόλιο για το πώς μπορεί να λειτουργήσει και κάτω από ελλιπέστατη πληροφόρηση το ανθρώπινο γένος. Φτάνει οι παρατηρήσεις να είναι επαναλήψιμες και οι όποιοι πειραματισμοί να αφορούν απλές συνθήκες. Έτσι, από νωρίς ο άνθρωπος πρόσεξε ότι διάφορα φυτά (σε ρίζες, καρπούς και φύλλα) είχαν έγχρωμες ουσίες (χρωστικές) οι οποίες μπορούσαν να εκχυλιστούν, με ζεστό ή κρύο νερό, ή κάποιο άλλο κοινό διαλύτη, και στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για τη βαφή ρούχων. Μια πρακτική που χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα σε χώρες όπου δεν υπάρχει βιομηχανική παραγωγή χρωστικών. Στη Δυτική Ευρώπη και την Αμερική, η βιομηχανική παραγωγή χρωστικών ουσιών άρχισε από τα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα και συνεχίζει μέχρι τις ημέρες μας.



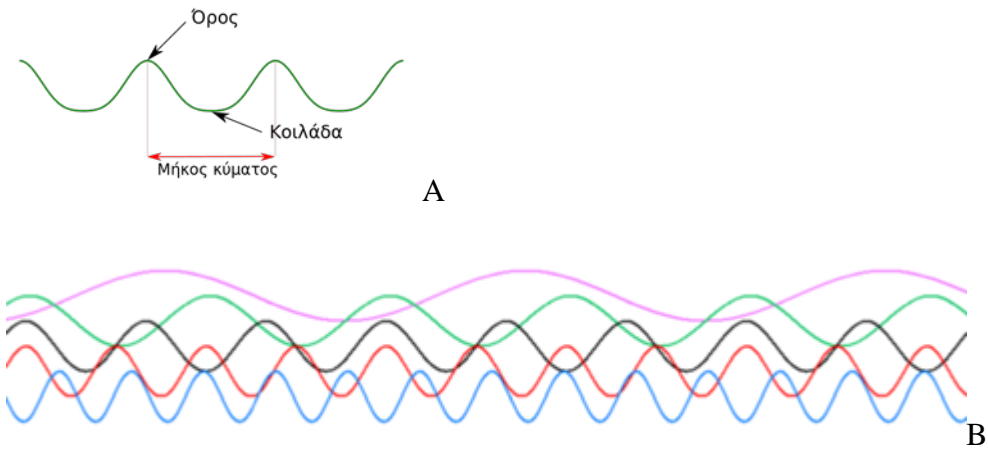
Εικόνα 1: Η χημεία των χρωμάτων του φθινοπώρου (<http://chemantas.blogspot.gr/2012/11/blog-post.html>)

Συναφής με την απομόνωση και την παραγωγή χρωστικών ήταν και η μελέτη των ιδιοτήτων τους. Αρχικά, πρέπει να κατανοήσουμε ότι *το φως είναι κύμα και σωματίδιο*. Εγκάρσιο κύμα με ταχύτητα στο κενό ίση με  $c = 3 \times 10^8$  m/s, και με τη σχέση

$$c = \lambda \cdot \nu$$

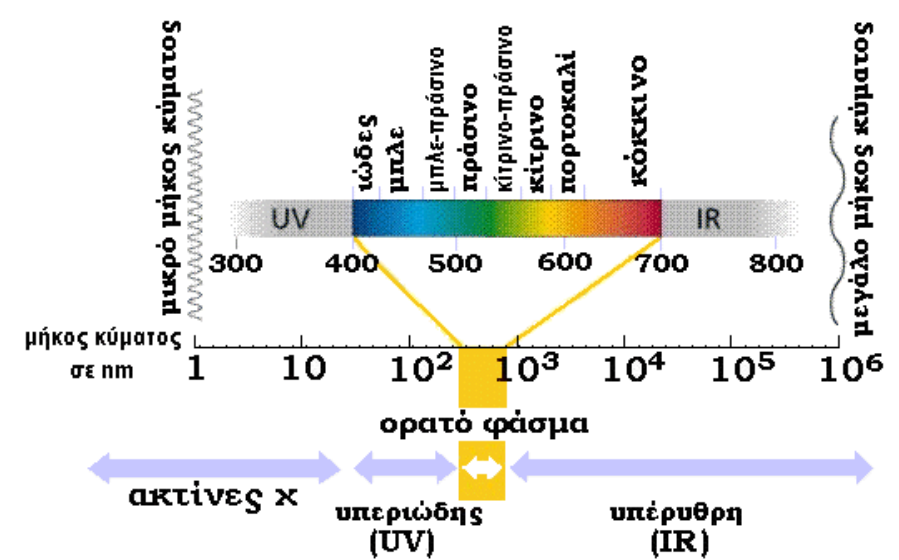
όπου  $\lambda$  = μήκος κύματος, και  $\nu$  = συχνότητα του κύματος.

