



ΠΑΝΕΚΦΕ

EOES



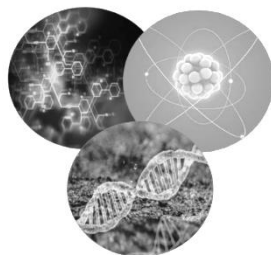
European Olympiad of Experimental Science

ΒΑΘΜΟΣ

...../100

Πανελλήνιος Μαθητικός Διαγωνισμός για την επιλογή στην
Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών

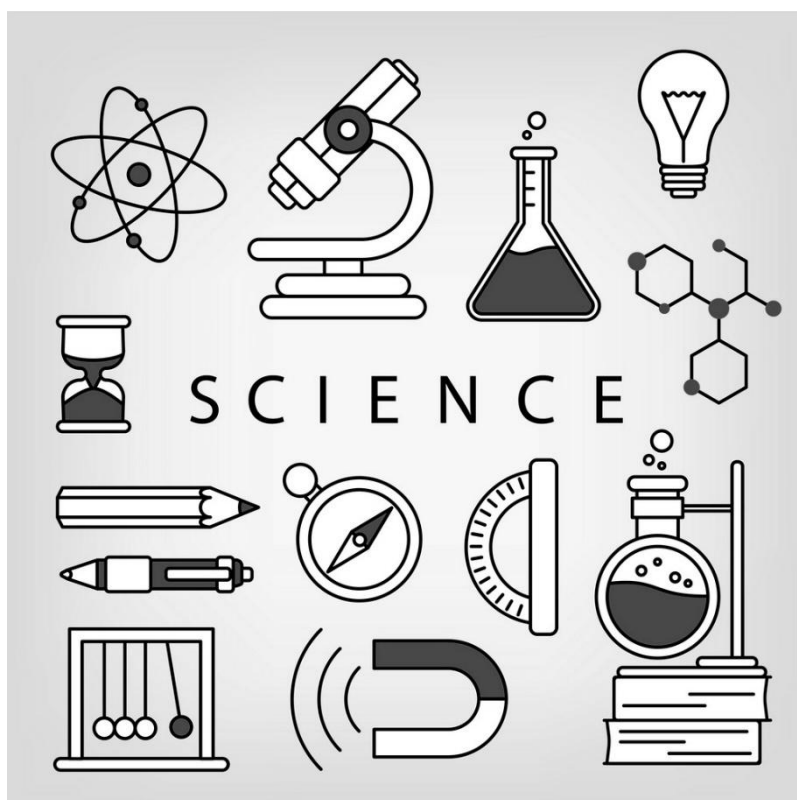
EOES 2025



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΣΤΗ

ΦΥΣΙΚΗ

Σάββατο 25 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2025



SCIENCE

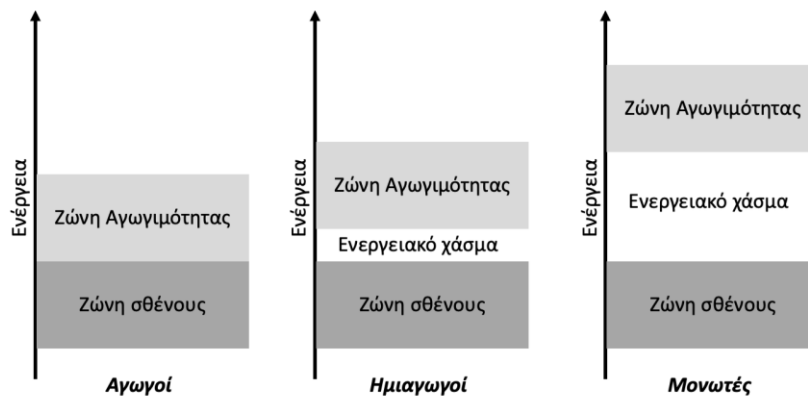
(Διάρκεια εξέτασης 60 min - Βάρδιαη)

| Μαθητές: | Σχολική Μονάδα |
|----------|----------------|
| 1. | |
| 2. | |
| 3. | |

