

ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Σε αυτό το πρόβλημα, χρησιμοποιούμε τη διαφορική θερμομετρική μέθοδο για να πραγματοποιήσουμε τις εξής δύο εργασίες:

1. Να βρούμε τη θερμοκρασία στερεοποίησης μιας κρυσταλλικής ουσίας.
2. Να προσδιορίσουμε την απόδοση ενός φωτοκύτταρου.

A. Διαφορική Θερμομετρική Μέθοδος

Σε αυτό το πείραμα χρησιμοποιούμε διόδους πυριτίου μιας κατεύθυνσης, ως αισθητήρες θερμοκρασίας για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Αν το ηλεκτρικό ρεύμα που διαπερνά τις διόδους είναι σταθερό τότε η πτώση δυναμικού στις διόδους εξαρτάται από τη θερμοκρασία σύμφωνα με τη σχέση

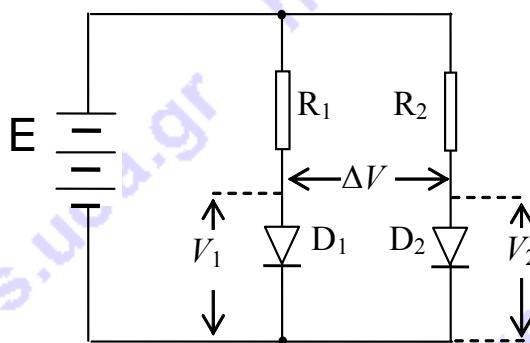
$$V(T) = V(T_0) - \alpha(T - T_0) \quad (1)$$

όπου $V(T)$ και $V(T_0)$ είναι αντίστοιχα η πτώση δυναμικού στα άκρα της διόδου σε θερμοκρασία T και σε θερμοκρασία δωματίου T_0 (σε βαθμούς κελσίου $^{\circ}\text{C}$) και ο παράγοντας

$$\alpha = 2.00 \pm 0.03 \text{ mV}/^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

Η τιμή του $V(T_0)$ μπορεί να διαφέρει ελαφρά από δίοδο σε δίοδο.

Εάν δύο τέτοιες διόδους βρεθούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες, η διαφορά μεταξύ των θερμοκρασιών μπορεί να μετρηθεί από τη διαφορά στην πτώση δυναμικού στις δύο διόδους. Η διαφορά των πτώσεων τάσεως, ονομάζεται διαφορική τάση και είναι δυνατόν να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια. Έτσι και η διαφορά θερμοκρασίας είναι δυνατόν να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται διαφορική θερμομετρική μέθοδος. Το ηλεκτρικό κύκλωμα που χρησιμοποιείται και περιλαμβάνει τις διόδους σε αυτό το πείραμα φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα. 1. Ηλεκτρικό κύκλωμα των διόδων-αισθητήρων

Οι διόδοι πυριτίου μιας κατεύθυνσης D_1 και D_2 τροφοδοτούνται από μια μπαταρία 9V σε σειρά με τις αντιστάσεις τιμής $10\text{ k}\Omega$, R_1 και R_2 . Αυτό το κύκλωμα διατηρεί το ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από τις δύο διόδους σταθερό.

Αν η θερμοκρασία στη δίοδο D_1 είναι T_1 και στη D_2 είναι T_2 τότε σύμφωνα με τη σχέση (1) έχουμε:

$$V_1(T_1) = V_1(T_0) - \alpha(T_1 - T_0)$$

και

$$V_2(T_2) = V_2(T_0) - \alpha(T_2 - T_0)$$

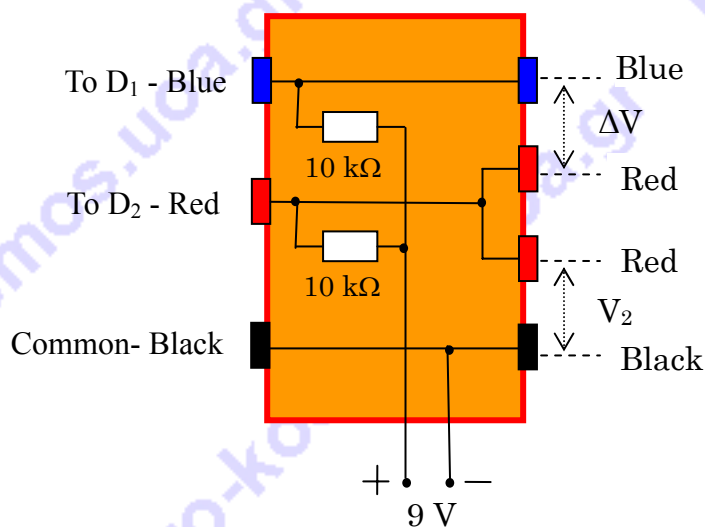
Η διαφορική τάση είναι:

$$\Delta V = V_2(T_2) - V_1(T_1) = V_2(T_0) - V_1(T_0) - \alpha(T_2 - T_1) = \Delta V(T_0) - \alpha(T_2 - T_1)$$

$$\Delta V = \Delta V(T_0) - \alpha \Delta T \quad (3)$$

όπου $\Delta T = T_2 - T_1$. Μετρώντας τη διαφορική τάση ΔV μπορούμε να καθορίσουμε τη διαφορά θερμοκρασίας.

