

ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

ΣΚΟΠΟΣ

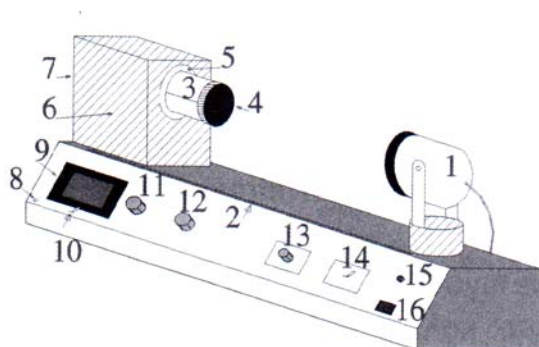
- 1) Να μελετήσουν οι μαθητές το Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.
- 2) Να πιστοποιηθεί η σχέση μεταξύ της έντασης του ρεύματος I και της απόστασης, μεταξύ φωτεινής πηγής και φωτοκυττάρου.
- 3) Να επιβεβαιωθεί πειραματικά η σχέση της φωτοηλεκτρικής εξίσωσης.
- 4) Να υπολογισθεί το έργο εξαγωγής των ηλεκτρονίων από το Καίσιο (Cs).
- 5) Να υπολογισθεί η σταθερά του **Plank**, h .

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Η συσκευή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα φέρει τα εξής χαρακτηριστικά:

- 1) Πηγή φωτισμού 12V/35W (λαμπτήρας βολφραμίου – αλογόνου).
- 2) Αισθητήρας : Φωτοκύτταρο Καισίου (Cs)
- 3) Τροφοδοσία : 220V/50 Hz

Αποτελείται από μια πηγή φωτισμού (1) ,ένα σκοτεινό θάλαμο (7) όπου υπάρχει το φωτοκύτταρο Καισίου (6) και ενισχυτής συνεχούς ρεύματος. Η πηγή φωτισμού και η βάση του είναι εγκατεστημένα σε οδηγό – κανόνα (10 cm έως 40 cm), όπου φαίνεται η ακριβής απόσταση της φωτεινής πηγής με το φωτοκύτταρο (στη θέση μηδέν (0)) .



- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. Πηγή Φωτισμού | 9. Ψηφιακή οθόνη |
| 2. Αριθμημένη κλίμακα 0-40 cm | 10. Επιλογέας ενδείξεων οθόνης |
| 3. Υποδοχή | 11. Επιλογέας κλίμακας ενδείξεων (μA) |
| 4. Κάλυμμα υποδοχής | 12. Επιλογέας ρυθμίσεως έντασης φωτ. πηγής |
| 5. Φακός Εστίασης | 13. Επιλογέας ρυθμίσεως τάσης αποκοπής |
| 6. Φωτοκύτταρο καισίου | 14. Επιλογέας πολικότητας τάσης (V) |
| 7. Σκοτεινός θάλαμος φωτοκυττάρου | 15. Ενδεικτική λυχνία λειτουργίας |
| 8. Έξοδος τροφοδοσίας LED | 16. Διακόπτης ON/OFF |

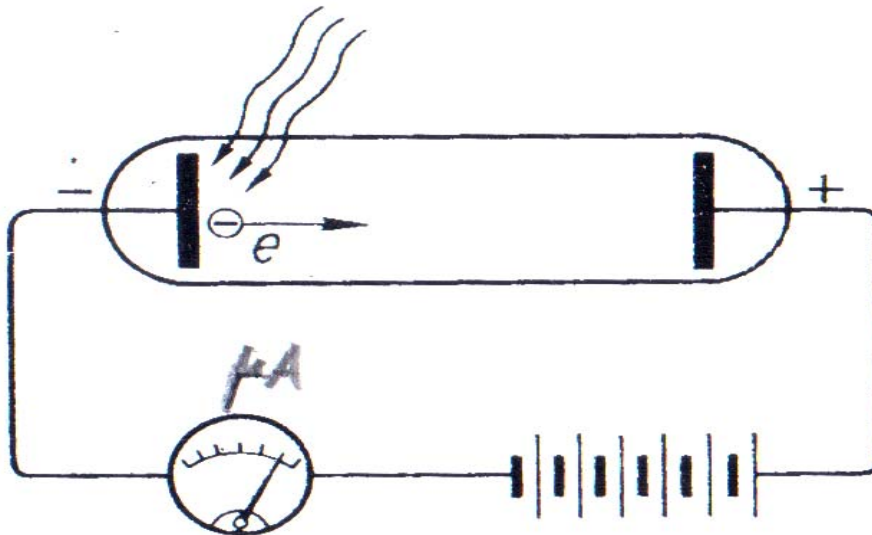
Επίσης φέρει:

- α) Ψηφιακή οθόνη (9) ενδείξεων 4 ψηφίων. Με επιλογή εμφανίζει είτε την τάση είτε την ένταση του ρεύματος.
- β) Διακόπτη (10) , για την επιλογή των ενδείξεων της οθόνης μεταξύ τάσης και έντασης του ρεύματος.

- γ) Επιλογή (11) για τις ενδείξεις της έντασης του ρεύματος σε 4 θέσεις :
 $\times 1$, που αντιστοιχεί σε πολλαπλασιαστή 10^{-6} A
 $\times 0.1$, που αντιστοιχεί σε πολλαπλασιαστή 10^{-7} A
 $\times 0.01$, που αντιστοιχεί σε πολλαπλασιαστή 10^{-8} A
 $\times 0.001$, που αντιστοιχεί σε πολλαπλασιαστή 10^{-9} A
- δ) Ποτενσιόμετρο ρύθμισης έντασης της φωτεινής πηγής (12).
 ε) Ποτενσιόμετρο για ρύθμιση της τάσης αποκοπής (13).
 στ) Διακόπτης επιλογής πολικότητας της κατεύθυνσης της ηλεκτρικής τάσης (14).
 ζ) Φωτεινή ένδειξη λειτουργίας (15).
 η) Έξοδος 5 V , για την τροφοδοσία των διόδων L.E.D. (8).
 θ) Διακόπτη ON/OFF (16) .

ΘΕΩΡΙΑ

Η φωτεινή ακτινοβολία ενέργειας $E_{\text{ακτ}} = h f$, προσπίπτει στην κάθοδο (-) , από την οποία, λόγω της πρόσπτωσης της ακτινοβολίας , εξάγονται ηλεκτρόνια που κινούνται προς την άνοδο (+). Με την εφαρμοζόμενη τάση , επιτυγχάνουμε την επιβράδυνση των ηλεκτρονίων , με αποτέλεσμα την μείωση του αρχικού ρεύματος. Αυξάνοντας την τάση έχουμε αποτέλεσμα σε κάποια τιμή της , V_k , να μηδενισθεί το ρεύμα , δηλαδή τα ηλεκτρόνια δεν θα φτάνουν στην άνοδο. Τότε όλη η ενέργεια του ηλεκτρικού πεδίου $E_{\text{ηλ}} = eV$, δαπανάται για να μηδενισθεί η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων.



Δηλαδή : $eV_k = \frac{1}{2} m u^2$, όπου u η μέγιστη ταχύτητα των ηλεκτρονίων.
 Όμως η ενέργεια της ακτινοβολίας $E_{\text{ακτ}} = h f$, θα γίνει έργο εξαγωγής W_b και κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων.

Έτσι:

$$E_{\text{ακτ}} = W_b + \frac{1}{2} m u^2 \text{ , συνεπώς :}$$

$$h f = W_b + e V_k \quad (1)$$

Η σχέση (1) είναι γνωστή ως **Φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein**.
Λύνοντάς την ως προς V_k , έχουμε :

$$V_k = \frac{h}{e} f - \frac{W_b}{e} \quad (2)$$

Συνεπώς στην γραφική παράσταση $V_k = f(f)$, υπολογίζουμε από την κλίση της την σταθερά του **Plank** h και από την τεταγμένη το έργο εξαγωγής για το Καίσιο W_b .

