ΘΕΜΑ 4

4.1. Για να εμποδίσουμε τα φωτοηλεκτρόνια που εξέρχονται από το μέταλλο με κινητική ενέργεια K_1 να φτάσουν στο απέναντι ηλεκτρόδιο πρέπει να εφαρμόσουμε τάση αποκοπής V_1 τέτοια ώστε

$$K_1 = e \cdot V_1 \Rightarrow \ K_1 = 0{,}75\ eV$$

Σύμφωνα με τη φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein

$$K_1 = h \cdot f_1 - \varphi \Rightarrow \varphi = h \cdot f_1 - K_1 \ \Rightarrow \varphi = h \cdot \frac{c}{\lambda_1} - K_1$$

όπου φ το έργο εξαγωγής του μετάλλου, επομένως

$$\varphi = \left(\frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{331{,}5 \cdot 10^{-9} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} - 0{,}75\right) eV \Rightarrow \varphi = (3{,}75 - 0{,}75)\ eV \Rightarrow \varphi = 3\ eV$$

Μονάδες 6

4.2. Η συχνότητα κατωφλίου f_0 είναι ίση με

$$f_0 = \frac{\varphi}{h} \Rightarrow f_0 = \frac{3 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{6{,}63 \cdot 10^{-34}} Hz \ \Rightarrow f_0 = 72{,}4 \cdot 10^{13} Hz$$

Η συχνότητα f_2 του φωτός μήκους κύματος λ_2 θα είναι

$$c = \lambda_2 f_2 \Rightarrow \ f_2 = \frac{c}{\lambda_2} \Rightarrow \ f_2 = \frac{3 \cdot 10^{8}}{6 \cdot 10^{-7}} Hz \ \Rightarrow \ f_2 = 50 \cdot 10^{13} Hz$$

Παρατηρούμε ότι $f_2 < f_0$ άρα δεν θα εξέλθουν φωτοηλεκτρόνια από το μέταλλο.

Μονάδες 6

4.3. Οι ακτίνες Χ έχουν μήκος κύματος $\lambda = \frac{\lambda_2}{3 \cdot 10^3} \ \Rightarrow \lambda = \frac{6 \cdot 10^{-7}}{3 \cdot 10^3}\ m \ \Rightarrow \lambda = 20 \cdot 10^{-11}\ m$

Αν λ' είναι το μήκος κύματος των σκεδαζόμενων φωτονίων, τότε

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e \cdot c}(1 - \sigma\upsilon\nu\varphi) \Rightarrow \lambda' = \lambda + \frac{h}{m_e \cdot c}(1 - \sigma\upsilon\nu\varphi)$$

Επειδή η γωνία σκέδασης $\varphi = 60^o$, έχουμε $\sigma\upsilon\nu\varphi = 1/2$, επομένως

$$\lambda' = \left(20 \cdot 10^{-11} + \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{9 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^{8}}\left(1 - \frac{1}{2}\right)\right) m \Rightarrow \lambda' = 20{,}12 \cdot 10^{-11}\ m$$

Μονάδες 6

4.4. Κατά τη σκέδαση ισχύει η αρχή διατήρησης της ενέργειας. Αν E_φ είναι η ενέργεια του προσπίπτοντος φωτονίου, E'_φ είναι η ενέργεια του σκεδαζόμενου φωτονίου και K_e είναι η κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου μετά τη σκέδαση, τότε

$$E_\varphi = E'_\varphi + K_e \ \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda'} + K_e \ \Rightarrow K_e = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} \Rightarrow K_e = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right)$$

Επομένως

$$K_e = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8} \left(\frac{1}{20 \cdot 10^{-11}} - \frac{1}{20{,}12 \cdot 10^{-11}}\right) J \;\Rightarrow K_e = 59{,}3 \cdot 10^{-19} J$$

Αν p_e είναι το μέτρο της ορμής του ηλεκτρονίου μετά τη σκέδαση, τότε

$$K_e = \frac{p_e^2}{2m_e} \Rightarrow p_e = \sqrt{2K_e m_e} \Rightarrow \; p_e = \sqrt{2 \cdot 59{,}3 \cdot 10^{-19} \cdot 9 \cdot 10^{-31}} \; \frac{Kgm}{s}$$

$$\Rightarrow p_e = 32{,}7 \cdot 10^{-25} \; \frac{Kgm}{s}$$

Όμως

$$\lambda_e = \frac{h}{p_e} \Rightarrow \lambda_e = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{32{,}7 \cdot 10^{-25}} m \Rightarrow \lambda_e = 2 \cdot 10^{-10} \; m$$

Μονάδες 7