Για να τροφοδοτήσουμε τις διόδους χρησιμοποιούμε ένα κουτί-κύκλωμα, το διάγραμμα του οποίου φαίνεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Διάγραμμα του κουτιού-κυκλώματος (επάνω όψη)

Το κουτί περιέχει τις δύο συνδεδεμένες με τις διόδους, αντιστάσεις των $10\text{ k}\Omega$ ηλεκτρικά καλώδια που συνδέουν την μπαταρία των 9 V ακροδέκτες για σύνδεση των D_1 και D_2 και ακροδέκτες για σύνδεση των ψηφιακών πολυμέτρων για τη μέτρηση της πτώσης δυναμικού V_2 στη δίοδο D_1 και της διαφορικής τάσης ΔV στις διόδους D_1 και D_2 .

B. Εργασία 1. Εύρεση της θερμοκρασίας στερεοποίησης μιας κρυσταλλικής ουσίας.

1. Ο σκοπός του πειράματος

Αν μια στερεή κρυσταλλική ουσία θερμανθεί μέχρι να λιώσει και μετά ψυχθεί, στερεοποιείται σε μια σταθερή θερμοκρασία T_s , η οποία ονομάζεται θερμοκρασία στερεοποίησης (πήξης), η οποία ονομάζεται επίσης σημείο τήξης της ουσίας. Η παραδοσιακή μέθοδος για να καθορίσουμε τη T_s είναι να παρακολουθήσουμε την αλλαγή θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ψύξης. Επειδή κατά την πήξη ελευθερώνεται λανθάνουσα θερμότητα για την αλλαγή φάσης, η θερμοκρασία της ουσίας δεν μεταβάλλεται όσο χρόνο η ουσία στερεοποιείται. Αν το ποσό της ουσίας είναι αρκετά μεγάλο, η χρονική διάρκεια κατά την οποία η θερμοκρασία παραμένει σταθερή είναι αρκετά μεγάλη και μπορεί εύκολα αυτή η θερμοκρασία T_s να καθοριστεί. Αντίθετα αν το ποσό της ουσίας είναι μικρό η χρονική διάρκεια είναι πολύ μικρή να παρατηρηθεί και έτσι είναι δύσκολο να καθοριστεί η T_s .

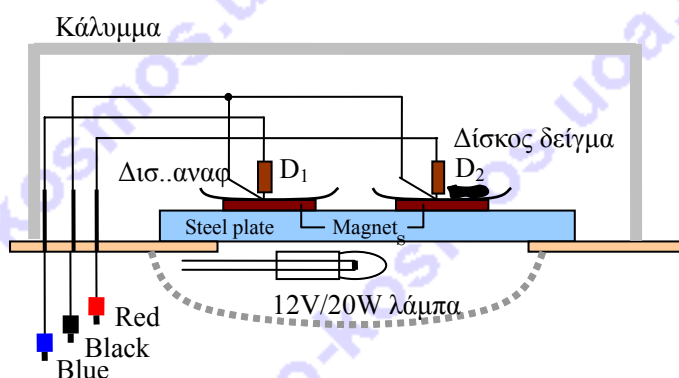
Για να προσδιορίσουμε τη T_s μικρής ποσότητας ουσίας, χρησιμοποιούμε τη διαφορική θερμομετρική μέθοδο, της οποίας η αρχή συνοψίζεται ως ακολούθως. Χρησιμοποιούμε δύο πανομοιότυπους μικρούς δίσκους από τους οποίους ο ένας περιέχει μικρή ποσότητα από την ουσία που θα μελετηθεί και ονομάζεται δίσκος δείγμα και ο άλλος δεν περιέχει την ουσία αυτή και ονομάζεται δίσκος αναφοράς. Οι δύο δίσκοι τοποθετούνται κάτω από πηγή θερμότητας, της οποίας η θερμοκρασία μεταβάλλεται αργά με το χρόνο. Η θερμότητα που μεταφέρεται από και προς στους δύο δίσκους είναι περίπου η ίδια. Κάθε δίσκος περιέχει ένα αισθητήρα θερμοκρασίας (δίοδος πυριτίου). Όταν δεν υπάρχει αλλαγή φάσης στην ουσία, η θερμοκρασία T_{samp} του δίσκου δείγμα

και η θερμοκρασία T_{ref} του δίσκου αναφοράς μεταβάλλονται με σχεδόν τον ίδιο ρυθμό, και έτσι το $\Delta T = T_{\text{ref}} - T_{\text{samp}}$ μεταβάλλεται αργά με το T_{samp} . Αν υπάρχει αλλαγή φάσης στην ουσία και κατά τη διάρκεια της αλλαγής φάσης η T_{samp} δεν μεταβάλλεται και είναι ίση με T_s , ενώ η T_{ref} μεταβάλλεται σταθερά, με αποτέλεσμα το ΔT να μεταβάλλεται γρήγορα. Η γραφική παράσταση του ΔT σε σχέση με το T_{samp} δείχνει μια απότομη μεταβολή. Η τιμή του T_{samp} που αντιστοιχεί στην απότομη αλλαγή του ΔT είναι πράγματι η T_s .

Ο σκοπός του πειράματος αυτού είναι να προσδιορίσουμε τη θερμοκρασία στερεοποίησης T_s καθαρής κρυσταλλικής ουσίας, η οποία έχει T_s στην περιοχή από 50°C μέχρι 70°C , χρησιμοποιώντας τόσο την παραδοσιακή όσο και τη διαφορική θερμική ανάλυση. Το ποσό της ουσίας που χρησιμοποιείται στο πείραμα είναι περίπου 20 mg.

2. Συσκευές και Υλικά

1. Η πηγή θερμότητας είναι μια λάμπα αλογόνου των 20 W.
2. Ένα δοχείο βακελίτη με τετράγωνη οπή χρησιμοποιείται για να συγκρατεί τους δίσκους. Ένα μεταλλικό δοχείο είναι στερεωμένο πάνω στην οπή. Δυο μικροί μαγνήτες είναι τοποθετημένοι πάνω σε μεταλλική πλάκα.



Σχήμα 3. Διάταξη για τη μέτρηση της θερμοκρασίας

3. Δύο μικροί μεταλλικοί δίσκοι οι οποίοι περιέχουν από μια δίοδο πυριτίου. Ο ένας δίσκος χρησιμοποιείται σαν δίσκος αναφοράς και ο άλλος σαν δίσκος δείγμα.

Ο κάθε δίσκος τοποθετείται πάνω σε ένα μαγνήτη. Η μαγνητική δύναμη διατηρεί την επαφή μεταξύ του δίσκου του μαγνήτη και της μεταλλικής πλάκας. Οι μαγνήτες συντηρούν επίσης μια σταθερή θερμική ροή από και προς τη μεταλλική πλάκα προς τους δίσκους.

Ένα γκρίζο πλαστικό κουτί χρησιμοποιείται σαν κάλυμμα για να προστατεύει τους δίσκους από επιδράσεις του περιβάλλοντος.

Το σχήμα 3 δείχνει τη διάταξη των δίσκων και των μαγνητών πάνω στο στήριγμα από βακελίτη και τη λάμπα φωτός.

4. Δύο ψηφιακά πολύμετρα χρησιμοποιούνται σαν βολτόμετρα. Μπορούν επίσης να μετρήσουν τη θερμοκρασία του δωματίου περιστρέφοντας το κουμπί επιλογής στη θέση “C/F”. Η λειτουργία του πολύμετρου (voltage function) ως βολτόμετρο έχει ένα σφάλμα ± 2 ψηφία για το τελευταίο ψηφίο.

Σημείωση: για να αποφευχθεί το αυτόματο σταμάτημα της λειτουργίας του πολύμετρου (κοίτα Εικόνα 9), γυρίστε τον Επιλογέα Λειτουργίας (Function Selector) από τη θέση OFF στην θέση την οποία επιθυμείτε ενώ πιέζετε και κρατάτε πατημένο το κουμπί Επιλογή (Select).

5. Το κουτί με το κύκλωμα φαίνεται στο σχήμα 2.

6. Μπαταρία των 9 V.

7. Ηλεκτρικά καλώδια.

8. Μια μικρή αμπούλα η οποία περιέχει 20 mg από την ουσία σε σκόνη που θα χρησιμοποιηθεί.

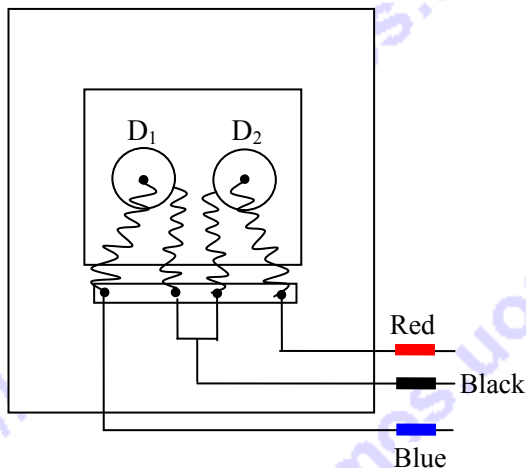
9. Χρονόμετρο

10. Υπολογιστική μηχανή

11. Τετραγωνισμένο χαρτί για γραφικές παραστάσεις.