Σε ένα εγκάρσιο κύμα (όπου η κατεύθυνση διάδοσης είναι κάθετη προς τη κατεύθυνση ταλάντωσης, όπως π.χ. τα κύματα που παράγονται αν σε μια λίμνη πέσει κάθετα μια βαριά πέτρα), ορίζεται ως μήκος κύματος η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ανώτατων σημείων ανύψωσης (ορέων ή λόφων), και συχνότητα το πόσα μήκη κύματος διανύει το διαδιδόμενο κύμα σε διάστημα 1 s. Αντίστοιχα, κοιλάδα ορίζεται ως το κατώτατο σημείο ενός παλλόμενου εγκάρσιου κύματος.



Εικόνα 2. Α. Εγκάρσιο κύμα. Β. Πέντε εγκάρσια κύματα που έχουν την ίδια ταχύτητα. Όπου είναι μεγάλο το μήκος κύματος είναι μικρή η συχνότητα και αντίστροφα. Πηγή: Wikipedia, όροι κύμα, συχνότητα, πρόσβαση στις 25/03/2014.

*Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα*, ονομάζεται το σύνολο των ακτινοβολιών (και κυμάτων) εκείνων που ταξιδεύουν στο κενό με ταχύτητα ίση με τη ταχύτητα του ορατού φωτός σε αυτό το μέσο. Αν μείνουμε στο μέρος του ηλεκτρομαγνητικό φάσματος που είναι κοντά στο *ορατό φώς* (δηλαδή την ακτινοβολία που αντιλαμβανόμαστε με τα μάτια μας), θα δούμε τις εξής ακτινοβολίες:



Εικόνα 3. Το φάσμα της ορατής ακτινοβολίας, καθώς και οι πλησιέστερες στη ορατή ακτινοβολίες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Από [www.Cyprusbiology.com](http://www.Cyprusbiology.com).

*Προσέξτε* πόσο μικρό εύρος μηκών κύματος καταλαμβάνει το ορατό φώς, από το ιώδες (μωβ, πορφυρό) μέχρι το κόκκινο. Αυτό αφορά *ακτινοβολία που παρατηρείται*, όπως αυτή που βλέπουμε στο ουράνιο τόξο, η οποία ουσιαστικά προκύπτει από την ολική αντανάκλαση του ηλιακού φωτός μέσα από τις σταγόνες νερού που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα μετά από βροχή.

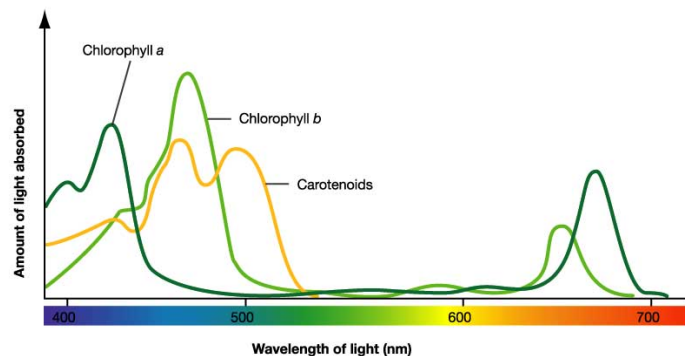
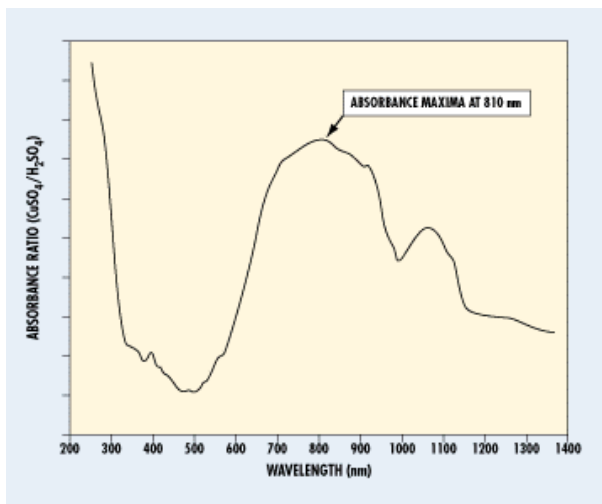
Τα πράγματα είναι διαφορετικά όταν κάποιο από τα χρώματα της ορατής ακτινοβολίας απορροφάται από ένα σώμα. Τότε εμείς βλέπουμε όλα τα υπόλοιπα, και το σύνολό τους το αντιλαμβανόμαστε ως ένα χρώμα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι: Αλληλεπίδραση ορατού φωτός και υλικού σώματος

Μήκος κύματος (nm)	Χρώμα που απορροφάται	Χρώμα που παρατηρείται
400	Ιώδες	πράσινο-κίτρινο
480	Κυανούν	Κίτρινο
530	Πράσινο	φούξια (magenta)
580	Κίτρινο	πορφυρό (μωβ)
610	Πορτοκαλί	πράσινο-κυανό
660	Κόκκινο	κυανο-πράσινο
720	Πορφυρό-κόκκινο	Πράσινο

Πηγή: Τροποποιημένο από Σανταγιάννη Α, Θωμαΐδου Α., Πτυχιακή εργασία, ΤΑΑΤ, ΤΕΙ Ηπείρου, 2011.

Ας μεταβούμε τώρα στο χώρο της αλληλεπίδρασης φωτός (ορατού ή υπεριώδους) με ουσίες οι οποίες είναι σε ένα διάλυμα, για να μελετήσουμε τη σχέση που έχει την ευρύτερη εφαρμογή από ο,τιδήποτε άλλο στη χημεία, αναφορικά με αναλυτικούς προσδιορισμούς ουσιών. Οι σχετικές μελέτες άρχισαν από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα από τον μεγάλο Γερμανό φυσιοδίφη Gustav Kirchoff. Ο Kirchoff παρατήρησε ότι κάθε καθαρή ουσία που είχε (κυρίως σε αέρια κατάσταση) είχε τη δυνατότητα να απορροφά ορατό φως σε κάποιο συγκεκριμένο μήκος κύματος, χαρακτηριστικό για την ουσία. Τη καταγραφή των μηκών κύματος απορρόφησης της ουσίας σε σχέση με το ορατό ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, ο Kirchoff την ονόμασε *φάσμα απορρόφησης*, όρος που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα. Βλέπουμε παρακάτω δύο φάσματα απορρόφησης, ένα διαλύματος θειικού χαλκού σε θειικό οξύ ( $\text{CuSO}_4$  σε  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) και ένα των χρωστικών πράσινων φύλλων (χλωροφύλλες a και b και καροτενοειδή). Στον άξονα των y είναι η *απορροφητικότητα* (absorbance), ένα μέγεθος που θα οριστεί παρακάτω, και είναι μέτρο του πόσο έντονα απορροφά φως συγκεκριμένου μήκους κύματος μια ουσία, ενώ στον άξονα των x είναι το *μήκος κύματος* (wavelength): στη δεύτερη μάλιστα περίπτωση, παραθέεται το αντίστοιχο χρώμα του ορατού φωτός ακριβώς μέσα στη τιμή του μήκους κύματος.



A.

B.

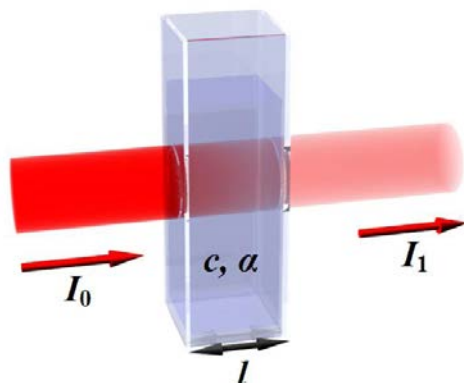
Εικόνα 4. Φάσματα απορρόφησης διάφορων ουσιών. Α. Θεικού χαλκού σε θειικό οξύ (δέστε για σύγκριση την Εικόνα 6). Β. Χρωστικών πράσινων φύλλων (χλωροφύλλης a, χλωροφύλλης b, και καροτενοειδών) σε αιθανόλη. Πηγές:

A. <http://micromagazine.fabtech.org/archive/99/09/maeda.html>,

B. <http://www.ledgrowlightshq.co.uk/chlorophyll-plant-pigments>.

Για αξιόπιστη φασματοφωτομετρία χρειάζεται αξιόπιστη σταθερή μονοχρωματική φωτεινή πηγή και αντίστοιχα αξιόπιστος τρόπος μέτρησης του απορροφώμενου φωτός. Το δείγμα που περιέχει την ουσία που μας ενδιαφέρει είναι σε διάλυμα, με τον διαλύτη να είναι κάποια ουδέτερη ουσία η οποία δεν αντιδρά και δεν αλλοιώνει την ουσία ενδιαφέροντος. Επίσης, ο διαλύτης πρέπει να έχει μηδενική απορρόφηση στην φασματική περιοχή ενδιαφέροντος, διαφορετικά προκύπτουν πολλά προβλήματα (θυμηθείτε ότι ο διαλύτης βρίσκεται σε τεράστια μοριακή περίσσεια στο διάλυμα σε σχέση με τις διαλυόμενες ουσίες).

Να ορίσουμε πρώτα την ένταση  $I_0$  του προσπίπτοντος φωτός (πάνω στο δείγμα μας) μήκους κύματος  $\lambda$ , και την ένταση  $I_1$  του εξερχόμενου (από το δείγμα μας) φωτός, ίδιου μήκους κύματος. Επειδή η ουσία που μας ενδιαφέρει είναι διαλυμένη σε κάποιον ουδέτερο διαλύτη, και τοποθετημένη σε κυψελίδα, συνήθως μήκους διαδρομής = 1 cm, για να αφαιρέσουμε την όποια απορρόφηση φωτός μπορεί να οφείλεται στη κυψελίδα ή στον διαλύτη, καταγράφουμε πρώτα την απορρόφηση της κυψελίδας με διαλύτη, αλλά χωρίς την ουσία που μας ενδιαφέρει. Αυτή η καταγραφή είναι η καταγραφή τυφλού δείγματος, ή μάρτυρα. Αξιωματικά ορίζεται ως ίση με το μηδέν. Οπότε, στη συνέχεια μπορούμε να μετρήσουμε την απορρόφηση του φωτός σε συγκεκριμένο μήκος κύματος (ή εύρος μηκών κύματος) από το δείγμα μας στη κυψελίδα.



Εικόνα 5. Απορρόφηση διαλύματος μέσω κυψελίδας. Προσέξτε πώς το ανοιχτό μπλε διάλυμα μέσα στη κυψελίδα απορροφά κόκκινο φως, έτσι ώστε η ένταση  $I_0 > I_1$ , πράγμα που σημαίνει ότι το διάλυμα έχει απορροφήσει μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας

Ορίζουμε ως απορροφητικότητα,  $A$ , ενός διαλύματος σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος

$$A = \log I_0/I_1 \quad (1)$$

Η οποία σύμφωνα με τον νόμο των Lambert-Beer ισούται με

$$A = \epsilon c l \quad (2)$$

όπου:  $I_0$  = η ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο διάλυμα

$I_1$  = η ένταση της ακτινοβολίας που εξέρχεται από το διάλυμα

$\epsilon$  = συντελεστής γραμμομοριακής απόσβεσης (σταθερά χαρακτηριστική της ουσίας, του μήκους κύματος της ακτινοβολίας που χρησιμοποιήθηκε και των συνθηκών της μέτρησης, όπως διαλύτης, pH, κ.λ.π.) σε μονάδες  $M^{-1}cm^{-1}$

$c$  = η συγκέντρωση της ουσίας στο διάλυμα, σε moles/L, M.

$l$  = το μήκος της διαδρομής της ακτινοβολίας μέσα στο διάλυμα (δηλ. το εσωτερικό πάχος της κυψελίδας στην οποία βρίσκεται το διάλυμα), το οποίο στο 99,9 % των περιπτώσεων ισούται με 1 cm.

Αν στην εξίσωση (2) πιο πάνω θέσουμε  $c = 1 M$ , και  $l = 1 cm$ , τότε  $\epsilon = A$ , οπότε θεωρούμε ότι ο συντελεστής  $\epsilon$  ισούται με την απορροφητικότητα του διαλύματός μας όταν η ουσία που μας ενδιαφέρει είναι σε συγκέντρωση 1 M. Επειδή οι τιμές του  $\epsilon$  για τις περισσότερες ουσίες που απορροφούν κυμαίνονται από 1000 έως  $10^6 M^{-1}cm^{-1}$ , και τα φασματοφωτόμετρα δίνουν αξιόπιστες μετρήσεις απορροφητικότητας μέχρι τη τιμή του 2,00, αντιλαμβανόμαστε ότι για να μπορέσουμε να έχουμε αξιόπιστες τιμές απορροφητικότητας για ουσίες με τέτοιο εύρος τιμών  $\epsilon$ , θα πρέπει οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις να κυμαίνονται από χαμηλά επίπεδα mM ( $10^{-3} M$ ) μέχρι χαμηλά επίπεδα  $\mu M$  ( $10^{-6} M$ ). Ο Νόμος των Beer-Lambert ισχύει για αυστηρά μονοχρωματική ακτινοβολία.

Αξίζει να σημειώσουμε εδώ, ότι ο νόμος των Lambert-Beer είναι ο νόμος με την ευρύτερη δυνατή εφαρμογή στην Αναλυτική Χημεία. Η πολύ μεγάλη πλειοψηφία των χημικών αναλύσεων (μετρήσεων) γίνεται με βάση αυτό τον νόμο. Οπότε η εξοικείωση με τον νόμο αυτό είναι πρώτιστο καθήκον μας.

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Υλικά

Διάλυμα θειικού χαλκού ( $\text{CuSO}_4$ ) σε απεσταγμένο νερό. Ένα σύνηθες διάλυμα σε αυτή τη περίπτωση είναι 0,4 M.

Κυψελίδες, πλαστικές μήκους οπτικής διαδρομής 1 cm, χωρητικότητας περ. 2 ml.

Δοκιμαστικοί σωλήνες (έως 8) χωρητικότητας 10-15 ml

Απεσταγμένο (απιοντισμένο) νερό σε κωνική φιάλη 125 ml.

Σιφόνια των 10, 5, 2, 1, και 0,5 ml, για αραιώσεις με απεσταγμένο νερό του μητρικού διαλύματος θειικού χαλκού.

Δοχείο ζέσεως των 50 ml.

Τοποθετούμε στο δοχείο ζέσεως όγκο θειικού χαλκού μέχρι 10 ml. Αριθμούμε τους δοκιμαστικούς σωλήνες 1 μέχρι 8. Στον πρώτο τοποθετούμε 2 ml απεσταγμένου (απιοντισμένου) νερού. Στους υπόλοιπους τοποθετούμε θειικό χαλκό και απεσταγμένο (απιοντισμένο) νερό στις δεδομένες ποσότητες:

**ΠΙΝΑΚΑΣ I: Αραιώσεις διαλύματος θειικού χαλκού και τιμές απορροφητικότητας**

A/A	Όγκος απεσταγμένου νερού, ml	Όγκος 0,4M διαλύματος θειικού χαλκού, ml	Αραιώση αρχικού διαλύματος και	τελική συγκέντρωση M	$A_{780 \text{ nm}}$
1	2	--	Μόνον διαλύτης	0 (τυφλό)	0 (τυφλό)
2	7,875	0,125			
3	7,75	0,25			
4	3,75	0,25			
5	3,5	0,5			
6	1,5	0,5			
7	1	1	½	0,2M	
8	0	2	Καμία	0,4M	