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Διαθέτουμε έξι φίλτρα χρωμάτων και τέσσερεις λυχνίες **L.E.D.** με τις ακόλουθες τιμές μήκους κύματος :

ΦΙΛΤΡΑ

Κόκκινο	630 nm	Πράσινο	520 nm
Πορτοκαλί	580 nm	Κίτρινο Ανοικτό	510 nm
Κίτρινο Σκούρο	550 nm	Μπλέ	470 nm

Το σφάλμα σε κάθε περίπτωση είναι ± 5 nm

ΛΥΧΝΙΕΣ L.E.D.

Κόκκινο	630 nm	Πράσινο	530 nm
Πορτοκαλί	586 nm	Μπλέ	485 nm

Το σφάλμα σε κάθε περίπτωση είναι ± 2 nm

1) Τοποθετήσατε την φωτεινή πηγή (1) στην θέση $x = 20.0$ cm και ανοίξατε τον διακόπτη **ON/OFF (16)**. Μετά από **δύο λεπτά** προθερμανσης ,χρησιμοποίησατε τον επιλογέα κλίμακας (11) στη θέση **x1**.

2) Παρεμβάλλετε το κόκκινο φίλτρο στον υποδοχέα (3) και επιλέξατε χαμηλή ένταση της φωτεινής πηγής (12).

Παρατηρούμε ότι αν παρεμβάλουμε το χέρι μας μεταξύ της φωτεινής πηγής και του φωτοκύτταρου, η ένταση του ρεύματος μηδενίζεται και επανέρχεται όταν απομακρύνουμε το χέρι μας.

3) Τοποθετήσατε τον διακόπτη διεύθυνσης δέσμης (14) στη θέση $\ll + \gg$.

4) Τοποθετήσατε τον επιλογέα (11) στη θέση **x 0.1**.

5) Σε διαφορετικές αποστάσεις (ανά 1 cm) μεταξύ φωτεινής πηγής και του φωτοκυττάρου, λαμβάνουμε τις αντίστοιχες τιμές της έντασης του ρεύματος και καταρτίζουμε τον παρακάτω **ΠΙΝΑΚΑ (I)** :

ΑΠΟΣΤΑΣΗ X (cm)	1 / X ² (x 10 ⁻³ cm)	ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ I (μΑ)
25.0	1.60	
26.0	1.48	
27.0	1.37	
28.0	1.27	
29.0	1.19	
30.0	1.11	
31.0	1.04	
32.0	0.977	
33.0	0.918	
34.0	0.865	
35.0	0.816	

ΠΙΝΑΚΑΣ (I)

6) Θέτουμε τον επιλογέα πολικότητα τάσης (**14**) στην θέση " - " και τον επιλογέα κλίμακας ενδείξεων (μΑ) (**11**) στην θέση **x 0.001**. Ρυθμίζουμε την ένταση της φωτεινής πηγής (**12**) σε μέτρια τιμή. Ακολουθώς τοποθετούμε το κόκκινο φίλτρο.

Ρυθμίζουμε τον επιλογέα της τάσης αποκοπής (**13**), με βαθμιαία αύξηση μέχρι να μηδενισθεί το ρεύμα (από θετικές τιμές) και μετράμε την τάση αποκοπής **V_k** (θα έχουμε αρνητική τιμή), μετακινώντας τον διακόπτη ένδειξης οθόνης (**10**) στην επιλογή της τάσης. Σημειώνουμε την απόλυτη τιμή της μέτρησης στον **ΠΙΝΑΚΑ (II)** (Κόκκινο φίλτρο).

7) Επαναλαμβάνουμε το βήμα (**6**) για τα υπόλοιπα πέντε φίλτρα και συμπληρώνουμε τον παρακάτω **ΠΙΝΑΚΑ (II)**.

