



GREEN

38th International Physics Olympiad
Ishahan - Iran, July 2007

The 38th International Physics Olympiad Iran

Experimental Competition Tuesday, 17 July, 2007

Παρακαλώ διαβάστε τις πιο κάτω οδηγίες:

1. Πριν από την εξέταση, παίζοντας ή ασχολούμενοι με τα μέρη που απαρτίζουν την πειραματική διάταξη, διαβάστε αυτό το σημείωμα και τις ερωτήσεις προσεκτικά και πάρτε όλες τις προφυλάξεις και προειδοποιήσεις στα σοβαρά!
2. Η εξέταση διαρκεί 5 h (πέντε ώρες). Υπάρχει μία ερώτηση αποτελούμενη από 3 tasks (ζητήματα), και βαθμολογείται συνολικά με **20 βαθμούς**.
3. Χρησιμοποιήστε μόνο το στυλό που βρήκατε στο τραπέζι σας.
4. Υπάρχει ένας Πράσινος φάκελος (Green folder) μέσα σε ένα μεγαλύτερο φάκελο πάνω στο τραπέζι σας. Ο πράσινος φάκελος περιέχει 12 φύλλα **Ερωτήσεων (Question papers)** τα οποία αναγνωρίζονται από το γράμμα **Q**, 6 φύλλα **Απαντήσεων (Answer sheets)** (**A**) και επίσης ένας αριθμός από φύλλα **Γραψίματος (Writing sheets)** (**W**). Όλα τα φύλλα στο φάκελο είναι χρωματισμένα Πράσινα (Green) όπως ο φάκελός τους.
5. Παρακαλώ χρησιμοποιήστε τα φύλλα **Απαντήσεων (A)** για να συμπληρώσετε τις απαντήσεις σας. Για το γράψιμο των λύσεών σας χρησιμοποιήστε τα φύλλα **Γραψίματος (W)**. Αριθμητικά αποτελέσματα θα πρέπει να γραφούν με τόσα ψηφία όσα απαιτούνται σε κάθε περίπτωση. **Μη ξεχνάτε να γράφετε τις μονάδες.**
6. Γράψτε στα φύλλα Γραψίματος (**W**) ό,τι θεωρείτε ότι απαιτείται για τη λύση των ερωτήσεων και ό,τι επιθυμείτε να βαθμολογηθεί. Όμως θα πρέπει να χρησιμοποιείτε **όσο το δυνατόν μικρότερο κείμενο** και γράψτε μόνο εξισώσεις, αριθμούς, σύμβολα και διαγράμματα.
7. Χρησιμοποιήστε μόνο το μπροστινό μέρος των φύλλων χαρτιού που σας έχουν δοθεί.
8. Είναι απολύτως σημαντικό να αναγράφεται τον **Κωδικό Μαθητή (Student Code)** στα κουτιά στην κορυφή κάθε φύλλου χαρτιού που χρησιμοποιείτε. Συμπληρωματικά στα φύλλα **Γραψίματος (W)** που χρησιμοποιείτε για κάθε ερώτηση, πρέπει να προσθέσετε τον αύξοντα αριθμό του κάθε φύλλου (**Page No.**) και το συνολικό αριθμό των φύλλων γραψίματος (**W**) τα οποία έχετε χρησιμοποιήσει και επιθυμείτε να βαθμολογηθούν (**Total No. of pages**). Είναι επίσης χρήσιμο να γράφετε το ζήτημα με την αρίθμηση του στα οποία απαντάτε στην αρχή κάθε φύλλου. Αν χρησιμοποιήσετε μερικά φύλλα γραψίματος (**W**) για σημειώσεις οι οποίες δεν επιθυμείτε να βαθμολογηθούν, γράψτε ένα μεγάλο σταυρό διαγραφής ολόκληρου του φύλλου και μην τα συμπεριλάβετε στην αρίθμηση σας.
9. Μόλις τελειώσετε τοποθετήστε με την **κατάλληλη σειρά** όλα τα φύλλα μέσα στο φάκελο. Τοποθετήστε τα φύλλα **Απαντήσεων (A)** στη δεξιά θήκη πρώτα, μετά τοποθετήστε τα φύλλα **Γραψίματος (W)** που έχετε χρησιμοποιήσει για να γράψετε τις απαντήσεις σας με τη σειρά, ακολουθούμενα από τα φύλλα **Γραψίματος (W)** που δεν επιθυμείτε να βαθμολογηθούν. Τοποθετήστε μη χρησιμοποιημένα φύλλα με τις τυπωμένες **Ερωτήσεις (Q)** στην αριστερή θήκη. Τοποθετήστε τον πράσινο φάκελο στον μεγάλο φάκελο και αφήστε τον επάνω στο τραπέζι σας. **Μπορείτε να πάρετε μαζί σας την αριθμομηχανή ως ενθύμιο των εξετάσεων στην IPHO. Αλλά δεν σας επιτρέπεται να πάρετε οποιοδήποτε φύλλο χαρτιού έξω από την αίθουσα των εξετάσεων.**



GREEN

38th International Physics Olympiad
Ishahan - Iran, July 2007

Πειραματική Διάταξη



Περιγραφή της Πειραματικής Διάταξης

Στην Εικόνα 1 φαίνεται η διάταξη την οποία θα χρησιμοποιήσετε ,όπως θα τη βρείτε στο θρανίο σας. Το όργανο είναι ένα φασματοσκόπιο το οποίο μαζί με ένα ανιχνευτή συμπεριφέρεται ως ένα απλό φασματόμετρο.

Για να αρχίσετε τη ρύθμιση της διάταξης, θα πρέπει πρώτα να ανοίξετε το λευκό κάλυμμα του κουτιού (Εικ.1). Οι άξονες του καλύμματος βρίσκονται στη μία άκρη της βάσης της διάταξης. Με σκοπό τη δημιουργία σκοτεινού περιβάλλοντος για τον ανιχνευτή, το κάλυμμα θα πρέπει να επιστρέφει στην αρχική του θέση και να κρατιέται τελείως κλειστό κατά τη διάρκεια των μετρήσεων των φασμάτων. Το καλώδιο τροφοδοσίας έχει ένα διακόπτη ο οποίος ανοίγει και κλείνει τη λάμπα αλογόνου. Υπάρχουν τέσσερις βίδες για την οριζοντίωση της διάταξης (μία μεγέθυνσή τους φαίνεται στο δεξιό ένθετο της Εικ. 1)



Εικόνα 1. Η Διάταξη του πειράματος. Μία από τις βίδες οριζοντίωσης φαίνεται μεγενθυμένη στο δεξιό ένθετο.

