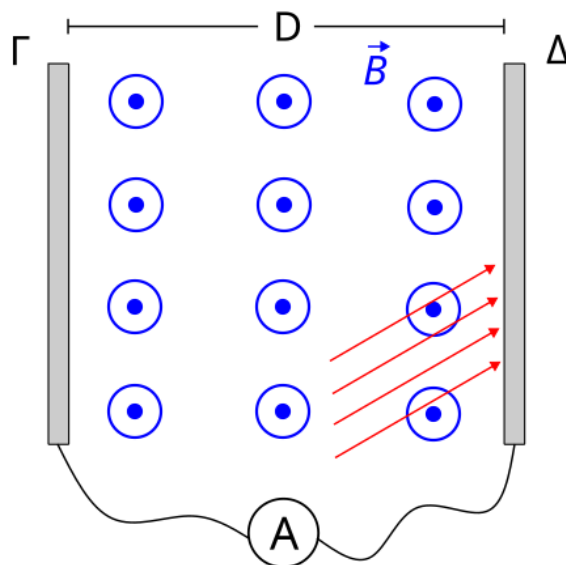


Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο σε μαγνητικό πεδίο

Δύο μεταλλικές επιφάνειες (πλάκες), η Γ και η Δ, είναι παράλληλα τοποθετημένες και σε απόσταση $D = 10\text{cm}$. Οι επιφάνειες αυτές είναι συνδεδεμένες μέσω ενός ιδανικού αμπερομέτρου, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στο χώρο μεταξύ των δύο πλακών, επικρατεί ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} που έχει τις δυναμικές του γραμμές παράλληλες με τις μεταλλικές επιφάνειες και με φορά προς τον αναγνώστη.

Φωτίζουμε με ορατό φως (ακτινοβολία με μήκος κύματος $400\text{nm} - 700\text{nm}$) την επιφάνεια Δ η οποία έχει έργο εξαγωγής 2.3eV (Λίθιο). Να υπολογίσετε την ελάχιστη τιμή του μέτρου B της έντασης του μαγνητικού πεδίου για την οποία η ένδειξη του αμπερομέτρου παραμένει διαρκώς μηδενική.



Δίνονται οι τιμές των σταθερών: $h = 6,626 \cdot 10^{-34}\text{J} \cdot \text{s}$, $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$, $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

Απάντηση

Για να παραμένει μηδενική η ένδειξη του αμπερομέτρου διαρκώς, πρέπει είτε να μην εξέρχονται φωτοηλεκτρόνια από την πλάκα Δ, είτε τα φωτοηλεκτρόνια που εξέρχονται να μην φθάνουν στην πλάκα Γ. Θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με τα φωτόνια της ακτινοβολίας που έχουν την υψηλότερη ενέργεια και αντίστοιχα με τα φωτοηλεκτρόνια (εάν εξέρχονται) με την μεγαλύτερη κινητική ενέργεια, τα οποία και θα υποθέσουμε ότι εξέρχονται με ταχύτητα κάθετη στην πλάκα Δ.

Η ενέργεια των φωτονίων της προσπίπτουσας στην πλάκα Δ ακτινοβολίας, θα ισούται με:

$$E = hf \Rightarrow E = \frac{hc}{\lambda}$$

Από την παραπάνω σχέση αντιλαμβανόμαστε ότι τα φωτόνια του ορατού φωτός με την μεγαλύτερη ενέργεια είναι αυτά με το μικρότερο μήκος κύματος ($\lambda_{\min} = 400\text{nm}$). Δηλαδή,

$$\begin{aligned} E_{\max} &= \frac{hc}{\lambda_{\min}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}\text{J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8\text{m/s}}{4 \cdot 10^{-7}\text{m}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow E_{\max} \cong 4,97 \cdot 10^{-19}\text{J} \cong 3,1\text{eV} \end{aligned}$$

Παρατηρούμε ότι η συγκεκριμένη ενέργεια είναι μεγαλύτερη από το έργο εξαγωγής του Λιθίου, με αποτέλεσμα από την πλάκα Δ να εξέρχονται φωτοηλεκτρόνια όταν φωτίζεται με ορατό φως.

Επομένως, για να παραμένει μηδενική η ένδειξη του αμπερομέτρου, θα πρέπει τα φωτοηλεκτρόνια να διαγράφουν κυκλικές τροχιές μέσα στο μαγνητικό πεδίο τέτοιες ώστε να μην φθάνουν στην πλάκα Γ. Η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς των φωτοηλεκτρονίων θα ισούται με:

$$R = \frac{m_e v}{Be}$$

Όπου v , η ταχύτητα με την οποία εξέρχονται τα ηλεκτρόνια από την πλάκα Δ.

Για να μην φθάνει λοιπόν κανένα ηλεκτρόνιο στην πλάκα Γ, πρέπει για την ακτίνα των ηλεκτρονίων που εξέρχονται κάθετα από την πλάκα Δ και με την μέγιστη δυνατή κινητική ενέργεια, να ισχύει ότι:

$$R \leq D \Rightarrow R_{max} = D \Rightarrow \frac{m_e v_{max}}{B_{min} e} = D \Rightarrow \\ \Rightarrow B_{min} = \frac{m_e v_{max}}{De} \quad (1)$$

Όμως,

$$K_{max} = \frac{1}{2} m_e v_{max}^2 \Rightarrow v_{max} = \sqrt{\frac{2K_{max}}{m_e}} \quad (2)$$

Η σχέση (1), λόγω της (2), γίνεται:

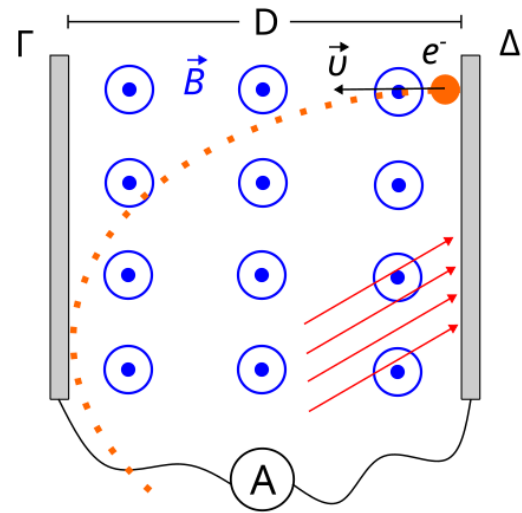
$$B_{min} = \frac{m_e}{De} \sqrt{\frac{2K_{max}}{m_e}} \Rightarrow B_{min} = \sqrt{\frac{2m_e K_{max}}{e^2 D^2}} \quad (3)$$

Από την Φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein, έχουμε ότι (δουλεύοντας και με τα πιο ενεργειακά φωτόνια της προσπίπτουσας ακτινοβολίας):

$$K_{max} = E_{max} - \phi = 3,1eV - 2,3eV \Rightarrow K_{max} = 0,8eV \Rightarrow K_{max} = 1,28 \cdot 10^{-19}J$$

Άρα, με αντικατάσταση στη σχέση (3) προκύπτει ότι

$$B_{min} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,28 \cdot 10^{-19}}{1,6^2 \cdot 10^{-38} \cdot 10^{-2}}} T = \sqrt{9,1 \cdot 10^{-10}} T \Rightarrow B_{min} \cong 3 \cdot 10^{-5} T$$



Μίλτος Καδιτζόγλου

miltoskadiltzoglou@gmail.com