Χρησιμοποιούμε την τιμή της ταχύτητας του φωτός στο κενό **C = 3 10⁸ m/sec.** και την σχέση :

$$C = \lambda f$$

ΦΙΛΤΡΟ (χρώματα)	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ λ (nm)	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (x 10¹⁴ Hz)	ΑΠΟΛΥΤΗ ΤΙΜΗ ΤΑΣΗΣ ΑΠΟΚΟΠΗΣ $I V_k I$ (Volt)
Κόκκινο	630		
Πορτοκαλί	580		
Κίτρινο Σκούρο	550		
Πρασινό	520		
Κίτρινο Ανοικτό	510		
Μπλέ	470		

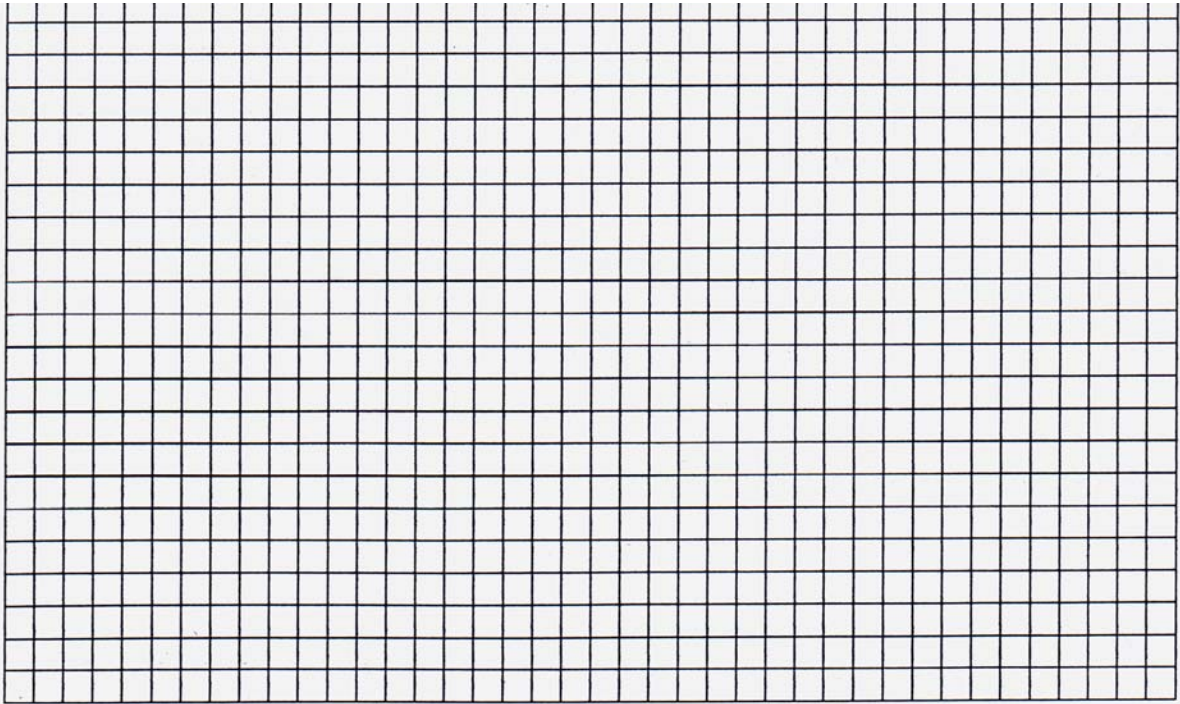
ΠΙΝΑΚΑΣ (II)

8) Αφαιρέσατε τα φίλτρα και στη θέση τους τοποθετήσατε τις **λυχνίες L.E.D.**, αφού τις συνδέσετε στην πηγή τροφοδοσίας τους (8). Επαναλάβετε τις διαδικασίες (6) και (7) και συμπληρώσατε τον παρακάτω **ΠΙΝΑΚΑ (III)** : **ΠΡΟΣΟΧΗ** : Λάβετε την τιμή της τάσης αποκοπής όταν η ένταση του ρεύματος γυρίζει από 0.00σε αρνητικό πρόσημο (-0.00)