3. Πείραμα

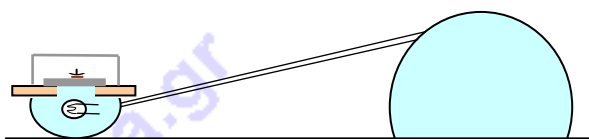
1. Οι μαγνήτες τοποθετούνται σε δύο ισοδύναμες θέσεις πάνω στη μεταλλική πλάκα. Ο δίσκος αναφοράς και ο άδειος δίσκος δείγματος τοποθετούνται πάνω στους μαγνήτες όπως φαίνεται στο σχήμα 4. Χρησιμοποιούμε το δίσκο στα αριστερά σαν το δίσκο αναφοράς, με τη δίοδο D_1 πάνω σε αυτό (η δίοδος D_1 ονομάζεται δίοδος αναφοράς), και ο δίσκος στα δεξιά σαν δίσκος δείγματος, με τη δίοδο D_2 πάνω σε αυτό (η δίοδος D_2 είναι αυτή που χρησιμοποιείται σαν δίοδος μέτρησης).



Σχήμα 4. Οι δίσκοι πάνω στο στήριγμά τους (άνω όψη)

Τοποθετείστε τη λάμπα όπως δείχνει το σχήμα 5. Μην ανάψετε τη λάμπα προς το παρόν. Τοποθετείστε το στήριγμα των δίσκων πάνω στη λάμπα. Συνδέστε τις συσκευές έτσι ώστε να μπορείτε να παίρνετε μετρήσεις της πτώση δυναμικού στη δίοδο D_2 , δηλαδή $V_{\text{samp}} = V_2$, και της διαφορικής τάσης ΔV .

Για να ελαχιστοποιήσουμε τα σφάλματα που οφείλονται στη περίοδο ζεστάματος των οργάνων και των συσκευών, συστήνεται να ενεργοποιήσετε το κύκλωμα με τη λάμπα σβηστή, πέντε λεπτά πριν να αρχίσετε να παίρνετε μετρήσεις.



Σχήμα 5

Χρησιμοποιώντας τη λάμπα αλογόνου ως πηγή θερμότητας

- 1.1. Μετρήστε τη θερμοκρασία δωματίου T_0 και τη τάση $V_{\text{samp}}(T_0)$ στα άκρα της δίοδου D_2 που είναι στερεωμένη στο δίσκο δείγματος στη θερμοκρασία δωματίου T_0 .
- 1.2. Υπολογίστε τη τάση $V_{\text{samp}}(50^\circ\text{C})$, $V_{\text{samp}}(70^\circ\text{C})$ και $V_{\text{samp}}(80^\circ\text{C})$ της δίοδου μέτρησης σε θερμοκρασίες 50°C , 70°C και 80°C , αντίστοιχα.

2. Ανάψτε τη λάμπα, έχοντας τους δυο δίσκους άδειους. Παρατηρώντας τις τιμές της τάσης V_{samp} , να σβήσετε τη λάμπα όταν η θερμοκρασία του δίσκου δείγματος φτάσει την τιμή $T_{\text{samp}} \sim 80^{\circ}\text{C}$.

2.1. Περιμένετε μέχρι που η θερμοκρασία του δείγματος γίνει $T_{\text{samp}} \sim 70^{\circ}\text{C}$, και μετά αρχίστε να παίρνετε μετρήσεις των τιμών V_{samp} και των αρνητικών τιμών ΔV σε σχέση με το χρόνο (κάθε 10 – 20s), ενώ η μεταλλική πλάκα ψύχεται. Καταγράψετε, στο φύλλο απαντήσεων, τις τιμές των V_{samp} και ΔV που παίρνετε κάθε 10 s με 20 s στον πίνακα μετρήσεων. Αν το ΔV μεταβάλλεται γρήγορα, το χρονικό διάστημα μεταξύ των διαδοχικών μετρήσεων πρέπει να είναι πιο μικρό. Να σταματήσετε να παίρνετε μετρήσεις, όταν η θερμοκρασία του δίσκου δείγματος πέσει στους $T_{\text{samp}} \sim 50^{\circ}\text{C}$.

2.2. Να χαράξετε τη γραφική παράσταση του V_{samp} συναρτήσει του t , στο τετραγωνισμένο χαρτί που σας δόθηκε και ονομάστε την Graph 1.

2.3. Να χαράξετε τη γραφική παράσταση του ΔV συναρτήσει του V_{samp} , στο τετραγωνισμένο χαρτί που σας δόθηκε και ονομάστε την Graph 2.

Σημείωση: Για τα 2.2 και 2.3 μην ξεχάσετε να γράψετε το ορθό όνομα κάθε γραφικής παράστασης, graph.

3. Αδειάστε την ουσία από την αμπούλα μέσα στο δίσκο δείγματος. Επαναλάβετε το πείραμα ακριβώς με την ίδια μέθοδο, όπως περιγράφεται στη παράγραφο 2.

3.1. Να καταγράψετε τις τιμές των V_{samp} και των θετικών τιμών ΔV σε σχέση με το χρόνο t στον πίνακα μετρήσεων.

3.2. Να χαράξετε τη γραφική παράσταση του V_{samp} συναρτήσει του t , στο τετραγωνισμένο χαρτί που σας δόθηκε και ονομάστε την Graph 3.

