

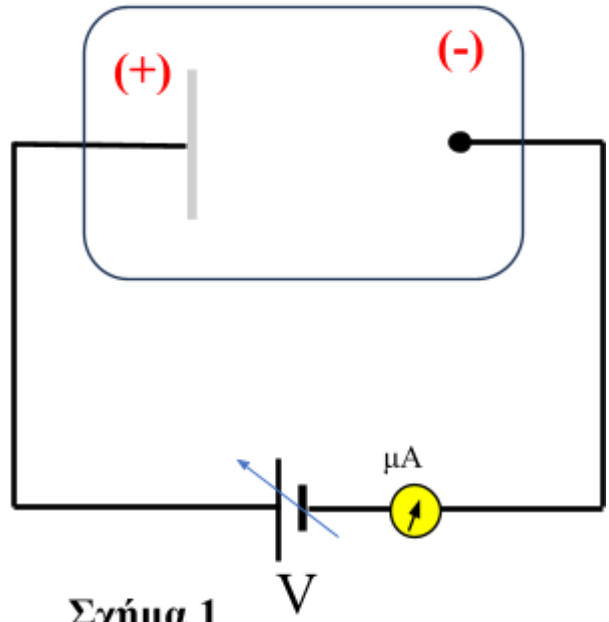
Ρεύμα κόρου

Σε μια διάταξη φωτοηλεκτρικού φαινομένου μια δέσμη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μήκους κύματος $\lambda=100\text{nm}$ και ισχύος 5mW προσκρούει στο μέταλλο της καθόδου. Η απόδοση της ακτινοβολίας στην εξαγωγή φωτοηλεκτρονίων είναι 2%.

$$h = \frac{20}{3} \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \quad \text{και}$$

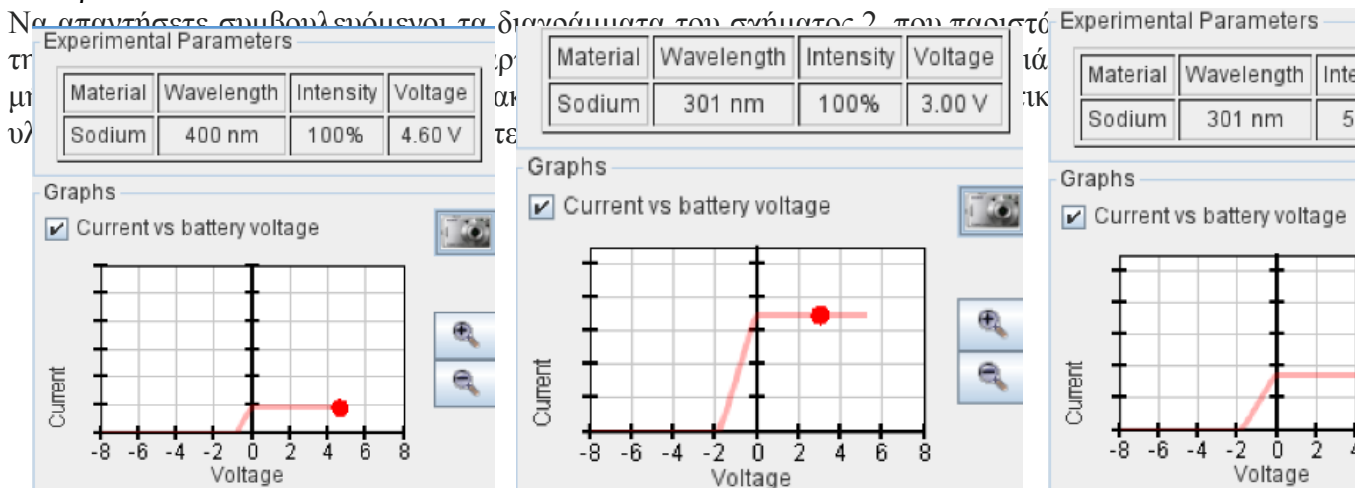
Δίνεται η σταθερά του Planck $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

- i) Να υπολογίσετε τον αριθμό των φωτονίων που προσκρούουν στην κάθοδο κάθε δευτερόλεπτο.
- ii) Να εξηγήσετε γιατί καθώς αυξάνεται η εφαρμοζόμενη τάση V αυξάνεται η ένδειξη του αμπερομέτρου.
- iii) Να υπολογίσετε το ρεύμα κόρου.
- iv) Κάποιος ισχυρίζεται ότι για σταθερή ένταση ακτινοβολίας καθώς μειώνεται η συχνότητα της ακτινοβολίας αυξάνεται ο αριθμός εξαγωγής των φωτοηλεκτρονίων ανά δευτερόλεπτο.



Σχήμα 1

Να απαντήσετε συμβουλευόμενοι τα διαγράμματα του σχήματος 2 που παριστά τα αποτελέσματα των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν με τον εξοπλισμό που φαίνεται στο σχήμα 1.