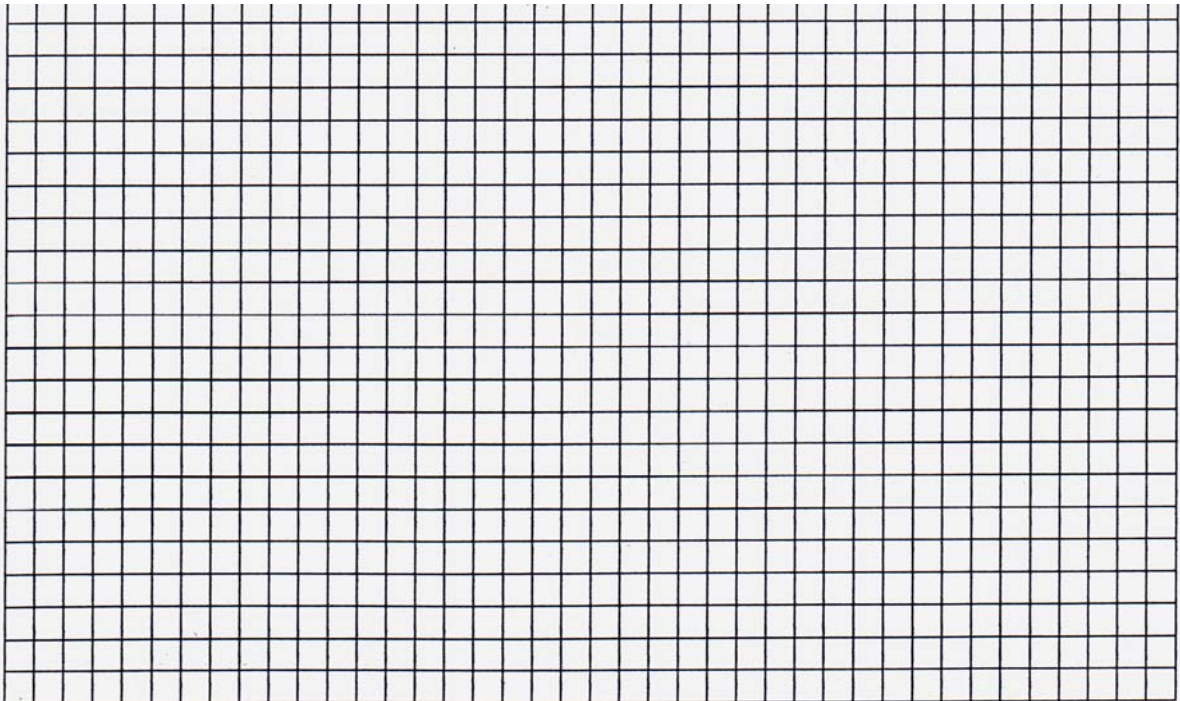
ΛΥΧΝΙΕΣ L.E.D. (χρώματα)	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ λ (nm)	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f (x 10¹⁴ Hz)	ΑΠΟΛΥΤΗ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΑΠΟΚΟΠΗΣ $I V_k I$ (Volt)
Κόκκινο	620		
Πορτοκαλί	586		
Πράσινο	530		
Μπλέ	485		

ΠΙΝΑΚΑΣ (III)

9) Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες του **ΠΙΝΑΚΑ (I)** , κάνετε την γραφική παράσταση $I = f (1/x^2)$



10) Από τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ (II) ,κάνετε την γραφική παράσταση $V_k = f(f)$.



11) Από την κλίση της γραφικής παράστασης του βήματος (10) ,υπολογίσατε την σταθερά του **Plank** h , αν γνωρίζετε ότι η απόλυτη τιμή του φορτίου του ηλεκτρονίου είναι ;

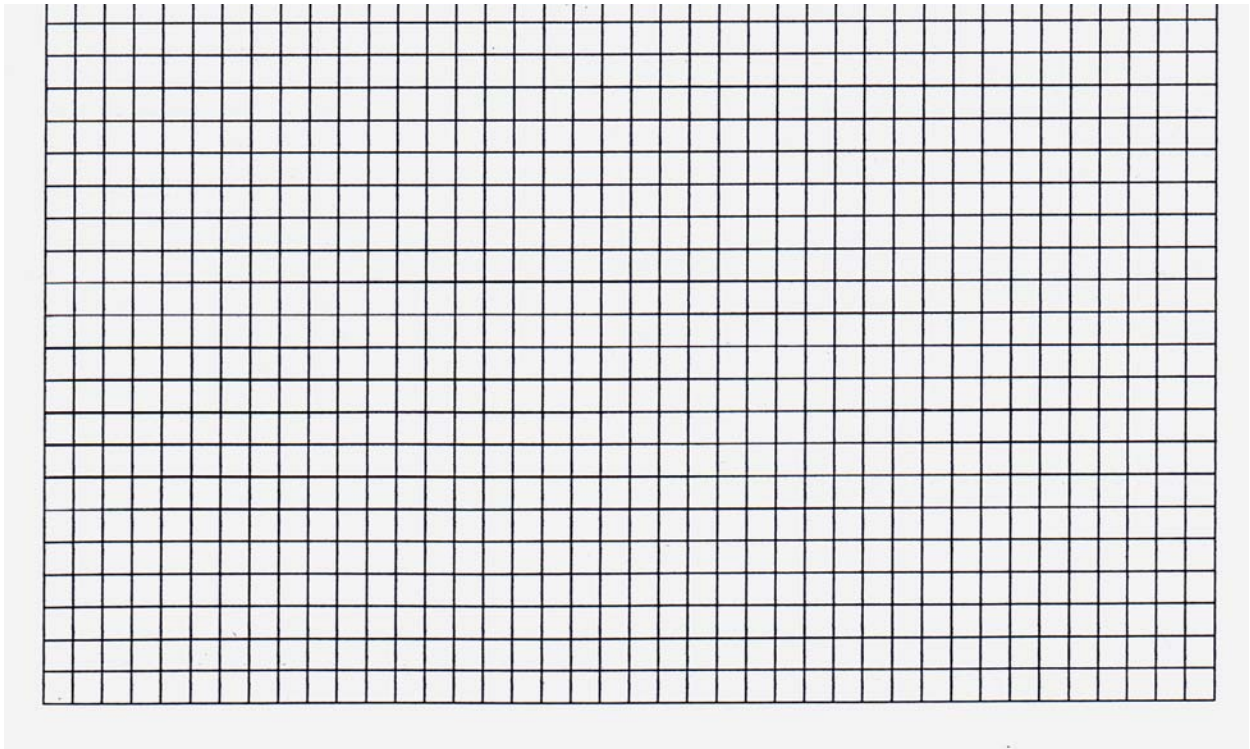
$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} .$$

$$h = \dots\dots\dots$$

12) Από την τεταγμένη του γραφήματος του βήματος **(10)** , υπολογίσατε το έργο εξαγωγής των ηλεκτρονίων στο Καίσιο.

$$W_b = \dots\dots\dots$$

13) Επαναλάβετε τα βήματα **(10)** , **(11)** , **(12)** για τις τιμές του **ΠΙΝΑΚΑ (III)**



$$h = \dots\dots\dots$$

$$W_b = \dots\dots\dots$$

14) Συγκρίνατε τα αποτελέσματα των ερωτήσεων **(11)** και **(12)**, **(13)** με τις γνωστές (<<θεωρητικές >>) τιμές για :

Σταθερά του Plank : $h = 6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ Joule sec}$

Έργο εξαγωγής στο Καίσιο : $W_b = 2,87 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}$

Χρησιμοποιώντας την σχέση του σχετικού σφάλματος :