3.3. Να χαράξετε τη γραφική παράσταση, που είναι καμπύλη, του ΔV συναρτήσει του V_{samp} , στο τετραγωνισμένο χαρτί που σας δόθηκε και ονομάστε την Graph 4.

Σημείωση: Για τα 3.2 και 3.3 μην ξεχάσετε να γράψετε το ορθό όνομα κάθε γραφικής παράστασης, graph.

4. Συγκρίνοντας τις γραφικές παραστάσεις στις παραγράφους 2 και 3, να καθορίσετε τη θερμοκρασία στερεοποίησης (πήξης) της ουσίας.

4.1. Χρησιμοποιώντας την παραδοσιακή μέθοδο, να καθορίσετε την θερμοκρασία πήξης T_s , συγκρίνοντας τις γραφικές παραστάσεις του V_{samp} σε σχέση με το χρόνο t , των παραγράφων 3 και 2, δηλαδή την Graph 3 και Graph 1, σημειώστε το σημείο στην Graph 3, όπου στερεοποιείται η ουσία και καθορίστε την τιμή V_s (που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό) του V_{samp} . Να βρείτε τη θερμοκρασία στερεοποίησης T_s της ουσίας και να υπολογίσετε το σφάλμα.

4.2. Χρησιμοποιήστε τη διαφορική θερμομετρική μέθοδο για να καθορίσετε την T_s :
Να συγκρίνετε τις γραφικές παραστάσεις του ΔV σε σχέση με το V_{samp} στην παράγραφο 3 και 2, δηλαδή τις γραφικές Graph 4 και Graph 2, σημειώστε το σημείο στην Graph 4, όπου στερεοποιείται η ουσία και καθορίστε την τιμή V_s του V_{samp} .

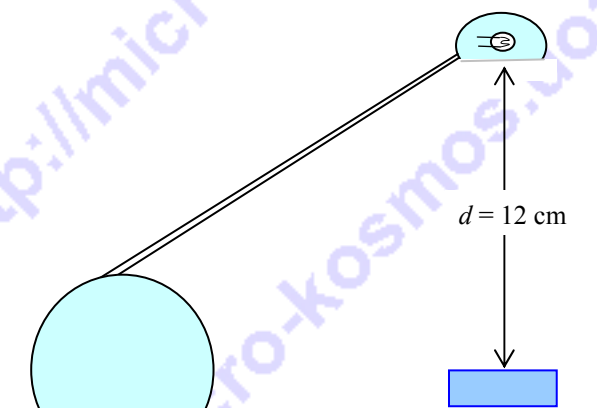
Βρείτε τη θερμοκρασία στερεοποίησης T_s της ουσίας.

4.3. Υπολογίστε το σφάλμα στον υπολογισμό του T_s που βρήκατε με τη διαφορική θερμομετρική μέθοδο, με τη βοήθεια των σφαλμάτων των μετρήσεων και των οργάνων. Να καταγράψετε τους υπολογισμούς για το σφάλμα και τελικά να καταγράψετε την τιμή του T_s μαζί με το αντίστοιχο σφάλμα, στο φύλλο απαντήσεων.

C. Εργασία 2: Προσδιορισμός της απόδοσης φωτοκύτταρου κάτω από τη φωτοβολία λάμπας αλογόνου.

1. Στόχος του πειράματος

Ο στόχος του πειράματος είναι να καθορίσουμε την απόδοση ενός ηλιακού φωτοκύτταρου κάτω από τη φωτοβολία λάμπας πυρακτώσεως. Η απόδοση καθορίζεται από το λόγο της ηλεκτρικής ισχύος που αποδίδει το φωτοκύτταρο σε ένα εξωτερικό κύκλωμα προς την ολική ισχύ ακτινοβολίας που εισέρχεται στο φωτοκύτταρο. Η απόδοση εξαρτάται από το φάσμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Στο πείραμα αυτό η προσπίπτουσα ακτινοβολία στο φωτοκύτταρο είναι εκείνη που προέρχεται από μια λάμπα αλογόνου. Για να καθορίσουμε την απόδοση του φωτοκύτταρου πρέπει να μετρήσουμε την ένταση της ακτινοβολίας, E , σε ένα σημείο που βρίσκεται κάτω από τη λάμπα σε κάθετη απόσταση d και τη μέγιστη ισχύ P_{\max} του φωτοκύτταρου όταν τοποθετηθεί σε αυτό το σημείο. Στο πείραμα αυτό, $d = 12$ cm (Σχήμα 6). Το E προσδιορίζεται από τη σχέση: $E = \Phi/S$ όπου Φ είναι η ακτινοβολούμενη ισχύς, και S είναι το εμβαδό της επιφάνειας που ακτινοβολείται.

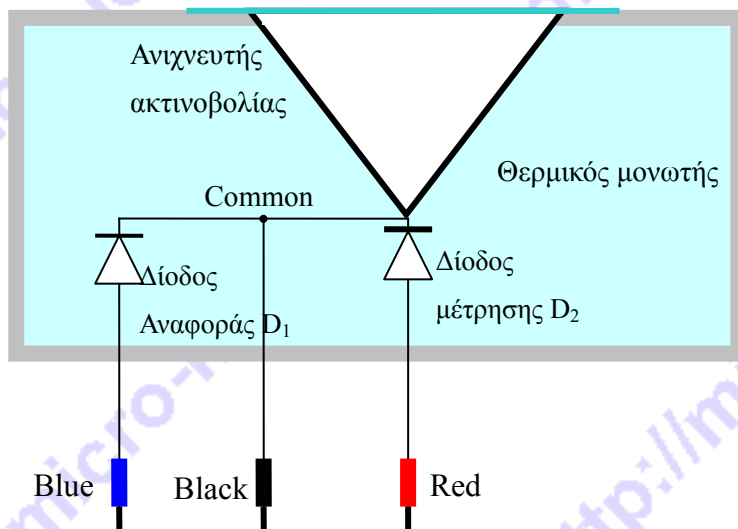


Σχήμα 6

Χρησιμοποιώντας τη λάμπα αλογόνου σαν πηγή φωτός

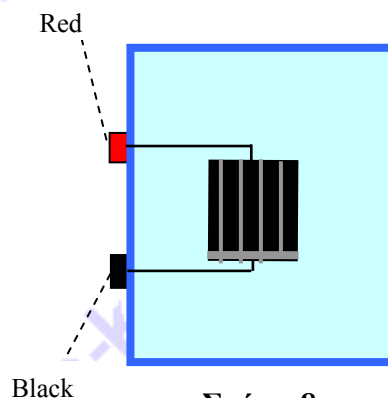
2. Συσκευές και Υλικά

1. Η πηγή φωτός είναι μια λάμπα αλογόνου των 20 W.
2. Ο ανιχνευτής ακτινοβολίας είναι ένας χάλκινος κώνος του οποίου η εσωτερική επιφάνεια είναι μαυρισμένη με αιθάλη (Σχήμα 7).



Σχήμα 7. Διάγραμμα του ανιχνευτή ακτινοβολίας

Ο κώνος δεν είναι εντελώς θερμικά μονωμένος από το περιβάλλον. Στο πείραμα αυτό, ο ανιχνευτής θεωρείται σαν ιδανικό μέλαν σώμα. Για να μετρήσουμε τη θερμοκρασία χρησιμοποιούμε διόδους πυριτίου. Η διόδος είναι στερεωμένη πάνω στον ανιχνευτή ακτινοβολίας (D_2 στο Σχήμα 1 και Σχήμα 7), έτσι ώστε η θερμοκρασία της να είναι η ίδια με αυτή του κώνου. Η διόδος αναφοράς είναι τοποθετημένη στην εσωτερική πλευρά του τοιχώματος του δοχείου που περιέχει τον ανιχνευτή και η θερμοκρασία της είναι ίση με του περιβάλλοντος. Η ολική θερμοχωρητικότητα του ανιχνευτή (ο κώνος και η διόδος μέτρησης) είναι $C = (0.69 \pm 0.02) \text{ J/K}$. Ο ανιχνευτής είναι καλυμμένος με ένα πολύ λεπτό στρώμα πολυαιθυλενίου, του οποίου είναι αμελητέα η απορρόφηση και η ανάκλαση της ακτινοβολίας.


Σχήμα 8

Φωτοκύτταρο

3. Ένα κουτί με κύκλωμα όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.

4. Ένα ηλιακό φωτοκύτταρο στερεωμένο πάνω σε πλαστικό κουτί. (Σχήμα 8). Το εμβαδό του φωτοκύτταρου περιλαμβάνει μερικές μεταλλικές συνδέσεις. Για τον υπολογισμό της απόδοσης οι μεταλλικές συνδέσεις θεωρούνται σαν μέρη του φωτοκύτταρου.

5. Δύο ψηφιακά πολύμετρα. Η εσωτερική τους αντίσταση θεωρείται άπειρη όταν χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση τάσης. Δεν μπορούμε να αγνοήσουμε την εσωτερική τους αντίσταση όταν χρησιμοποιούνται για να μετρούμε ηλεκτρικό ρεύμα. Η λειτουργία του πολύμετρου (voltage function) ως βολτόμετρο έχει ένα σφάλμα ± 2 ψηφία για το τελευταίο ψηφίο. Τα πολύμετρα μπορούν επίσης να μετρήσουν τη θερμοκρασία δοματίου.

6. Μια μπαταρία των 9 V

7. Μια μεταβλητή αντίσταση.

8. Ένα χρονόμετρο

9. Ένας χάρακας με υποδιαιρέσεις 1mm

10. Ηλεκτρικά καλώδια.

11. Τετραγωνισμένο χαρτί για γραφικές παραστάσεις.

Σημείωση: για να αποφευχθεί το αυτόματο σταμάτημα της λειτουργίας του πολύμετρου (κοίτα Εικόνα 9), γυρίστε τον Επιλογέα Λειτουργίας (Function Selector) από τη θέση OFF στην θέση την οποία επιθυμείτε ενώ πιέζετε και κρατάτε πατημένο το κουμπί Επιλογή (Select).

3. Πείραμα

Όταν ο ανιχνευτής προσλαμβάνει ενέργεια από ακτινοβολία, θερμαίνεται. Την ίδια στιγμή, ο ανιχνευτής αποβάλλει θερμότητα με διάφορους μηχανισμούς, όπως η θερμική επαφή, μεταφορά, ακτινοβολία κλπ... Έτσι, η ακτινοβολούμενη ενέργεια που προσλαμβάνεται από τον ανιχνευτή στο χρονικό διάστημα dt είναι ίση με το άθροισμα της ενέργειας η οποία απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας του ανιχνευτή και την ενέργεια που μεταφέρεται από τον ανιχνευτή στο περιβάλλον:

$$\Phi dt = CdT + dQ$$

όπου C είναι η ειδική θερμότητα του ανιχνευτή και της διόδου, dT είναι η αύξηση της θερμοκρασίας dQ είναι η απώλεια θερμότητας.

Όταν η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του ανιχνευτή και του περιβάλλοντος είναι $\Delta T = T - T_0$ είναι μικρή, μπορούμε να θεωρούμε ότι η θερμότητα dQ η οποία μεταφέρεται από τον ανιχνευτή στο περιβάλλον στο χρονικό διάστημα dt είναι περίπου ανάλογη με την ΔT και το dt , δηλαδή $dQ = k\Delta T dt$, όπου k είναι ένας παράγοντας ο οποίος μετριέται σε W/K. Οπότε, θεωρώντας ότι k είναι σταθερά και ΔT είναι μικρό, έχουμε:

$$\Phi dt = CdT + k\Delta T dt = Cd(\Delta T) + k\Delta T dt$$

$$\text{ή} \quad \frac{d(\Delta T)}{dt} + \frac{k}{C} \Delta T = \frac{\Phi}{C} \quad (4)$$

Εάν $k = \text{σταθερά}$, η λύση αυτής της διαφορικής εξίσωσης καθορίζει την αυξομείωση της θερμοκρασιακής διαφοράς ΔT με το χρόνο t , από τη στιγμή που ο ανιχνευτής ξεκινά να δέχεται φως με σταθερή ακτινοβολία

$$\Delta T(t) = \frac{\Phi}{k} \left(1 - e^{-\frac{k}{C}t} \right) \quad (5)$$

Όταν σταματήσει η ακτινοβολία, η παραπάνω διαφορική εξίσωση στην οποία αναφερθήκαμε γίνεται

$$\frac{d(\Delta T)}{dt} + \frac{k}{C} \Delta T = 0 \quad (6)$$

Και η θερμοκρασιακή διαφορά ΔT μεταβάλλεται με το χρόνο σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\Delta T(t) = \Delta T(0) e^{-\frac{k}{C}t} \quad (7)$$

όπου $\Delta T(0)$ είναι η θερμοκρασιακή διαφορά τη στιγμή $t = 0$ (η στιγμή κατά την οποία αρχίζουν οι μετρήσεις).

1. Καθορίστε τη θερμοκρασία του δωματίου T_0 .

2. Συνθέστε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα το οποίο να περιλαμβάνει τις διόδους αισθητήρες, το κουτί του κυκλώματος και τα πολύμετρα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του ανιχνευτή.

Με σκοπό να απαλείψουμε τα σφάλματα που οφείλονται στη διάρκεια της θέρμανσης των οργάνων, απαιτείται απαραίτητα να τεθεί το όλο κύκλωμα σε λειτουργία, με τη λάμπα σβηστή, για περίπου 5 λεπτά πριν αρχίσει ο πειραματισμός και η λήψη των μετρήσεων.

2.1. Τοποθετείστε τον ανιχνευτή κάτω από την πηγή του φωτός, σε απόσταση $d = 12$ cm από τη λάμπα. Η λάμπα είναι σβηστή. Παρακολουθήστε τη μεταβολή των αρνητικών τιμών ΔV για περίπου 2 λεπτά παίρνοντας μετρήσεις κάθε 10 s και καθορίστε την τιμή της $\Delta V(T_0)$ στην εξίσωση (3).

2.2. Ανάψτε την λάμπα ώστε να φωτιστεί ο ανιχνευτής. Παρακολουθήστε τη μεταβολή των αρνητικών τιμών ΔV . Κάθε 10-15 s, γράψτε μια τιμή της ΔV στον πίνακα που σας παρέχεται στο φύλλο απαντήσεων. (**Σημείωση:** Οι στήλες x και y του πίνακα θα σας χρησιμεύσουν αργότερα στα ερωτήματα της παραγράφου 4). Μετά από 2 λεπτά, σβήστε τη λάμπα.