$\lambda=400\text{nm}$
Ένταση 100%

$\lambda=301\text{nm}$
Ένταση 100%

$\lambda=301\text{nm}$
Ένταση 50%

Σχήμα 2

Απάντηση

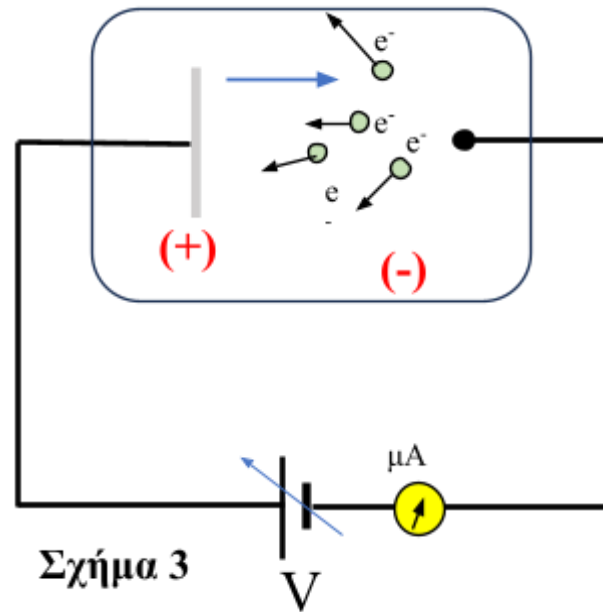
$$\theta = \frac{E}{t} = \frac{N \cdot hf}{t} \rightarrow \frac{N}{t} = \frac{P}{hf} \rightarrow \frac{N}{t} = \frac{P \cdot \lambda}{hc} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-7}}{3 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \text{ φωτ νια / } \rightarrow \frac{N}{t} = 2,5 \cdot 10^{15} \frac{\text{φωτ.}}{s}$$

i)

ii) Το πλήθος των ηλεκτρονίων που εξάγονται ανά δευτερόλεπτο από την κάθοδο ισούται με το 2% του αριθμού των προσπιπτόντων φωτονίων. Δηλαδή

$$N_e = 2\% \frac{N}{t} = 0,02 \cdot 2,5 \cdot 10^{15} = 5 \cdot 10^{13} \text{ ηλεκτρόνια / s}$$

Τα ηλεκτρόνια αυτά εξάγονται από την κάθοδο προς διάφορες διευθύνσεις και με διάφορες ενέργειες και **δεν οδηγούνται όλα προς την άνοδο**. Καθώς αυξάνεται η τάση V (σχήμα 3), αυξάνεται η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου και η δύναμη που δέχονται τα ηλεκτρόνια και έτσι όλο και περισσότερα οδηγούνται προς την άνοδο. Από κάποια τιμή της τάσης και μετά οδηγούνται όλα τα ηλεκτρόνια που εξάγονται προς την άνοδο και το ρεύμα μεγιστοποιείται. (ρεύμα κόρου)



Σχήμα 3

iii) Το ρεύμα κόρου προκύπτει όταν όλα τα ηλεκτρόνια που εξάγονται οδηγούνται στην άνοδο.

$$I_{\max} = 5 \cdot 10^{13} \frac{\text{ηλεκτρόνια}}{s} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} C \rightarrow I_{\max} = 8 \cdot 10^{-6} A$$

$$I = \frac{E}{A \cdot t} = \frac{N \cdot hf}{A \cdot t}$$

iv) Από την ένταση της ακτινοβολίας προκύπτει: Έτσι θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί πως για δύο ακτινοβολίες με ίδια ένταση ακτινοβολίας αυτή με τη μικρότερη συχνότητα θα έχει περισσότερα φωτόνια και θα εξάγει περισσότερα φωτοηλεκτρόνια και επομένως θα αυξάνεται η ένταση του ρεύματος.

Με βάση όμως τα διαγράμματα που προκύπτουν πειραματικά, φαίνεται πως αυξανόμενη της συχνότητας αυξάνεται το φωτόρευμα ακόμη και με πολύ χαμηλότερη έντασης ακτινοβολίας. Προφανώς η σωστή θεώρηση είναι αυτή που προκύπτει από το πείραμα.

Η αρχική θεώρηση είναι λανθασμένη και υπάρχουν παρερμηνείες αν δεχτούμε ότι όλα τα προσπίπτοντα φωτόνια θα εξάγουν ισάριθμα ηλεκτρόνια. Η απόδοση γενικά της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε εξαγωγή ηλεκτρονίων είναι μικρή και αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας της ακτινοβολίας. Έτσι η αύξηση της συχνότητας οδηγεί σε αύξηση των εξερχόμενων ηλεκτρονίων από την κάθοδο. Μάλιστα ακόμη και με μικρή ένταση ακτινοβολίας αλλά με μεγάλη συχνότητα το φωτόρευμα θα είναι αρκετά μεγαλύτερο συγκριτικά με μια ακτινοβολία μεγάλης έντασης αλλά μικρής συχνότητας.

Στον ακόλουθο σύνδεσμο του πανεπιστημίου του Colorado μπορεί κάποιος να μελετήσει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο για διάφορες τιμές παραμέτρων.

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric>