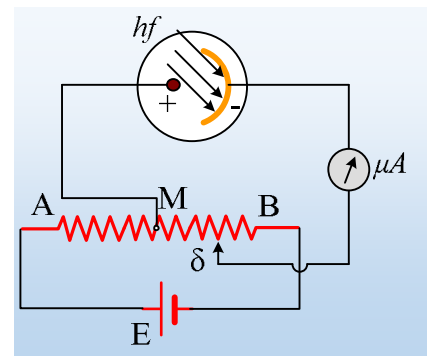


Ένα κύκλωμα για το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

Στο σχήμα δίνεται μια πειραματική διάταξη για την μελέτη του φωτοηλεκτρικού φαινομένου, όπου $E=8V$, ενώ το ποτενσιόμετρο μήκους $(AB)=20cm$ παρουσιάζει αντίσταση $R=4\Omega$. Η φωτιζόμενη κάθοδος του αερόκενου σωλήνα συνδέεται με τον δρομέα δ, ενώ η άνοδος με το μέσον M του ποτενσιόμετρου. Ρίχνουμε στην κάθοδο μονοχρωματική ακτινοβολία με μήκος κύματος $\lambda=375nm$ (στην περιοχή του υπεριώδους), με αποτέλεσμα από την κάθοδο να εξέρχονται φωτοηλεκτρόνια, ενώ ο δρομέας απέχει από το M απόσταση $(M\delta)=5cm$. Δίνονται το έργο εξαγωγής του υλικού της καθόδου $\phi=2,1eV$, η ταχύτητα του φωτός στο κενό $c=3\cdot 10^8m/s$, το φορτίο του ηλεκτρονίου $q_e=-e=-1,6\cdot 10^{-19}C$ και η σταθερά του Planck $h=6,6\cdot 10^{-34}J\cdot s$.



- i) Να υπολογίσετε την ενέργεια ενός φωτονίου της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε J και σε eV.
- ii) Ποια η μέγιστη κινητική ενέργεια, την οποία μπορεί να έχει ένα ηλεκτρόνιο, την στιγμή της εξόδου του από την κάθοδο;
- iii) Θεωρώντας αμελητέα την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το μικροαμπερόμετρο (αμελητέα σε σχέση με την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή), να βρεθεί η τάση μεταξύ ανόδου και καθόδου.
- iv) Ποια η μέγιστη κινητική ενέργεια που μπορεί να έχει ένα ηλεκτρόνιο τη στιγμή που φτάνει στην άνοδο;
- v) Να βρεθεί η ελάχιστη μετακίνηση του δρομέα δ, από την προηγούμενη θέση του, ώστε το μικροαμπερόμετρο να πάψει να διαρρέεται από ρεύμα;

Απάντηση:

- i) Η ενέργεια ενός προσπίπτοντος φωτονίου, είναι ίση:

$$E = hf \xrightarrow{c=\lambda f} E = h \frac{c}{\lambda} = 6,6 \cdot 10^{-34} Js \cdot \frac{3 \cdot 10^8 m/s}{375 \cdot 10^{-9} m} = 5,28 \cdot 10^{-19} J$$

Το 1eV είναι το έργο που παράγεται κατά την μετακίνηση ενός ηλεκτρονίου μεταξύ δύο σημείων τα οποία παρουσιάζουν διαφορά δυναμικού 1Volt. Αλλά τότε:

$$1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} C \cdot 1V = 1,6 \cdot 10^{-19} J$$

Και η παραπάνω ενέργεια του φωτονίου θα είναι σε eV:

$$E = 5,28 \cdot 10^{-19} J = \frac{5,28 \cdot 10^{-19} J}{1,6 \cdot 10^{-19} \frac{J}{eV}} = 3,3eV$$

- ii) Ένα εξερχόμενο ηλεκτρόνιο έχει μέγιστη κινητική ενέργεια, όταν βρισκόταν στην επιφάνεια του

μετάλλου, οπότε από την φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein παίρνουμε:

$$K_{\max} = hf - \varphi = 3,3eV - 2,1eV = 1,2eV$$

iii) Θεωρώντας αμελητέα την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το μικροαμπερόμετρο, τότε **όλο** το ποτενσιόμετρο διαρρέεται από την ίδια ένταση ρεύματος:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{8V}{4\Omega} = 2A$$

Ενώ για τις τάσεις V_{MA} και $V_{AB}=E$ ισχύει:

$$V_{MA} = I \cdot R_{M\delta} \quad \text{και} \quad V_{AB} = E = I \cdot R_{AB}, \text{ οπότε:}$$

$$\frac{V_{M\delta}}{V_{AB}} = \frac{IR_{M\delta}}{IR_{AB}} = \frac{R_{M\delta}}{R_{AB}} = \frac{(M\delta)}{(AB)} \rightarrow$$

$$V_{M\delta} = E \cdot \frac{(M\delta)}{(AB)} = 8V \cdot \frac{5cm}{20cm} = 2V$$

Η παραπάνω τάση εφαρμόζεται και μεταξύ ανόδου και καθόδου, συνεπώς $V=2V$.

iv) Το ηλεκτρόνιο κατά την επιτάχυνσή του από την κάθοδο μέχρι την άνοδο, δέχεται δύναμη από το ηλεκτρικό πεδίο, η οποία παράγει έργο:

$$W_{\kappa,\alpha} = qV_{KA} = -e \cdot (-V_{M\delta}) = eV_{M\delta} = 2eV$$

Οπότε ένα ηλεκτρόνιο που ξεκινά από την κάθοδο με μέγιστη κινητική ενέργεια $1,2eV$, κερδίζοντας ενέργεια $2eV$, θα φτάσει στην άνοδο με κινητική ενέργεια:

$$K_{\alpha\nu} = K_{\max} + W_{\kappa,\alpha}(I) \rightarrow$$

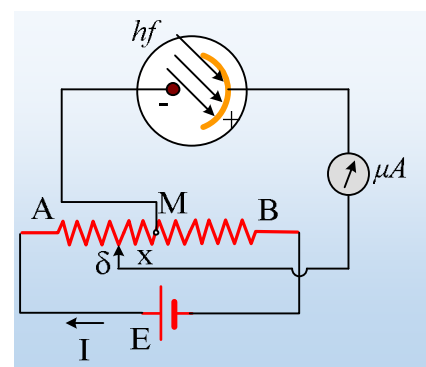
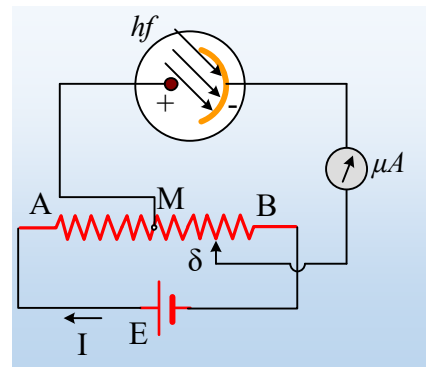
$$K_{\alpha\nu} = 1,2eV + 2eV = 3,2eV$$

v) Για την τάση ανακοπής θα έχουμε από την (1) θέτοντας $K_{\alpha\nu}=0$:

$$K_{\alpha\nu} = K_{\max} + W_{\kappa,\alpha} \rightarrow 0 = K_{\max} - eV_{\kappa,\alpha} \rightarrow 0 = 1,2eV - eV_{\kappa,\alpha} \rightarrow$$

$$V_{\kappa,\alpha} = 1,2eV \rightarrow V_{\alpha,\kappa} = V_{M\delta} = -1,2eV$$

Η παραπάνω τιμή αρνητικής τάσης μας λέει ότι πλέον η κάθοδος συνδέεται με τον θετικό πόλο της πηγής και η άνοδος με τον αρνητικό (αν και θα έπρεπε εδώ να τους αλλάξουμε και ονόματα...) και αυτό μπορεί να συμβεί αν ο δρομέας δ , βρεθεί αριστερά του M , όπως στο σχήμα, σε απόσταση x από το μέσον M του ποτενσιόμετρου. Αλλά τότε δουλεύοντας όπως και στο ερώτημα iii) θα έχουμε:



$$\frac{V_{\delta'M}}{V_{AB}} = \frac{IR_{\delta'M}}{IR_{AB}} = \frac{R_{\delta'M}}{R_{AB}} = \frac{x}{(AB)} \rightarrow$$
$$x = (AB) \cdot \frac{V_{\delta'M}}{V_{AB}} = 20cm \cdot \frac{1,2V}{8V} = 3cm$$

Συνεπώς ο δρομέας θα πρέπει να μετακινηθεί προς τα αριστερά και απόσταση:

$$d = \delta'M + M\delta = 3cm + 5cm = 8cm.$$

dmargaris@gmail.com