Αγωγιμότητα των ημιαγωγών

Η συμπεριφορά των στερεών ως προς την αγωγιμότητά τους ερμηνεύεται με τη θεωρία των ενεργειακών ζωνών, τις οποίες καταλαμβάνουν τα ηλεκτρόνια των ατόμων τους. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, σε ένα στερεό υλικό, τα άτομα είναι κοντά μεταξύ τους και έτσι τα ενεργειακά τους επίπεδα σχηματίζουν συνεχείς περιοχές ενέργειας, τις οποίες ονομάζουμε **ενεργειακές ζώνες** και στις οποίες μπορούν να βρεθούν τα ηλεκτρόνια. Διαδοχικές ενεργειακές ζώνες χωρίζονται μεταξύ τους με μια ενεργειακά απαγορευμένη περιοχή (**ενεργειακό χάσμα E_g**), στην οποία δε μπορούν να βρεθούν ηλεκτρόνια.

Στους ημιαγωγούς και σε θερμοκρασία ίση με το απόλυτο μηδέν η υψηλότερη ενεργειακή ζώνη που περιέχει ηλεκτρόνια (**ζώνη σθένους**, όπως ονομάζεται) είναι πλήρως κατειλημμένη, ενώ η αμέσως επόμενη ενεργειακή ζώνη (που ονομάζεται **ζώνη αγωγιμότητας**) είναι κενή από ηλεκτρόνια. Όμως, το ενεργειακό χάσμα είναι σχετικά μικρό και έτσι ακόμη και σε θερμοκρασία δωματίου κάποια ηλεκτρόνια έχουν αρκετή θερμική ενέργεια, ώστε να μεταπηδήσουν από τη ζώνη σθένους στη ζώνη αγωγιμότητας. Έτσι, σε θερμοκρασία δωματίου, ένας ημιαγωγός παρουσιάζεται ελαφρά αγώγιμος. Η αγωγιμότητα των ημιαγωγών μπορεί να αυξηθεί με κατάλληλες προσμίξεις. Ανάλογα με το είδος των προσμίξεων δημιουργούνται δύο διαφορετικοί τύποι ημιαγωγών που ονομάζονται ημιαγωγοί τύπου **p** και τύπου **n**.



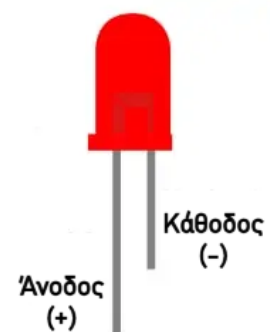
Εικόνα 1: Οι ενεργειακές ζώνες σε αγωγούς, μονωτές και ημιαγωγούς

LED ή δίοδος εκπομπής φωτός

Η **δίοδος εκπομπής φωτός** (Light Emitting Diode ή απλά **LED**) είναι ένα σύστημα αποτελούμενο από ένα ημιαγωγό τύπου **p** και ένα ημιαγωγό τύπου **n** σε επαφή, που εκπέμπει φως όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Τα LED διαθέτουν δυο ακροδέκτες (Εικόνα 2) για τη σύνδεσή τους σε οποιοδήποτε κύκλωμα: Την άνοδο (+) που είναι ο μεγαλύτερου μήκους ακροδέκτης του και τη μικρότερου μήκους κάθοδο (-).

Τα βασικά χαρακτηριστικά του LED είναι :

- Επιτρέπει στο ηλεκτρικό ρεύμα να περάσει προς τη μια κατεύθυνση (**ορθή πόλωση**: η άνοδος στο θετικό πόλο της πηγής τροφοδοσίας και η κάθοδος στον αρνητικό πόλο), αλλά εμποδίζει την κίνηση φορτίων προς την αντίθετη κατεύθυνση (**ανάστροφη πόλωση**: η άνοδος στον αρνητικό πόλο της πηγής τροφοδοσίας και η κάθοδος στο θετικό πόλο).



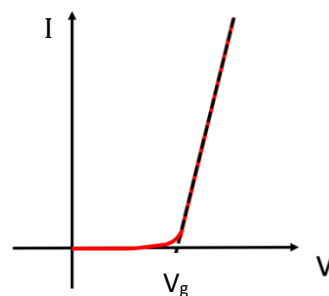
Εικόνα 2: LED

- Κατά την ορθή πόλωση η δίοδος άγει (διαρρέεται από ρεύμα) και φωτοβολεί εφόσον η τάση στα άκρα της υπερβεί κάποια οριακή τιμή (V_g : η τάση που «ανάβει» το LED), η οποία σχετίζεται με το ενεργειακό χάσμα (E_g) του ημιαγωγού με τη σχέση:

$$E_g = e \cdot V_g$$

όπου e είναι το φορτίο του ηλεκτρονίου $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C.

- Το χρώμα του φωτός που εκπέμπει το LED καθορίζεται από το μέγεθος του ενεργειακού χάσματος του υλικού κατασκευής (ημιαγωγού).



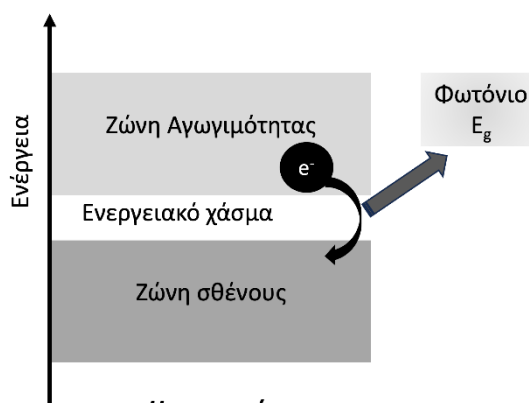
Εικόνα 3: Χαρακτηριστική καμπύλη LED

Σε ένα κύκλωμα η ενέργεια με την οποία τροφοδοτείται το LED διεγείρει ηλεκτρόνια από τη ζώνη σθένους στη ζώνη αγωγιμότητας. Ένα ηλεκτρόνιο επιστρέφοντας από τη ζώνη αγωγιμότητας στη ζώνη σθένους (Εικόνα 4), εκπέμπει ένα φωτόνιο. Το χρώμα του φωτός καθορίζεται από το μήκος κύματος λ του εκπεμπόμενου φωτονίου, το οποίο μπορούμε να υπολογίσουμε σκεπτόμενοι ότι:

$E_\varphi = E_g$. Όμως σύμφωνα με την εξίσωση Planck είναι

$$E_\varphi = \frac{h \cdot c}{\lambda}, \text{ ενώ } E_g = e \cdot V_g, \text{ οπότε:}$$

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{e \cdot V_g}$$



Εικόνα 4: Εκπομπή φωτός από LED

όπου h είναι η σταθερά του Planck, $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J·s και c η ταχύτητα του φωτός, $c = 3 \times 10^8$ m/s.

Στόχος της εργαστηριακής άσκησης είναι ο προσδιορισμός της ελάχιστης τάσης V_g στην οποία ένα μπλε LED αρχίζει να φωτοβολεί και του μήκους κύματος λ του φωτός που εκπέμπει.

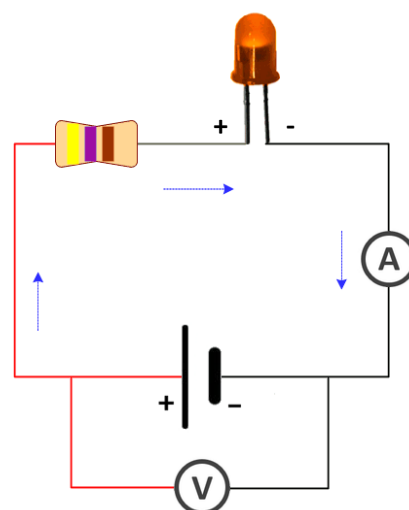
Πειραματική διάταξη

Στον πάγκο εργασίας έχετε:

- Τροφοδοτικό χαμηλών τάσεων
- Δύο πολύμετρα
- Δύο καλώδια με ακροδέκτες μπανάνα-κροκόδειλος
- Τρία καλώδια με ακροδέκτες μπανάνα-μπανάνα
- Ένα δίπολο αποτελούμενο από μια αντίσταση τιμής $R_1 = 220 \Omega$ και ένα μπλε LED σε σειρά

