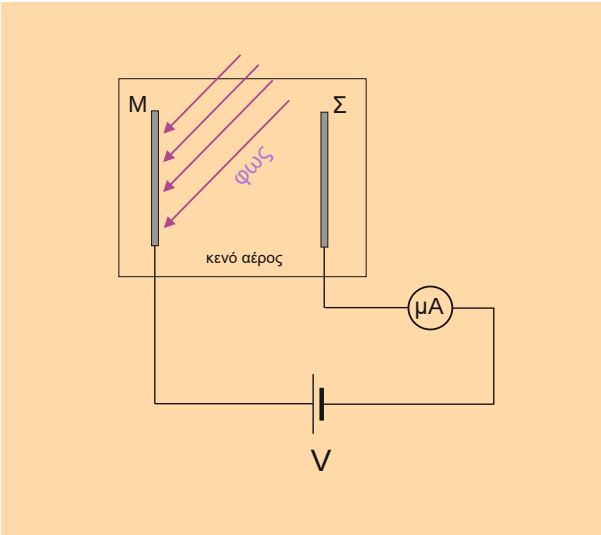
Δουλεύοντας με τη μέθοδο Τραχανά

Στο διπλανό κύκλωμα μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινόμενου το έργο εξαγωγής του μετάλλου Μ είναι φ = 5eV. Στο μέταλλο προσπίπτει ακτινοβολία συχνότητας f και όταν η τάση που επικρατεί μεταξύ μετάλλου Μ και συλλέκτη Σ είναι V = 5V με την πολικότητα του σχήματος, Τα ηλεκτρόνια που εξέρχονται από την επιφάνεια του μετάλλου φτάνουν στο συλλέκτη με κινητική ενέργεια K_Σ = 2eV. Δίνεται $h \cdot c = 1200\ eV \cdot nm$.



Α. Σε ποια περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας βρίσκεται το φως που προσπίπτει στο μέταλλο;

Β. Μπορεί ορατό φως να προκαλέσει φωτοηλεκτρικό φαινόμενο στο συγκεκριμένο μέταλλο;

Γ. Ποια είναι η τάση αποκοπής των φωτοηλεκτρονίων;

Δ. Να κάνετε το διάγραμμα της κινητικής ενέργειας με την οποία αποσπώνται τα ηλεκτρόνια από την επιφάνεια του μετάλλου σε συνάρτηση με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο μέταλλο. Η ελάχιστη τιμή μήκους κύματος να είναι αυτή που υπολογίσατε στο πρώτο ερώτημα.

Απάντηση

Α. 1eV είναι η ενέργεια που θα κερδίσει ή θα χάσει ένα ηλεκτρόνιο, αν επιταχυνθεί ή επιβραδυνθεί αντίστοιχα από τάση ίση με 1V. Με την εικονιζόμενη πολικότητα τα ηλεκτρόνια που αποσπώνται από την επιφάνεια του μετάλλου Μ θα επιβραδυνθούν μέχρι το συλλέκτη Σ, χάνοντας ενέργεια 5eV, αφού V = 5V. Εφόσον λοιπόν τα ηλεκτρόνια φτάνουν στο συλλέκτη με κινητική ενέργεια K_Σ = 2eV, θα εξέρχονται από την επιφάνεια του μετάλλου με κινητική ενέργεια K_M = 7eV. Επομένως τα φωτόνια που προσπίπτουν στο μέταλλο θα έχουν ενέργεια $E = K_M + \varphi \rightarrow E = 12\ eV$.

Όμως $E = h \cdot f \rightarrow E = \dfrac{h \cdot c}{\lambda} \rightarrow \lambda = \dfrac{1200}{12}\ nm \rightarrow \lambda = 100\ nm$

Αφού λ < 400 nm, το φως που προσπίπτει στο μέταλλο είναι στην περιοχή του υπεριώδους.

Β. Τα πιο ενεργητικά φωτόνια του ορατού φωτός θα έχουν μήκος κύματος λ' = 400nm και η ενέργειά τους θα είναι

$$E' = h \cdot f' \rightarrow E = \frac{h \cdot c}{\lambda'} \rightarrow E' = \frac{1200}{400}\,eV \rightarrow E' = 3\,eV$$

Επειδή E' < φ, το ορατό φως δεν μπορεί να προκαλέσει φωτοηλεκτρικό φαινόμενο στο συγκεκριμένο μέταλλο.

Σχόλιο

Αν το ορατό φως δεν μπορεί να προκαλέσει (τουλάχιστον σε όλα τα μέταλλα) απόσπαση ηλεκτρονίων, φανταστείτε τι γίνεται με φως μεγαλύτερου μήκους κύματος (υπέρυθρο, μικροκύματα, ραδιοκύματα). Αν σκεφτούμε ότι το έργο ιοντισμού του υδρογόνου είναι 13,6 eV, είναι σαφές ότι σε μήκη κύματος πάνω από το ορατό φως (αλλά και το ίδιο το ορατό), η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία δεν μπορεί να προκαλέσει καμία χημική αντίδραση, αλλιώς δεν θα ήμασταν εδώ για να το συζητάμε. Μαύρισε κανείς ποτέ κάτω από μια κεραία κινητής τηλεφωνίας;

Με το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο αναδεικνύεται ότι η χημική δραστικότητα μιας ακτινοβολίας σχετίζεται με τη συχνότητά της και όχι με την έντασή της…

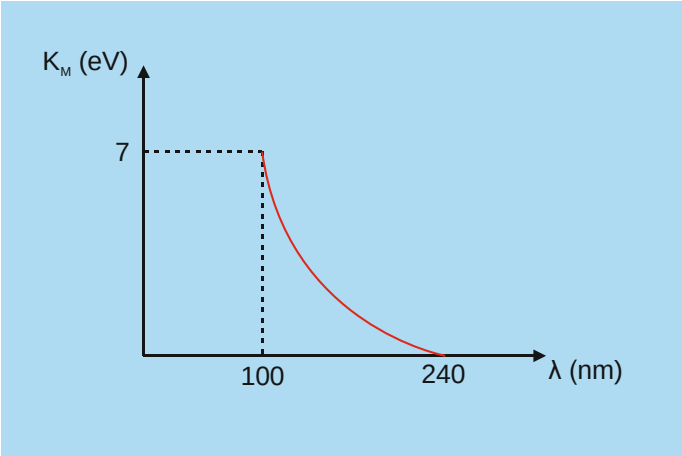
Γ. Αν μεταξύ μετάλλου και συλλέκτη εφαρμοστεί η τάση αποκοπής, τα φωτοηλεκτρόνια θα φτάνουν στο συλλέκτη με μηδέν κινητική ενέργεια, επομένως θα πρέπει να χάσουν ενέργεια 7eV, αφού βγαίνουν από το μέταλλο με κινητική ενέργεια K_M = 7eV. Άρα η τάση αποκοπής είναι V' = 7V.

Δ. Είναι

$$K_M = E - \varphi \rightarrow$$
$$\rightarrow K_M = \frac{h \cdot c}{\lambda} - \varphi \rightarrow$$
$$\rightarrow K_M = \frac{1200}{\lambda} - 5\,(eV)$$

Για K_M = 0, προκύπτει λ = 240 nm.

Το ζητούμενο διάγραμμα είναι το διπλανό.



Παπάζογλου Αποστόλης

apostolospapazoglou@gmail.com