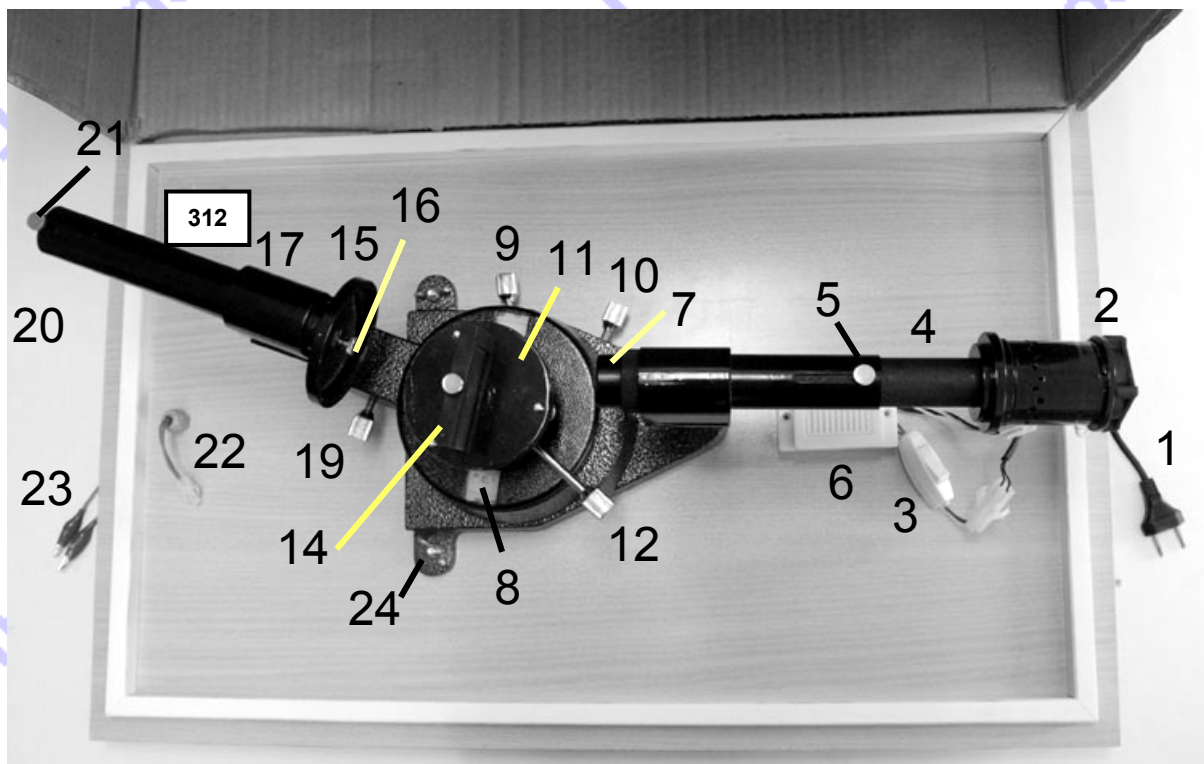


Προειδοποίηση 1: Αποφύγετε να ακουμπάτε τη λάμπα αλογόνου και τη βάση στήριξης της γιατί θα είναι **ζεστές** μετά το άναμμα της λάμπας !



Προειδοποίηση 2: Μην πειράζετε τον μετασχηματιστή και τις συνδέσεις του. Ισχύς παρέχεται στη διάταξη μέσω πρίζας των 220 V !

Η επάνω όψη της διάταξης φαίνεται στην Εικ. 2. Τα μέρη της σημειώνονται λεπτομερώς στην εικόνα.



Εικόνα 2.

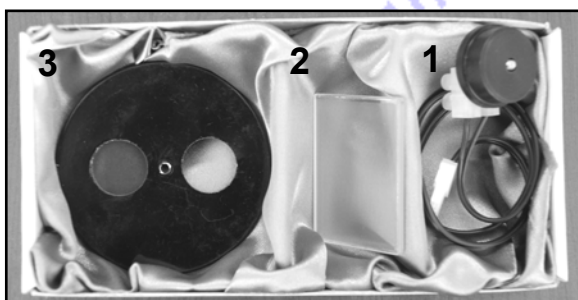
- | | |
|--|---|
| 1. Καλώδιο τροφοδοσίας | 14. Βάση στήριξης του φράγματος |
| 2. Λάμπα αλογόνου και ο ανεμιστήρας για την ψύξη της | 15. Βάση στήριξης του δείγματος |
| 3. On/Off διακόπτης | 16. Βίδα στερέωσης και ρύθμισης για τη βάση στήριξης του δείγματος και του γυαλιού (Εικ. 6) |
| 4. Βραχίονας ρύθμισης μήκους | 17. Περιστρεφόμενος βραχίονας |
| 5. Βίδα ρύθμισης | 18. Κλείδωμα περιστρεφόμενου βραχίονα (Εικ.4) |
| 6. Μετασχηματιστής: 220V – λιγότερα από 12 V | 19. Λεπτή ρύθμιση για τον περιστρεφόμενο βραχίονα |
| 7. Φακοί | 20. Θέση ανιχνευτή |
| 8. Βερνιέρος | 21. Βίδα στερέωσης για τον ανιχνευτή |
| 9. Κλείδωμα Βερνιέρου | 22. Ντουί σύνδεσης για τον ανιχνευτή |
| 10. Βίδα λεπτής ρύθμισης του Βερνιέρου | 23. Κροκοδειλάκια για τη σύνδεση του πολυμέτρου |
| 11. Υποδοχή του φράγματος | 24. Βίδα στερέωσης στη βάση |
| 12. Βίδα στερέωσης της υποδοχής του φράγματος. | |
| 13. Βίδα ρύθμισης για την οριζοντίωση της υποδοχής του φράγματος (φαίνεται στην Εικ.4) | |

Ο αριθμός που φαίνεται στην επάνω - αριστερή γωνία, είναι το **νούμερο της διάταξης**.

Η γωνία, που σχηματίζει ο περιστρεφόμενος βραχίονας με τη διεύθυνση του σταθερού βραχίονα της διάταξης, μπορεί να μετρηθεί με ένα μοιρογνωμόνιο εφοδιασμένο με Βερνιέρο. Σ' αυτό το Βερνιέρο με ανάλυση κλίμακας είναι $30'$ (λεπτά του τόξου). Αυτή η συσκευή μπορεί να μετρά μια γωνία με την ακρίβεια $5'$.

Επιπρόσθετα με τη διάταξη μπορείτε να βρείτε ένα κουτί (Εικόνα 3), το οποίο περιέχει τα ακόλουθα:

1: έναν ανιχνευτή στη βάση στήριξής του; 2: ένα φράγμα 600 γραμμών/mm; 3: το δείγμα και ένα γυάλινο υπόστρωμα προσαρμοσμένο σε πλαίσιο.

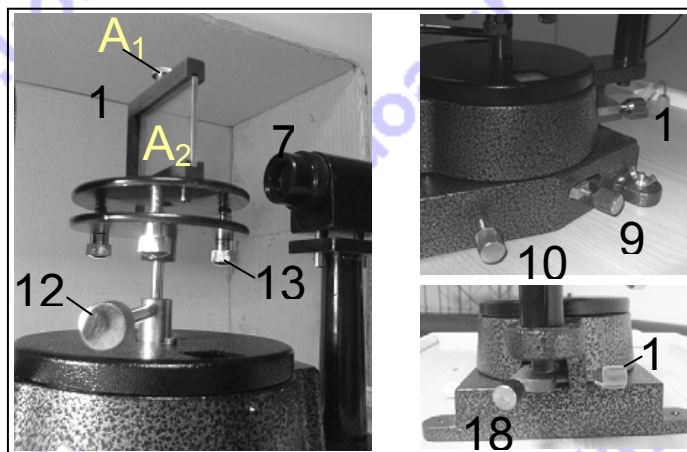


Εικόνα 3. Το μικρό κουτί, το οποίο περιέχει το γυαλί και τη βάση στήριξης του δείγματος, ένα φράγμα περίθλασης και μια φωτοαντίσταση.

Πρώτα, θα πρέπει να βγάλετε το φράγμα από το περίβλημά του και να το βάλετε μέσα στο πλαίσιο του (βάση στήριξης του φράγματος, Εικ. 4), προσεκτικά.

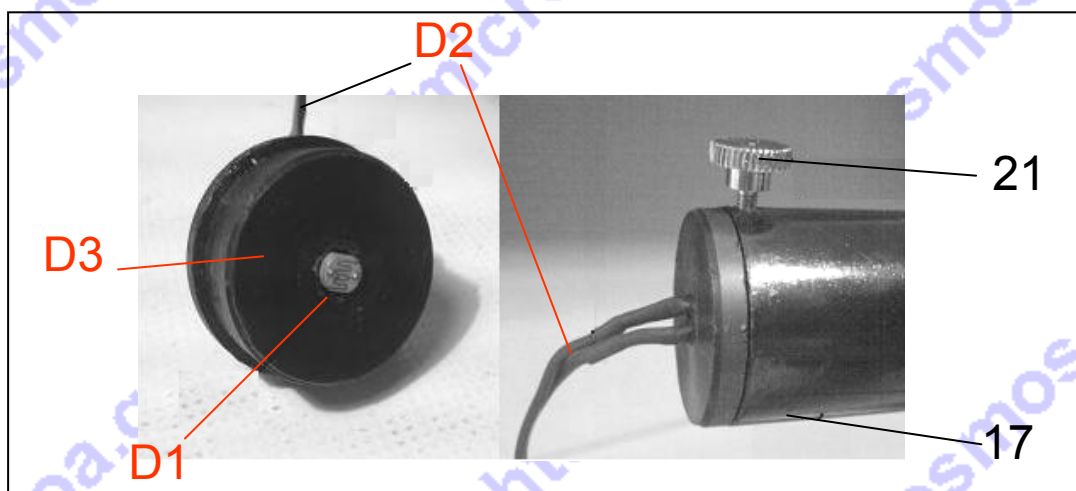
ΠΡΟΣΟΧΗ: Το άγγιγμα της επιφάνειας του φράγματος μπορεί να μειώσει σοβαρά την αποδοτικότητα της περίθλασης από το φράγμα, η ακόμη και να το καταστρέψει !

Υπάρχουν τρεις βίδες ρύθμισης (Εικ. 4) για να κάνουν το φράγμα να στέκεται κατακόρυφα στη θέση του.



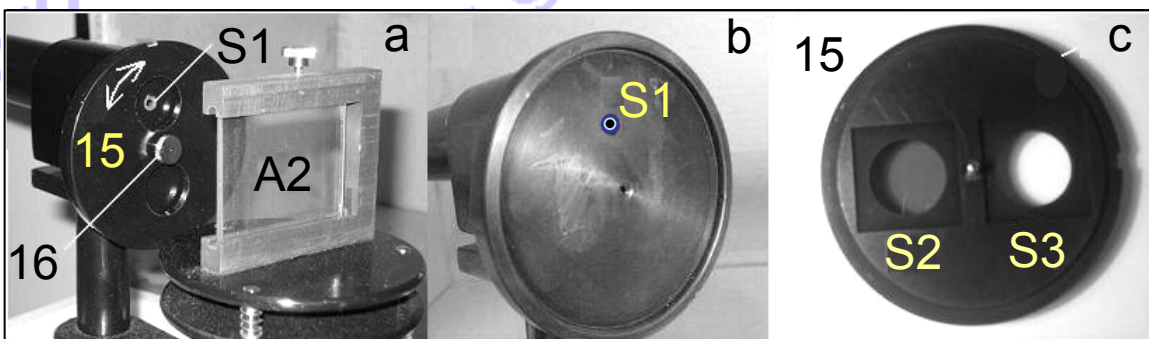
Εικόνα 4. Βίδες κλειδώματος, στερέωσης και ρύθμισης της διάταξης. Α₁: Βίδα στερέωσης για το φράγμα; Α₂: Το φράγμα. 7, 9, 10, 12-14, 18 και 19 εξηγούνται στην Εικόνα 2.

Ο ανιχνευτής θα πρέπει να στερεωθεί στη θέση του, στην άκρη του περιστρεφόμενου βραχίονα, (Εικόνα 5):



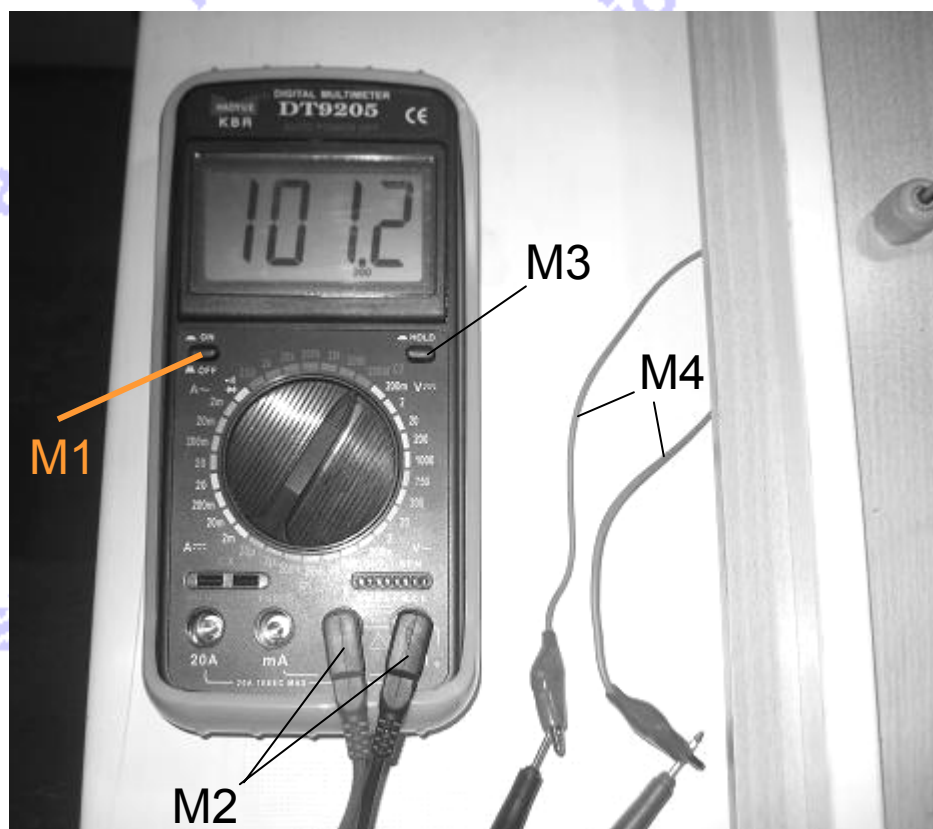
Εικόνα 5 . Ο ανιχνευτής και η βάση στήριξής του. D1: Η φωτοαντίσταση. D2: καλώδιο σύνδεσης. D3: Η βάση στήριξης του ανιχνευτή. 17 και 21 εξηγούνται στην Εικ. 2.

Το δείγμα και το γυάλινο υπόστρωμα είναι στερεωμένα σε ένα πλαίσιο (βάση στήριξης) (Εικ. 6c), το οποίο πρέπει να προσαρμοσθεί στο όργανο με τη βίδα στερέωσης (Εικ. 6a, το 16). Αυτό το πλαίσιο είναι περιστρεφόμενο και κάποιος μπορεί να τοποθετήσει το δείγμα ή το γυάλινο υπόστρωμα μπροστά από την οπή εισόδου, περιστρέφοντας το πλαίσιο γύρω από τη βίδα στήριξης (Εικ. 6a).



Εικόνα 6 . Το δείγμα και η βάση στήριξης του γυαλιού. S1: Οπή εισόδου; S2Δείγμα; S3: Γυάλινο υπόστρωμα. 15 και 16 εξηγούνται στην Εικ. 2.

Το Πολύμετρο το οποίο θα χρησιμοποιήσετε για την καταγραφή των σημάτων που ανιχνεύονται από τη φωτοαντίσταση φαίνεται στην Εικ. 7. Αυτό το πολύμετρο είναι δυνατόν να μετρήσει μέχρι $200\text{ M}\Omega$. Ο κόκκινος και ο μαύρος ακροδέκτης θα πρέπει να συνδεθούν με το όργανο όπως φαίνεται στην Εικ. 7. Το κουμπί on/off βρίσκεται στο αριστερό επάνω μέρος του πολυμέτρου (Εικ. 7, το M1).



Εικόνα 7. Το Πολύμετρο για τη μέτρηση της αντίστασης της φωτοαντιστάτη. M1: διακόπτης on/off, M2: ακροδέκτες, M3: κουμπί Hold, M4: καλώδια σύνδεσης με τη διάταξη.

Σημείωση: Το πολύμετρο έχει auto-off λειτουργία. Για τη λειτουργία auto-off, πρέπει να πατήσετε το κουμπί on/off (M1) δύο φορές, επιτυχώς.

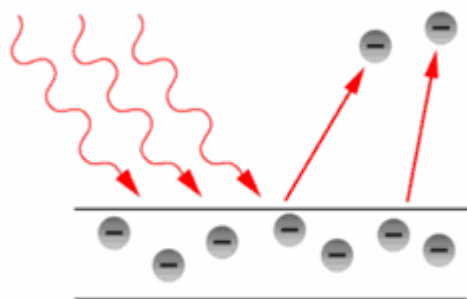
- ❖ Το κουμπί Hold δεν θα πρέπει να είναι πατημένο κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Πειραματικό Πρόβλημα

Προσδιορισμός του ενεργειακού χάσματος λεπτών φιλμ ημιαγωγών

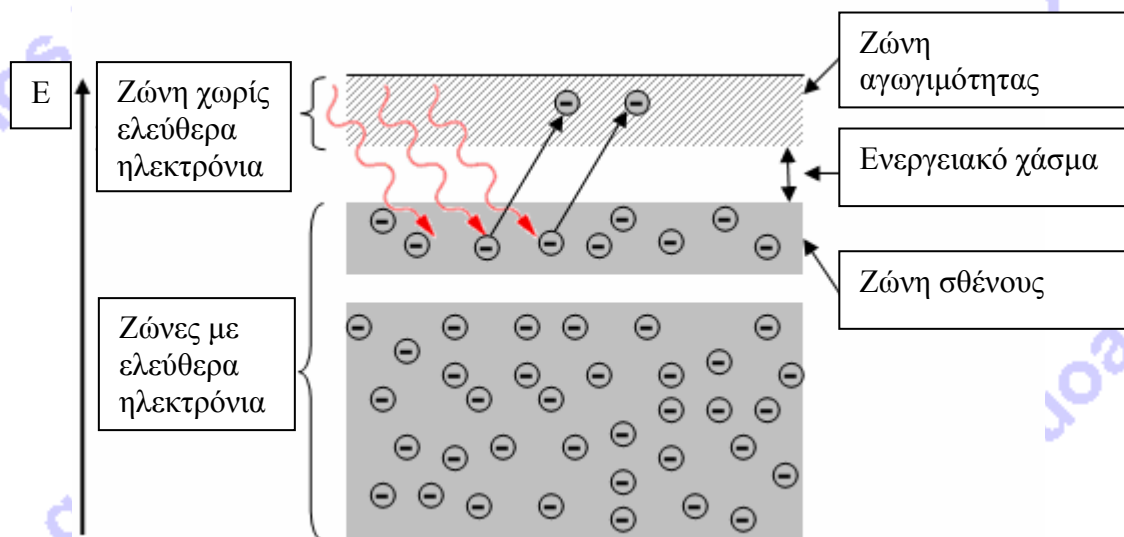
I. Εισαγωγή

Οι ημιαγωγοί μπορούν να χαρακτηριστούν ως τα υλικά με ηλεκτρονικές ιδιότητες μεταξύ αυτών των αγωγών και των μονωτών. Για να κατανοήσει κάποιος τις ηλεκτρονικές ιδιότητες μεταξύ αγωγών και μονωτών πρέπει να γνωρίζει πολύ καλά το *φωτοηλεκτρικό φαινόμενο*. Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι κβαντικό φαινόμενο στο πεδίο της ηλεκτρονικής όπου φωτοηλεκτρόνια εκπέμπονται από την ύλη λόγω της απορρόφησης ικανού ποσού ενέργειας από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (δηλαδή φωτονίων). Το ελάχιστο ποσό ενέργειας που απαιτείται για την εκπομπή ενός φωτοηλεκτρονίου από ένα μέταλλο με την απορρόφηση φωτονίου ονομάζεται "*έργο εξαγωγής*". Έτσι, φωτόνια με συχνότητα ν μεγαλύτερη από μια χαρακτηριστική τιμή (οριακή συχνότητα) ή με ενέργεια $h\nu$ (όπου h είναι η σταθερά του Planck) μεγαλύτερη από το έργο εξαγωγής του υλικού μπορούν να διώξουν ηλεκτρόνια από το υλικό.



Σχήμα 1. Μια απεικόνιση της εκπομπής ηλεκτρονίων από μια μεταλλική πλάκα. Το προσπίπτων φωτόνιο πρέπει να έχει ενέργεια μεγαλύτερη από το έργο εξαγωγής του υλικού του μετάλλου.

Στην πραγματικότητα, η έννοια του έργου εξαγωγής στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι παρόμοια με την έννοια του ενεργειακού χάσματος της απαγορευμένης ζώνης ενός ημιαγωγού. Στη φυσική στερεάς κατάστασης, το ενεργειακό χάσμα E_g είναι η ενεργειακή διαφορά μεταξύ της κορυφής της ζώνης σθένους και του πυθμένα της ζώνης αγωγιμότητας των μονωτών και των ημιαγωγών. Η ζώνη σθένους είναι πλήρης με ελεύθερα ηλεκτρόνια ενώ η ζώνη αγωγιμότητας είναι αγωγιμότητα ενός ημιαγωγού εξαρτάται ισχυρά από το ενεργειακό χάσμα.



Σχήμα 2. Σχηματική αναπαράσταση ενεργειακών ζωνών σε ημιαγωγό.

Η μηχανική της απαγορευμένης ζώνης ονομάζεται η διαδικασία με την οποία ελέγχεται ή μεταβάλλεται το ενεργειακό χάσμα της απαγορευμένης ζώνης ενός υλικού ελέγχοντας τη σύνθεση συγκεκριμένων ημιαγωγών πρόσμιξης. Πρόσφατα, έχει βρεθεί ότι αλλάζοντας τη νανοδομή ενός ημιαγωγού είναι δυνατό να ελέγξουμε την απαγορευμένη ζώνη.

Σε αυτό το πείραμα, θα προσδιορίσουμε το ενεργειακό χάσμα λεπτού φιλμ ημιαγωγού αποτελούμενο από αλυσίδες νανωσωματιδίων οξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3) χρησιμοποιώντας μια μέθοδο της οπτικής. Για να μετρήσουμε το ενεργειακό χάσμα, μελετούμε τις οπτικές ιδιότητες απορρόφησης του διαφανούς φιλμ χρησιμοποιώντας το οπτικό του φάσμα. Αυτό το φάσμα απορρόφησης δείχνει μια απότομη αύξηση όταν η ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων είναι ίση με το ενεργειακό χάσμα.

II. Συναρμολόγηση της πειραματικής διάταξης.

Θα βρείτε τα ακόλουθα υλικά και όργανα στον πάγκο εργασίας σας:

1. Ένα μεγάλο λευκό κουτί που περιέχει ένα φασματόμετρο με μια λάμπα αλογόνου (halogen lamp).
2. Ένα μικρό κουτί που περιέχει ένα δείγμα με φιλμ (sample), γυάλινο υπόστρωμα, βάση στήριξης του δείγματος, ένα φράγμα (grading) και ένα φωτοαντιστάτη (photoresistor).
3. Ένα πολύμετρο.
4. Μια αριθμομηχανή.
5. Ένας κανόνας.
6. Ένα χαρτόνι με μια μικρή οπή στο κέντρο.
7. Σετ από κενές ταμπέλες.

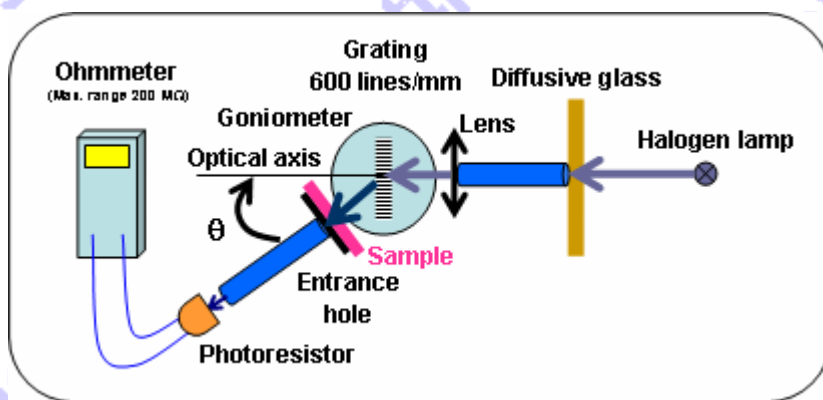
Το φασματόμετρο περιέχει ένα γωνιόμετρο με ακρίβεια $5'$. Η λάμπα αλογόνου ενεργεί ως η πηγή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και είναι ενσωματωμένη στο εσωτερικό του σταθερού βραχίονα του φασματομέτρου. (περισσότερες λεπτομέρειες μπορείτε να βρείτε στα φύλλα με τίτλο "Περιγραφή της Διάταξης").

Το μικρό κιβώτιο περιέχει τα ακόλουθα:

1. Μια βάση στήριξης του δείγματος με δύο παράθυρα: γυάλινο υπόστρωμα επιστρωμένο με φιλμ Fe_2O_3 τοποθετημένο πάνω σε ένα από τα παράθυρα και ένα μη επιστρωμένο γυάλινο υπόστρωμα τοποθετημένο πάνω στο άλλο παράθυρο.
2. Ένας φωτοαντιστάτης ο οποίος είναι τοποθετημένος πάνω σε στήριγμα, ο οποίος ενεργεί ως ανιχνευτής της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (φωτός).
3. Ένα διαφανές φράγμα περίθλασης (600 γραμμές/mm).

Σημείωση: Αποφεύγετε να αγγίζετε την επιφάνεια οποιουδήποτε υλικού στο μικρό κιβώτιο!

Το σχήμα 3 δείχνει σχηματική αναπαράσταση της πειραματικής διάταξης:



Σχήμα 3. Σχηματική αναπαράσταση της πειραματικής διάταξης.

III. Μέθοδος

Για να υπολογίσουμε τη διάδοση μέσα από ένα φιλμ σε κάθε μήκος κύματος, $T_{\text{φιλμ}}(\lambda)$, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο:

$$T_{\text{φιλμ}}(\lambda) = \frac{I_{\text{φιλμ}}(\lambda)}{I_{\text{γυαλί}}(\lambda)} \quad (1)$$

όπου $I_{\text{φιλμ}}$ και $I_{\text{γυαλί}}$ είναι αντίστοιχα η ένταση του φωτός που διαδίδεται από το γυαλί που είναι επιστρωμένο και η ένταση του φωτός που μεταφέρεται από το γυαλί που δεν είναι επιστρωμένο. Η τιμή του I μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας ένα ανιχνευτή φωτός όπως ένα φωτοαντιστάτη. Σε ένα φωτοαντιστάτη, η ηλεκτρική αντίσταση αυξάνεται με την αύξηση της έντασης του προσπίπτοντος φωτός. Σε αυτή την περίπτωση, η τιμή του I μπορεί να προσδιοριστεί από την ακόλουθη σχέση:

$$I(\lambda) = C(\lambda)R^{-1} \quad (2)$$

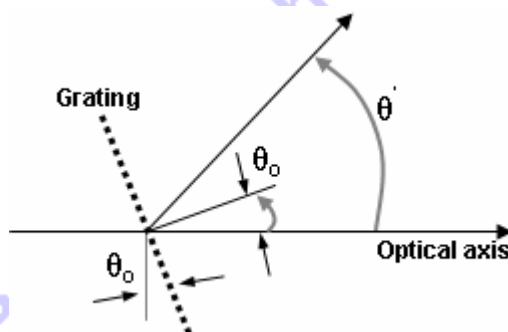
Όπου R είναι η ηλεκτρική αντίσταση του φωτοαντιστάτη, C είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από το λ .

Το φράγμα περίθλασης μπορεί να προκαλέσει περίθλαση στο φως για διάφορα μήκη κύματος και για διάφορες γωνίες. Επομένως, για να μελετήσουμε τις μεταβολές του T σε συνάρτηση με το λ , είναι αρκετό να αλλάζουμε τη γωνία του φωτοαντιστάτη (θ') σε σχέση με τον οπτικό άξονα (ορίζεται από τη διεύθυνση του προσπίπτοντος φωτός στο φράγμα περίθλασης), όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.

Από την εξίσωση του φράγματος περίθλασης:

$$n\lambda = d[\sin(\theta' - \theta_0) + \sin \theta_0] \quad (3)$$

Κάποιος μπορεί να προσδιορίσει τη γωνία θ' που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο λ : n είναι ένας ακέραιος αριθμός και αντιπροσωπεύει την τάξη περίθλασης, d είναι η σταθερά του φράγματος, και θ_0 είναι η γωνία που σχηματίζει η κάθετος στην επιφάνεια του φράγματος περίθλασης με τον οπτικό άξονα. (δες Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Ορισμός των γωνιών στην Ερώτηση 3.

Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι για ενέργειες φωτονίου λίγο μεγαλύτερες από το ενεργειακό χάσμα, ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^n \quad (4)$$

όπου α είναι ο συντελεστής απορρόφησης του φιλμ, A είναι μια ποσότητα που εξαρτάται από το υλικό του φιλμ και n είναι μια σταθερά που προσδιορίζεται από το μηχανισμό απορρόφησης του υλικού του φιλμ και από τη δομή του. Η διάδοση σχετίζεται με την τιμή του α με βάση τη σχέση:

$$T_{\phi\lambda\mu} = e^{-\alpha t} \quad (5)$$

όπου t είναι το πάχος του φιλμ.



IV. Εργασίες:

0. Η πειραματική διάταξή σας και το μικρό κουτί το οποίο περιέχει το δείγμα είναι σημαδεμένα με νούμερα. Γράψετε το νούμερο της πειραματικής διάταξης και το νούμερο του δείγματος στα κατάλληλα τετράγωνα, στο φύλλο απαντήσεων.

1. Ρυθμίσεις και Μετρήσεις:

1-a	• Ελέγξτε και αναφέρατε τη μέγιστη ακρίβεια ($\Delta\theta$) του γωνιομέτρου.	0.1 pt
-----	---	-----------

Σημείωση: Μπορείτε να ζητήσετε μεγεθυντικό φακό.

Στάδιο1:

Για να αρχίσετε το πείραμα, ανάψτε τη λάμπα αλογόνου για να ζεσταθεί. Καλύτερα να αφήσετε συνεχώς τη λάμπα αναμμένη κατά τη διάρκεια του πειράματος. Εφόσον η λάμπα ζεσταίνεται όλο και περισσότερο με την πάροδο του χρόνου, να αποφύγετε να την αγγίζετε.

Τοποθετήστε την λάμπα όσο πιο μακριά γίνεται από το φακό, ώστε να έχετε μια παράλληλη δέσμη φωτός.

Θα κάνετε πρόχειρα μια ρύθμιση μηδενός του γωνιομέτρου χωρίς τη χρήση του φωτοαντιστάτη. Ξεκλειδώστε τον περιστρεφόμενο άξονα με τη βίδα 18 (στο κάτω μέρος του βραχίονα) και ευθυγραμμίστε τον περιστρεφόμενο άξονα με τον οπτικό άξονα. Τώρα κλειδώστε σφικτά τον περιστρεφόμενο άξονα με τη βίδα 18. Ξεκλειδώστε το βερνιέρο με τη βίδα 9 και περιστρέψτε στο μηδέν της κλίμακας του βερνιέρου. Τώρα σφίξτε το βερνιέρο με τη βίδα 9 και χρησιμοποιήστε τη βίδα λεπτής ρύθμισης του βερνιέρου (βίδα 10) για να θέσετε το μηδέν στην κλίμακα του βερνιέρου. Τοποθετήστε το φράγμα περίθλασης μέσα στη βάση στήριξης του και περιστρέψτε το μέχρι να είναι σχεδόν κάθετο στον οπτικό άξονα. Τοποθετήστε το χαρτόνι με την οπή μπροστά από την πηγή φωτός και τοποθετήστε την οπή σε τέτοια θέση που το φως να προσπίπτει στο φράγμα περίθλασης. Περιστρέψτε με προσοχή το φράγμα περίθλασης μέχρι που η ανακλώμενη δέσμη φωτός να συμπίπτει με την προσπίπτουσα δέσμη. Τώρα κλειδώστε τη βάση στήριξης του φράγματος σφίγγοντας τη βίδα με τη βίδα 12.

1-b	• Μετρώντας την απόσταση μεταξύ της οπής και του φράγματος περίθλασης, προσδιορίστε την ακρίβεια αυτής της ρύθμισης ($\Delta\theta_0$).	0.3 pt
	• Τώρα, περιστρέφοντας τον κινούμενο βραχίονα του φασματομέτρου, προσδιορίστε και καταγράψτε τις τιμές της γωνίας για τις οποίες παρατηρείται περίθλαση πρώτης τάξης του ορατού φωτός (από το μπλε στο κόκκινο).	0.2 pt



Στάδιο 2:

Τώρα, εγκαταστήστε το φωτοαντιστάτη στο τέλος του περιστρεφόμενου βραχίονα του φασματομέτρου. Για να ευθυγραμμίσετε οπτικά το σύστημα, χρησιμοποιώντας τη φωτοαντίσταση, περιστρέψτε ελαφρώς το βραχίονα του φασματομέτρου έτσι ώστε ο φωτοαντιστάτης να παρουσιάζει ελάχιστη τιμή αντίστασης. Για τη ρύθμιση της θέσης του περιστρεφόμενου βραχίονα χρησιμοποιήστε τη βίδα λεπτής ρύθμισης του βραχίονα.