2.3. Απομακρύνετε τον ανιχνευτή από τη λάμπα. Παρακολουθήστε τη μεταβολή των αρνητικών τιμών ΔV για περίπου 2 λεπτά μετά από την απομάκρυνση. Κάθε 10-15 s, γράψτε τις τιμές ΔV στον πίνακα του φύλλου απαντήσεων. (**Σημείωση:** Οι στήλες x και y του πίνακα θα σας χρησιμεύσουν αργότερα στα ερωτήματα της παραγράφου 3).

Σημείωση: Καθώς ο ανιχνευτής έχει μια θερμική αδράνεια, απαιτείται να μην χρησιμοποιήσετε κάποια δεδομένα τα οποία ελήφθησαν αμέσως μετά τη στιγμή κατά την οποία ο ανιχνευτής αρχίζει να φωτίζεται ή αμέσως μετά την διακοπή του φωτισμού του.

3. Σχεδιάστε ένα γράφημα σε x - y σύστημα συντεταγμένων, με μεταβλητές x και y επιλεγμένες κατάλληλα, με σκοπό την απόδειξη του ότι μετά το σβήσιμο της λάμπας, ικανοποιείται η εξίσωση (7).

3.1. Γράψτε τις εκφράσεις για τις μεταβλητές x και y .

3.2. Σχεδιάστε μια γραφική παράσταση της y σε σχέση με τη x , και ονομάστε τη graph 5

3.3. Από αυτή τη γραφική παράσταση, καθορίστε την τιμή του k .

4. Σχεδιάστε μια γραφική παράσταση σε x - y σύστημα συντεταγμένων, με μεταβλητές x και y επιλεγμένες κατάλληλα, με σκοπό την απόδειξη του ότι, όταν ο ανιχνευτής φωτίζεται, ικανοποιείται η εξίσωση (5).

4.1. Γράψτε τις εκφράσεις για τις μεταβλητές x και y .

4.2. Σχεδιάστε μια γραφική παράσταση της y σε σχέση με τη x , και ονομάστε το graph 6.

4.3. Καθορίστε την E στο στόμιο του ανιχνευτή.

5. Τοποθετείστε το φωτοκύτταρο στην ίδια θέση όπου βρισκόταν ο ανιχνευτής της ακτινοβολίας. Συνδέστε το φωτοκύτταρο σε ένα κατάλληλο ηλεκτρικό κύκλωμα συμπεριλαμβάνοντας τα πολύμετρα και ένα μεταβλητό αντιστάτη ο οποίος χρησιμοποιείται για τη μεταβολή του εξωτερικού κυκλώματος του φωτοκυττάρου. Μετρήστε το ρεύμα στο κύκλωμα και την τάση στο φωτοκύτταρο για διάφορες τιμές της αντίστασης του αντιστάτη.

5.1. Σχεδιάστε ένα διάγραμμα του κυκλώματος που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα αυτό.

5.2. Περιστρέφοντας το κουμπί του μεταβλητού αντιστάτη, αλλάζει το εξωτερικό κύκλωμα. Σημειώστε τις τιμές του ρεύματος I και της τάσης V σε κάθε θέση του κουμπιού.

5.3. Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση, που είναι καμπύλη, της ισχύος που παρέχει το στοιχείο στο εξωτερικό κύκλωμα, ως συνάρτηση του ρεύματος που διέρχεται από το στοιχείο. Αυτή είναι η γραφική παράσταση 7 (Graph 7).

5.4. Από τη γραφική παράσταση αυτή, να βρείτε τη μέγιστη ισχύ P_{\max} του φωτοκυττάρου και εκτιμήστε το σφάλμα της.

5.5. Γράψτε την έκφραση για την απόδοση του φωτοκυττάρου, η οποία αντιστοιχεί στην μέγιστη ισχύ που βρήκατε. Υπολογίστε την τιμή της και το σφάλμα.

Περιεχόμενα του πειραματικού kit (κοίτα επίσης εικόνα 10)

1	Λαμπτήρας αλογόνου 220 V/ 20 W	9	Χρονόμετρο
2	Βάση στήριξης δίσκων	10	Υπολογιστική μηχανή
3	Δίσκος	11	Ανιχνευτής ακτινοβολίας
4	Πολύμετρο	12	Φωτοκύτταρο
5	Κουτί κυκλώματος	13	Μεταβλητός αντιστάτης
6	Μπαταρία 9 V	14	Χάρακας
7	Ηλεκτρικά καλώδια	15	Κουτί που χρησιμοποιείται ως κάλυμμα
8	Αμπούλα με την ουσία σε σκόνη της οποίας μετριέται το σημείο πήξης		

Experimental Problem

Σημείωση: για να αποφευχθεί το αυτόματο σταμάτημα της λειτουργίας του πολύμετρου (κοίτα Εικόνα 9), γυρίστε τον Επιλογέα Λειτουργίας (Function Selector) από τη θέση OFF στην θέση την οποία επιθυμείτε ενώ πιέζετε και κρατάτε πατημένο το κουμπί Επιλογή (Select).



Εικόνα 9. Ψηφιακό πολύμετρο