Συναρμολογήστε το κύκλωμα του πειράματος με βάση το σχήμα της Εικόνας 5. Δώστε ιδιαίτερη προσοχή:

1. Στη χρήση του τροφοδοτικού στην περιοχή χαμηλών τάσεων. Μην υπερβείτε σε καμιά περίπτωση τα 15 V.
2. Στη σύνδεση του LED: Η άνοδος (ο μεγαλύτερου μήκους ακροδέκτης) μέσω της αντίστασης συνδέεται στο θετικό πόλο της πηγής.
3. Τοποθετήστε αρχικά την κλίμακα του αμπερομέτρου στα 20 mA και αλλάξτε κλίμακα αν κατά τη διάρκεια του πειράματος η τιμή του ρεύματος υπερβεί τα 20 mA.



Εικόνα 5: Η πειραματική διάταξη

4. Η κλίμακα του βολτομέτρου να μείνει στα 20 V καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.
5. Δεν ανοίγετε τα όργανα (τροφοδοτικό, πολύμετρα) προτού ελεγχθεί το κύκλωμα από τον επιτηρητή.

Μόλις είστε έτοιμοι και πριν πάρετε οποιαδήποτε μέτρηση, καλέστε τον επιτηρητή να ελέγξει το κύκλωμα και τις ρυθμίσεις των οργάνων.

Πειραματική διαδικασία

Πίνακας 1: Πειραματικά δεδομένα

| α/α | Τάση V (V) | Ένδειξη αμπερομέτρου (mA) | Ένταση ρεύματος I (mA) |
|-----|------------|---------------------------|------------------------|
| 1 | 0,00 | | |
| 2 | 1,00 | | |
| 3 | 2,20 | | |
| 4 | 2,40 | | |
| 5 | 2,70 | | |
| 6 | 3,00 | | |
| 7 | 3,50 | | |
| 8 | 4,00 | | |
| 9 | 5,00 | | |
| 10 | 6,00 | | |
| 11 | 7,00 | | |
| 12 | 8,00 | | |

Ενεργοποιήστε το τροφοδοτικό και τα δύο πολύμετρα. Ρυθμίστε διαδοχικά την τάση στις τιμές που καταγράφονται στην δεύτερη στήλη του Πίνακα 1. Σε κάθε περίπτωση σημειώστε στην τρίτη στήλη του Πίνακα 1 την ένδειξη του αμπερομέτρου και στην τέταρτη την ένδειξη του αμπερομέτρου (δηλ. την τιμή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα) στρογγυλοποιημένη στο πρώτο δεκαδικό ψηφίο.

Προσοχή: Πολύ μικρές αποκλίσεις στην τάση της τάξης του $\pm 0,01$ V να μη τις θεωρήσετε σημαντικές, π.χ. τάση 3,99 V να θεωρηθεί ίση με 4,00 V, κλπ.

Επεξεργασία δεδομένων

Στο χιλιοστομετρικό (μιλιομετρέ) χαρτί που σας δίνεται και σε κατάλληλες κλίμακες να τοποθετήσετε σε γραφική παράσταση τα πειραματικά σημεία της έντασης του ρεύματος σε συνάρτηση με την τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος $I = f(V)$.

1. Αν όλα έχουν πάει καλά, στα πέντε τελευταία σημεία της γραφικής παράστασης θα είναι φανερή η γραμμικότητα της σχέσης που συνδέει τα πειραματικά δεδομένα (V, I) . Δηλαδή σε αυτή την περιοχή των πειραματικών δεδομένων η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα θα συνδέεται με την τάση τροφοδοσίας με μια σχέση της μορφής:

$$I = \alpha \cdot V - \beta$$

όπου α και β θετικές σταθερές.

Σχεδιάσετε στη γραφική παράσταση την καλύτερη ευθεία που ορίζουν τα πέντε τελευταία πειραματικά σημεία και προεκτείνετε τη μέχρι το σημείο τομής της με τον άξονα των τάσεων.

Αναδιατάσσοντας τη σχέση $I = \alpha \cdot V - \beta$ προκύπτει:

$$V = \frac{1}{\alpha} I + \frac{\beta}{\alpha}$$

Στο S.I. συντελεστής α έχει μονάδες $\frac{\text{Ampere}}{\text{Volt}} = \frac{1}{\Omega}$, και συνεπώς ο αντίστροφός του εκφράζει την ολική αντίσταση του διπόλου. Ο λόγος $\frac{\beta}{\alpha}$ ισούται με την τάση στα άκρα του LED πάνω από την

οποία το LED άγει. Δηλαδή είναι ίση με την τάση V_g στην οποία «ανάβει» το LED: $V_g = \frac{\beta}{\alpha}$. Επομένως

η παραπάνω εξίσωση, $V = \frac{1}{\alpha} I + \frac{\beta}{\alpha}$, μπορεί να γραφεί ως:

$$V = I \cdot R_{ολ} + V_g$$

Εξηγήστε πως, από τη γραφική παράσταση και την καλύτερη ευθεία που σχεδιάσατε, μπορείτε να υπολογίσετε τους συντελεστές α , β της καλύτερης ευθείας. Υπολογίστε τους συντελεστές α , β .

$$\alpha = \dots\dots\dots$$

$$\beta = \dots\dots\dots$$

Γράψετε τις τιμές:

- Της ολικής αντίστασης του κυκλώματος: $R_{ολ} = \dots\dots\dots \Omega$
- Της τάσης στην οποία «ανάβει» το LED: $V_g = \dots\dots\dots V$

Γράψτε την εξήγηση και τους σχετικούς υπολογισμούς στην αντίστοιχη σελίδα των θεμάτων

Στρογγυλοποιήστε την ολική αντίσταση στον πλησιέστερο ακέραιο και τις τιμές των α , β , V_g σε δύο δεκαδικά ψηφία.

- 2.** Με βάση την τιμή της V_g που υπολογίσατε και τη σχέση $\lambda = \frac{h \cdot c}{e \cdot V_g}$, που σας δόθηκε προηγουμένως, να υπολογίσετε το μήκος κύματος λ του φωτός που εκπέμπει το LED.

$$\lambda = \dots\dots\dots m \quad \text{ή} \quad \lambda = \dots\dots\dots nm$$

(η τιμή του λ σε nm να στρογγυλοποιηθεί, αν χρειαστεί, στον πλησιέστερο ακέραιο)

Σε κάποιο άλλο πείραμα έχει ληφθεί το φάσμα του φωτός που εκπέμπει το ίδιο LED, η ανάλυση του οποίου έδωσε γραφική παράσταση, τμήμα της οποίας απεικονίζεται στην Εικόνα 6.

Με βάση το φάσμα της Εικόνας 6, υπολογίστε το μήκος κύματος του LED που αντιστοιχεί στο μέγιστο της έντασης του φωτός που εκπέμπει. Μετά υπολογίστε την εκατοστιαία απόκλιση των δύο τιμών του μήκους κύματος που υπολογίσατε και προτείνετε πιθανές αιτίες αυτής της απόκλισης.

.....

.....

.....

.....

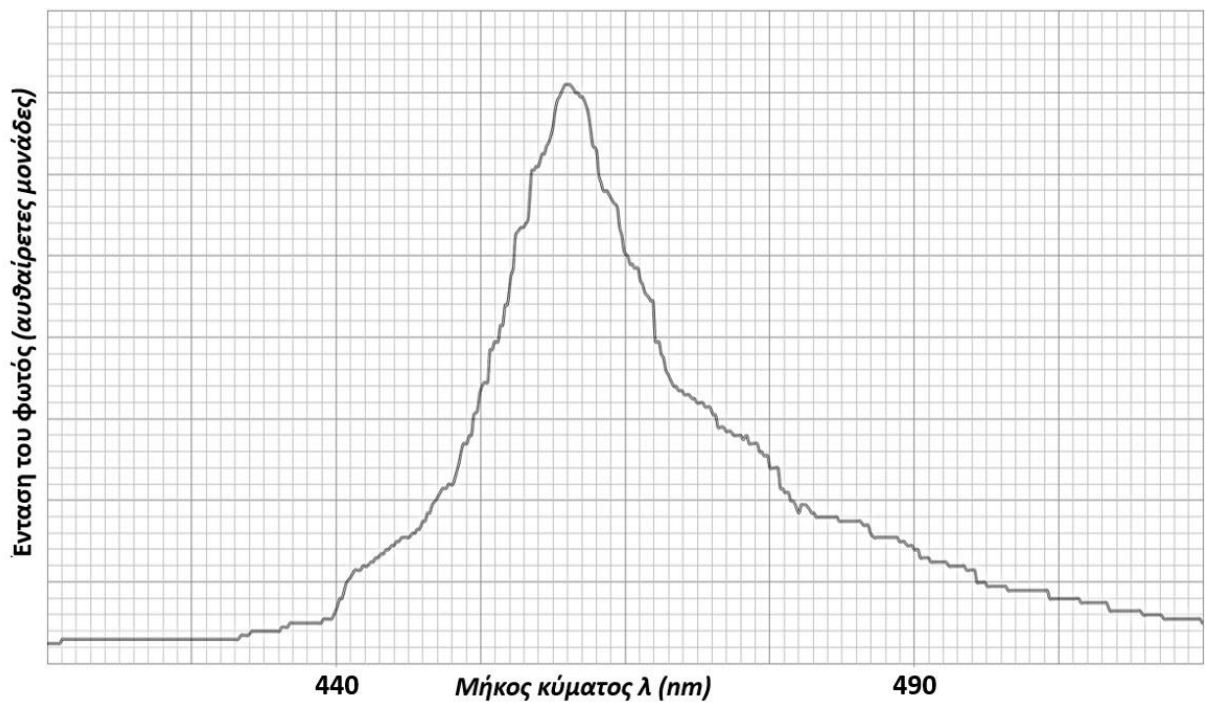
.....

.....

.....

.....

.....



Εικόνα 6: Το φάσμα του μπλε LED

Έστω ότι το συγκεκριμένο LED μαζί με κάποια άλλη αντίσταση R_2 , συνδεδεμένη σε σειρά, πρόκειται να τροφοδοτηθεί με τάση, που έχει καθορισμένη τιμή $V_0 = 3,3 \text{ V}$. Λόγω περιορισμών στο κύκλωμα η ένταση του ρεύματος, που διαρρέει το LED, θα πρέπει να είναι περίπου 10 mA .

- α. Πόση πρέπει να είναι η καινούρια τιμή της ολικής αντίστασης αυτού του διπόλου, ώστε να ικανοποιηθεί η παραπάνω απαίτηση;

$$R'_{ολ} = \dots\dots\dots \Omega$$

- β. Υπολογίστε την τιμή της αντίστασης R_2 .

$$R_2 = \dots\dots\dots \Omega$$

Οι υπολογισμοί να δοθούν αναλυτικά στα φύλλα υπολογισμών.

- γ. Ζητήστε από τον επιτηρητή να σας δώσει την αντίσταση R_2 που υπολογίσατε. Συνδέστε την σε σειρά με το LED όπως φαίνεται στη φωτογραφία της Εικόνας 7. Στα άκρα του διπόλου R_2 - LED συνδέστε το τροφοδοτικό και χρησιμοποιήστε τα δύο πολύμετρα για να μετρήσετε την τάση στα άκρα του και την ένταση του ρεύματος που το διαρρέει. Ανοίξτε το τροφοδοτικό και τα πολύμετρα και ρυθμίστε την τάση στα άκρα του διπόλου στα $3,3 \text{ V}$. Γράψτε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα:



Εικόνα 7: Σύνδεση της αντίστασης R_2 στο LED

$$I = \dots\dots\dots \text{mA}$$

ΠΡΟΣΟΧΗ: Αυτή η μέτρηση να γίνει παρουσία του επιτηρητή!!!

Τέλος, μαζί με την εργαστηριακή αναφορά
παραδώστε στον επιτηρητή το δίπολο αντίστασης – LED και την αντίσταση R_2 .



Καλή επιτυχία!

Φύλλα υπολογισμών

A series of horizontal dotted lines for calculations.