Χρησιμοποιήστε τη βίδα λεπτής ρύθμισης του βερνιέρου για να θέσετε το μηδέν στην κλίμακα του βερνιέρου.

1- c	Καταγράψτε την ελάχιστη τιμή που μετρήσατε για την αντίσταση ($R_{\min}^0$).	0.1 pt
	Η ρύθμιση μηδενός είναι τώρα πιο ακριβής. Καταγράψτε την ακρίβεια αυτής της νέα μέτρησης. ($\Delta\phi_0$). Σημείωση: $\Delta\phi_0$ είναι το σφάλμα στην ευθυγράμμιση, δηλαδή είναι μέτρο της μη-ευθυγράμμισης του περιστρεφόμενου βραχίονα με τον οπτικό άξονα.	0.1 pt

- **Υπόδειξη:** Μετά από αυτή την εργασία θα πρέπει να σφίζετε καλά τις βίδες του βερνιέρου. Επιπρόσθετα, σφίζτε τις βίδες του στηρίγματος του φωτοαντιστάτη για να σταθεροποιηθεί και μην την αφαιρέσετε κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Στάδιο 3:

Μετακινήστε τον περιστρεφόμενο βραχίονα στη θέση όπου παρατηρείται περίθλαση πρώτης τάξης. Βρείτε τη γωνία για την οποία η αντίσταση του φωτοαντιστάτη είναι ελάχιστη (μέγιστη ένταση του φωτός). Χρησιμοποιώντας τις βίδες οριζοντίωσης, μπορείτε να αλλάξετε ελαφρώς την κλίση του φράγματος, για να πετύχετε ακόμα πιο μικρή τιμή της αντίστασης.

1- c	Καταγράψτε την ελάχιστη τιμή της αντίστασης ($R_{\min}^{(1)}$) στο κατάλληλο τετράγωνο.	0.1 pt
---------	--	-----------

Είναι τώρα αναγκαίο να ελεγχθεί κατά πόσο είναι κατακόρυφο το φράγμα για τη ρύθμιση μηδενός, ξανά. Για αυτό πρέπει να χρησιμοποιήσετε τη μέθοδο ανάκλασης-σύμπτωσης του σταδίου 1.

- **Σημαντικό:** Από το σημείο αυτό και μετά εκτελέστε το πείραμα στο σκοτάδι (κλείστε το κάλυμμα).

Μετρήσεις: Βιδώστε τη βάση στήριξης του δείγματος στο περιστρεφόμενο βραχίονα. Πριν αρχίσετε τι μετρήσεις, εξετάστε την εμφάνιση του φιλμ ημιαγωγού (δείγμα). Τοποθετήστε το δείγμα μπροστά από την οπή εισόδου S_1 στο περιστρεφόμενο βραχίονα έτσι ώστε μια ομοιόμορφα επικαλυμμένη επιφάνεια του δείγματος να καλύπτει την οπή. Για να βεβαιωθείτε ότι κάθε φορά δουλεύετε με το ίδιο μέρος του δείγματος, κάντε κατάλληλες ενδείξεις στο στηρίγμα του δείγματος και του περιστρεφόμενου βραχίονα με τις κενές ετικέτες.



Προσοχή: Για μετρήσεις στην περιοχή μεγάλων αντιστάσεων, είναι απαραίτητο να αφήνουμε το φωτοαντιστάτη να ηρεμεί, για αυτό σε κάθε μέτρηση στην περιοχή αυτή περιμένετε 3 με 4 λεπτά πριν καταγράψετε τη μέτρησή σας.

1-d	Μετρήστε την αντίσταση της φωτοαντίστασης για το μη επιστρωμένο γυάλινο υπόστρωμα και για το επιστρωμένο με επιφάνεια ημιαγωγού γυάλινο υπόστρωμα ως συνάρτηση της γωνίας θ (η τιμή που δίνει το γωνιόμετρο για τη γωνία μεταξύ της φωτοαντίστασης και του οπτικού άξονα). Ακολουθώντας συμπληρώστε τον πίνακα 1d. Σημειώστε ότι χρειάζεστε τουλάχιστο 20 πειραματικά δεδομένα στο διάστημα που βρήκατε στο στάδιο 1b. Εκτελέστε μετρήσεις χρησιμοποιώντας την κατάλληλη κλίμακα για το ωμόμετρο.	2.0 pt
	Θεωρήστε το σφάλμα που σχετίζεται με κάθε πειραματικό δεδομένο. Βασίστε την απάντησή σας μόνο στις ενδείξεις του ωμομέτρου.	1.0 pt

Στάδιο 4:

Η ακρίβεια που βρήκατε μέχρι τώρα είναι ακόμα περιορισμένη εφόσον είναι αδύνατο να ευθυγραμμίσετε τον περιστρεφόμενο βραχίονα με τον οπτικό άξονα και/ή να τοποθετήσετε το φράγμα περίθλασης κάθετα με τον οπτικό άξονα με 100% ακρίβεια. Έτσι χρειάζεται ακόμα να βρούμε τη ασυμμετρία και από τις δύο πλευρές του οπτικού άξονα (που προκύπτει από την απόκλιση της κάθετης στο φράγμα περίθλασης με τον οπτικό άξονα (θ_0)).

Για να μετρήσετε αυτή την ασυμμετρία, ακολουθήστε τα επόμενα στάδια:

1-e	Πρώτα, μετρήστε το $T_{\phi\lambda\mu}$ για $\theta = -20^\circ$, πάρτε τιμές για το $T_{\phi\lambda\mu}$ για κάποιες άλλες τιμές της γωνίας γύρω από την τιμή $\theta = +20^\circ$. Συμπληρώστε τον πίνακα 1e.	0.6 pt
	Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση του $T_{\phi\lambda\mu}$ σε σχέση με το θ και χαράξτε την καμπύλη (μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις τιμές του πίνακα 1d).	0.6 pt

Στην καμπύλη που χαράξατε βρείτε την τιμή της γωνίας γ για την οποία η τιμή του $T_{\phi\lambda\mu}$ είναι ίση με την τιμή του $T_{\phi\lambda\mu}$ που μετρήσατε για $\theta = -20^\circ$

($\gamma = \theta \Big|_{T_{\phi\lambda\mu} = T_{\phi\lambda\mu}(-20^\circ)}$). Σημειώστε τη διαφορά αυτής της γωνίας με $+20^\circ$ ως δ , δηλαδή:

$$\delta = \gamma - 20^\circ \quad (6)$$

1-e	Καταγράψτε την τιμή του δ στο κατάλληλο τετράγωνο.	0.2 pt
-----	--	-----------



Έπειτα για την περίθλαση πρώτης τάξης, η εξίσωση (3) μπορεί να απλοποιηθεί ως εξής:

$$\lambda = d \sin\left(\theta - \frac{\delta}{2}\right) \quad (7)$$

όπου θ είναι η γωνία που αναγιγνώσκεται στο γωνιόμετρο.