Αφού παρασκευαστούν με προσοχή όλες οι αραιώσεις του αρχικού διαλύματος, οι φοιτητές θα πρέπει να συμπληρώσουν την 4<sup>η</sup> στήλη (συντελεστής αραιώσης, διαιρώντας τον όγκο του διαλύματος θειικού χαλκού δια του όγκου διαλύτη, που χρησιμοποιήθηκε στη παρασκευή του κάθε αραιωμένου διαλύματος). Στη συνέχεια, να συμπληρώσουν την 5<sup>η</sup> στήλη πολλαπλασιάζοντας το αποτέλεσμα της 4<sup>ης</sup> στήλης επί 0,4 M.

Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνουν οι μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο, το οποίο είναι ήδη ρυθμισμένο να μετρά σε μήκος κύματος 780 nm.

Πρώτα θα γίνει μηδενισμός του φασματοφωτομέτρου με τυφλό δείγμα (αρ. 1, καθαρός διαλύτης, δηλ. απεσταγμένο νερό). **Προσοχή στον τρόπο χειρισμού της κυψελίδας.**

Όπως βλέπετε στο Σχήμα η κυψελίδα έχει μια επιφάνεια εισόδου και μια εξόδου φωτός, και δύο επιφάνειες χειρισμού (δηλ που μπορούμε να ακουμπήσουμε τα χέρια, και έχουν διαφορετική υφή). Αυτές είναι οι επιφάνειες στις οποίες βάζουμε τα δάκτυλά μας για να κρατάμε τη κυψελίδα. Συνήθως είναι χαραγμένες (σε πλαστικές κυψελίδες όπως εδώ) ή με



αδιαφανές υλικό (γυαλί ή χαλαζία, το τελευταίο για μετρήσεις στην περιοχή του υπεριώδους φωτός).

Θεωρούμε αξιωματικά την όποια απορροφητικότητα αυτού του διαλύματος ίση με το μηδέν. Το συγκεκριμένο φασματοφωτόμετρο (Hitachi) έχει τη δυνατότητα αυτόματου μηδενισμού, πράγμα που κάνουμε με τη βοήθεια του υπεύθυνου του εργαστηρίου.

Στη συνέχεια μετράμε το κάθε διάλυμα, ξεκινώντας από το αραιότερο (διάλυμα 2) στο πυκνότερο (διάλυμα 8). Αν οι κυψελίδες μας δεν έχουν κάλυμμα στο άνοιγμά τους, μπορούμε να φτιάξουμε ένα πολύ απλό με λίγο αλουμινόχαρτο. *Τα φασματοφωτόμετρα είναι πολύ ευαίσθητα όργανα. Δεν θα πρέπει να εισάγουμε ανοιχτές κυψελίδες με όποιο διάλυμα, ιδιαίτερα με οργανικούς διαλύτες. Ούτε να μας χυθεί το περιεχόμενο της κυψελίδας μέσα στον θάλαμο μέτρησης! Αν συμβεί το τελευταίο, ενημερώνουμε άμεσα τον υπεύθυνο ώστε να μας υποδείξει πώς να καθαρίσουμε κάθε ίχνος από το διάλυμα που έχει πέσει μέσα στον θάλαμο δείγματος του οργάνου.*

Μια ομάδα, που έχει πολύ καλές μετρήσεις (σύμφωνα με τον νόμο των Lambert-Beer), να πάρει, με τη βοήθεια του υπεύθυνου του εργαστηρίου, και το φάσμα απορρόφησης ενός διαλύματος θειικού χαλκού, στη περιοχή 700-800 nm, μετρώντας την απορροφητικότητα κάθε 10 nm, όπως στον παρακάτω πίνακα. Επιλέγουμε για αυτό τον σκοπό ένα διάλυμα το οποίο έχει τη μεγαλύτερη απορροφητικότητα στα 780 nm, η οποία όμως να είναι μικρότερη της τιμής 1,6.

**Πίνακας II: τιμές απορροφητικότητας θειικού χαλκού σε διάφορες τιμές λ**

Μήκος κύματος, λ nm	Απορροφητικότητα, A
700	
710	
720	
730	
740	
750	
760	
770	
780	
790	
800	

Αφού τελειώσετε με όλες τις μετρήσεις, να αδειάσετε το περιεχόμενο κυψελίδων και δοκιμαστικών σωλήνων στον νεροχύτη, να πλύνετε καλά όλα τα γυαλικά, και να κλείσετε το φασματοφωτόμετρο.

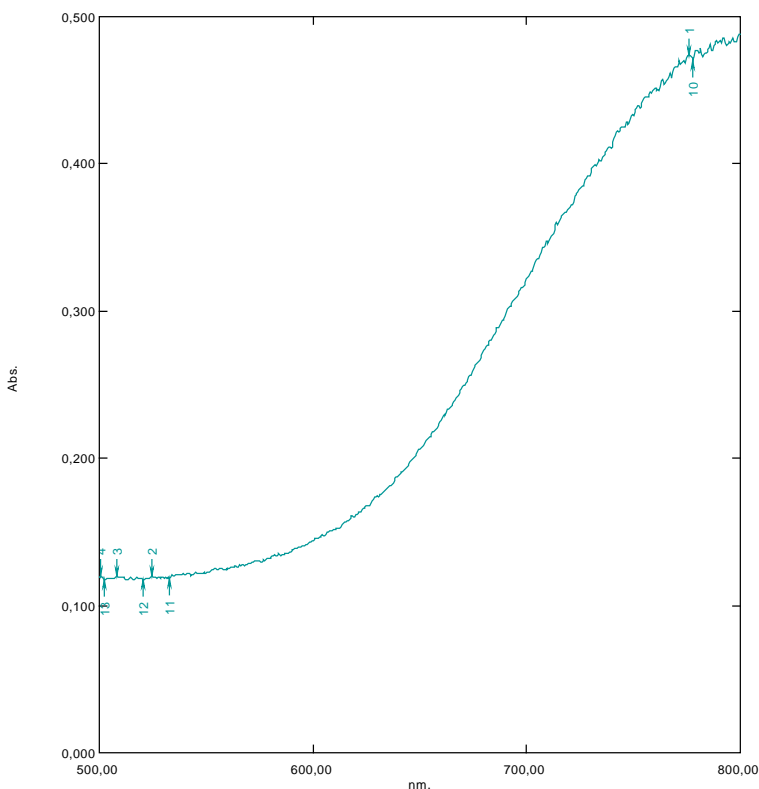
#### ΚΑΤ'ΟΙΚΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Χρησιμοποιώντας βαθμονομημένο χαρτί χιλιοστομέτρου («μιλιμετρέ») να σχεδιάσετε μια γραφική παράσταση της συγκέντρωσης του κάθε διαλύματος προς την απορροφητικότητά του στα 780 nm.

2. Να φτειάξετε μια υποτυπώδη καμπύλη φάσματος απορρόφησης του θειικού χαλκού, με βάση τα αποτελέσματα του Πίνακα Π. Συγκρίνετέ την με το συνεχές φάσμα απορρόφησης που παρατίθεται στην Εικόνα 6.

#### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι βλέπετε στην γραφική παράσταση των αποτελεσμάτων του Πίνακα Ι; Τι σημαίνουν όλα αυτά; Μέχρι ποια συγκέντρωση θειικού χαλκού μετρά το συγκεκριμένο φασματοφωτόμετρο αξιόπιστα;
2. Ποια η σημασία του τυφλού δείγματος;
3. Πώς θα μετρούσατε τη συγκέντρωση μιας ουσίας η οποία δεν απορροφά στο ορατό ή το υπεριώδες φώς;
4. Να συγκρίνετε το φάσμα του διαλύματος θειικού χαλκού που έχετε πάρει μετρώντας την απορροφητικότητα κάθε 10 nm, από 700-800 nm, με το παρακάτω φάσμα που πάρθηκε από πιο εξελιγμένο όργανο, από τρεις φοιτητές που κάνουν πτυχιακή εργασία χρησιμοποιώντας φασματοφωτομετρία (καμμία σχέση με τον θειικό χαλκό!).
5. Γιατί μετράται συνήθως η *Απορροφητικότητα* και όχι η *Διαπερατότητα* όταν θέλουμε να προσδιορίσουμε τη συγκέντρωσή του διαλύματος;
6. Με ποια κριτήρια γίνεται η επιλογή του μήκους κύματος μέτρησης από το φάσμα απορρόφησης διαλύματος ουσίας για να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση του διαλύματος με βάση το Νόμο Beer-Lambert; Γιατί η επιλογή αυτή είναι τόσο σημαντική;
7. Εδώ βλέπετε την αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη και το γεγονός ότι αυτή γίνεται ποσοτικά (όσο περισσότερη ουσία υπάρχει στο διάλυμα τόσο περισσότερο φως απορροφάται). Σκεφτείτε μια άλλη πολύ σημαντική εφαρμογή του φωτός σε ένα τελείως διαφορετικό πεδίο, εφαρμογή από την οποία εξαρτόμαστε άμεσα, σήμερα. Τι έχετε να πείτε για το φως, αφού έχετε σκεφτεί τις δύο αυτές και τόσο διαφορετικές εφαρμογές του;



Εικόνα 6. Φάσμα απορρόφησης στο ορατό (500-800 nm) διαλύματος θειικού χαλκού ( $\text{CuSO}_4$ , γαλαζόπετρα) σε απεσταγμένο νερό. Το διάλυμα έχει σχετικά έντονο ανοιχτό μπλε χρώμα, και δεν απορροφά καθόλου στην υπόλοιπη περιοχή του ορατού φωτός. Προσέξτε ότι η κορυφή της απορρόφησης πρέπει να είναι σε μήκος κύματος ελαφρώς μεγαλύτερο των 800 nm (δεν φαίνεται). Επειδή η μεγάλη πλειοψηφία των φασματοφωτομέτρων δεν μπορούν να κάνουν μετρήσεις σε μήκη κύματος μεγαλύτερα των 800 nm, επιλέγουμε να μετράμε την απορροφητικότητα διαλυμάτων θειικού χαλκού σε νερό στα 790 ή 780 nm, και να προσδιορίζονται οι αντίστοιχοι συντελεστές  $\epsilon$  για αυτές τις τιμές. (Abs = απορροφητικότητα). Όργανο : Shimadzu UV-VIS, 2501UV. Χειριστές: Μπάδας Παναγιώτης, Μπορμπότσιαλος Νικόλαος, Στεφανίδη Γεωργία. Λήψη, 28/03/2014).

#### ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ:

1. Λάλια-Καντούρη Μ., Παπαστεφάνου Σ. *Γενική και Ανόργανη Χημεία: Αρχές και Εργαστηριακές Ασκήσεις*, 2<sup>η</sup> έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 2012.
2. Ξένου ΚΔ, Ξένου Ε. *Γενική και Ανόργανη Χημεία*, Μακεδονικές Εκδόσεις, Θεσσαλονίκη, 2009.
3. Ν. Λυδάκης – Σημαντήρης, *ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ & ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΑΝΑΛΥΣΗ: Θέματα & Εργαστηριακές Ασκήσεις*, Δεύτερη έκδοση, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη, 2009.
4. Clark JM, Jr., Switzer, RL. *Πειραματική Βιοχημεία*, 2<sup>η</sup> έκδοση. 2<sup>η</sup> ανατύπωση. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2000.
5. McMurry G. *Οργανική Χημεία*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2012 (ανατύπωση σε ενιαίο τόμο).
6. Berg J, Tymoczko J, Stryer L. *Βιοχημεία*, 7<sup>η</sup> έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2014.
7. Pauling, L. *General Chemistry*, Dover Publications, New York, 1970.
8. Jones L. and Atkins P. *Chemistry: Molecules, Matter, and Change*, 4<sup>th</sup> edition, WH Freeman, New York, 2000.
9. Young, H, Freedman R. *Πανεπιστημιακή Φυσική, με σύγχρονη φυσική*. Εκδόσεις Παπαζήση. Αθήνα, 2012.