2. Υπολογισμοί:

2-a	Χρησιμοποιήστε την εξίσωση (7) για να εκφράσετε το $\Delta\lambda$ σε σχέση με τα σφάλματα των υπολοίπων παραμέτρων. Επίσης, χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις (1), (2), και (5), εκφράστε $\Delta T_{\text{φιλμ}}$ και $\Delta(\alpha t)$ σε σχέση με τα R και ΔR.	0.6 pt
2-b	Καταγράψτε την τιμή του $\Delta\lambda$.	0.3 pt
2-c	Βασιζόμενοι στις παραμέτρους που μετρήσατε στην εργασία 1, συμπληρώστε τον πίνακα 2c για κάθε θ. Σημειώστε ότι το μήκος κύματος θα πρέπει να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την εξίσωση (7).	2.4 pt
2-d	Χαράξτε στους ίδιους άξονες το $R_{\gamma\alpha\lambda\iota}^{-1}$ και $R_{\phi\iota\lambda\mu}^{-1}$ ως συνάρτηση του μήκους κύματος. Σημειώστε ότι με βάση την εξίσωση (2) οι συμπεριφορές των $R_{\gamma\alpha\lambda\iota}^{-1}$ και $R_{\phi\iota\lambda\mu}^{-1}$ μπορούν λογικά να σας δώσουν μια ένδειξη του τρόπου που συμπεριφέρονται τα $I_{\gamma\alpha\lambda\iota}$ και $I_{\phi\iota\lambda\mu}$.	1.5 pt
	Στον πίνακα 2d, καταγράψτε τα μήκη κύματος στα οποία $R_{\gamma\alpha\lambda\iota}$ και $R_{\phi\iota\lambda\mu}$ φτάνουν τις ελάχιστες τιμές τους.	0.4 pt
2-e	Για τη μεμβράνη ημιαγωγού (δείγμα) (sample) χαράξτε $T_{\phi\iota\lambda\mu}$ ως συνάρτηση του μήκους κύματος. Αυτή η ποσότητα αντιπροσωπεύει επίσης την μεταβολή της διάδοσης του φιλμ σε σχέση με το μήκος κύματος.	1.0 pt

3. Ανάλυση Δεδομένων:

Αντικαθιστώντας $\eta = 1/2$ και $A = 0.071$ ((eV)^{1/2}/nm) στην Εξ. (4) μπορείτε να βρείτε τιμές για τα E_g και t σε μονάδες eV και nm, αντίστοιχα. Αυτό θα επιτευχθεί βάζοντας τα σημεία που αντιστοιχούν στα ζεύγη των τιμών τους σε ένα σύστημα συντεταγμένων $x-y$ και κάνοντας προσαρμογή των σημείων σε ευθεία μόνο στην περιοχή στην οποία ικανοποιείται αυτή η εξίσωση



3-a	Υποθέτοντας $x = h\nu$ και $y = (\alpha t h \nu)^2$ και χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις σας του ζητήματος της εργασίας 1, συμπληρώστε τον πίνακα 3b για μήκη κύματος γύρω στα 530 nm και μεγαλύτερα. Εκφράστε τα αποτελέσματά σας x και y με τον ορθό αριθμό σημαντικών ψηφίων, βασιζόμενοι στην εκτίμηση του σφάλματος στο ένα πειραματικό σημείο. Σημειώστε ότι το $h\nu$ θα πρέπει να υπολογιστεί σε eV και το μήκος κύματος σε nm. Γράψτε σε παρενθέσεις τις μονάδες κάθε μεταβλητής στην πρώτη σειρά του πίνακα.	2.4 pt
3-b	- Σημειώστε στο σύστημα συντεταγμένων $x - y$ τα σημεία που αντιστοιχούν στα ζεύγη των τιμών τους. - Λάβετε υπόψη σας ότι η παράμετρος y αντιστοιχεί στην απορρόφηση του φιλμ. Σχεδιάστε την κατάλληλη ευθεία που περνά από τα σημεία στην περιοχή που η σχέση είναι γραμμική γύρω στα 530 nm. - Προσδιορίστε την περιοχή όπου η Εξ. (4) ικανοποιείται, σημειώνοντας τη μικρότερη και τη μεγαλύτερη τιμή της συντεταγμένης x για τα σημεία στα οποία προσαρμόσατε την ευθεία.	2.6 pt
3-c	Αν m η κλίση της ευθείας, βρείτε μια έκφραση για το πάχος του φιλμ (t) και το σφάλμα (Δt) συναρτήσει των m και A (θεωρήστε ότι το A δεν έχει σφάλμα).	0.5 pt
3-d	Υπολογίστε τις τιμές των E_g και t καθώς και των αντιστοίχων σφαλμάτων σε μονάδες eV και nm, αντίστοιχα. Συμπληρώστε τον πίνακα 3ε.	3.0 pt

❖ Μερικές χρήσιμες φυσικές σταθερές οι οποίες απαιτούνται για την ανάλυσή σας είναι:

- Ταχύτητα του φωτός: $c = 3.00 \times 10^8$ m/s
- Σταθερά Plank: $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J.s
- Φορτίο ηλεκτρονίου: $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C



GREEN

38th International Physics Olympiad
Ishahan - Iran, July 2007

Εργασία 0

Νούμερο Διάταξης:

Νούμερο Δείγματος:

Εργασία 1

Πίνακας 1a.

$\Delta\theta$	
----------------	--

Πίνακας 1b.

$\Delta\theta_0$	
Η ορατή περιοχή της θ (μοίρες)	$\leq \theta \leq$

Πίνακας 1c.

$R_{\min}^{(0)}$	
$\Delta\varphi_0$	
$R_{\min}^{(1)}$	



Πίνακας 1d. Οι μετρούμενες παράμετροι

[illegible]



GREEN

38th International Physics Olympiad
Ishahan - Iran, July 2007

Πίνακας 1ε.

θ	T_{film}	θ	T_{film}
-20°			

δ (μοίρες)	
-------------------	--

Εργασία 2

2a.

$$\Delta\lambda =$$

$$\Delta T =$$

$$\Delta(\alpha t) =$$

2b.

$$\leq \Delta\lambda \text{ (nm)} \leq$$



$\lambda_{\max}(I_{glass})$	
$\lambda_{\max}(I_{film})$	

