

Фотоэффект

Фотоэффект - явление вылета электронов с поверхности металла под действием света.

Это явление должно быть Вам знакомо со школы, если нет - теория - С.Э. Фриш и тиннорета АВ "Курс общей физики" том III или И.Е. Иродов "Квантовая физика" (основные законы).

Задача 1 Выбиваемые светом при фотоэффекте электроны полностью задерживаются обратным потенциалом 4В. Красная граница фотоэффекта 0,6 мкм. Определить частоту падающего света.

$$\left. \begin{array}{l} U_{\text{заг}} = 4\text{В} \\ \lambda_{\text{кр}} = 0,6 \text{ мкм} \\ \nu = ? \end{array} \right\}$$

Ур-ие Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + W_{\text{max}}, \text{ где } h\nu = \frac{hc}{\lambda} - \text{энергия кванта света}$$

$$A_{\text{вых}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}} - \text{работа}$$

выхода \bar{e} из металла

$$W_{\text{max}} = \frac{m\bar{v}_{\text{max}}^2}{2} - \text{макс}$$

кинетическая энергия приобретаемая \bar{e} при выходе из металла.

Из этого, чтобы \bar{e} вышедшие из катода, не дошли до анода надо приложить внешнее электрическое поле противоположного направления, и

$$\frac{m\bar{v}_{\text{max}}^2}{2} = eU_{\text{заг}}$$

тогда уравнение (*) можно записать в виде:

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}} + eU_{\text{заг}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}} + \frac{eU_{\text{заг}}}{h} = \frac{3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^{-7}} + \frac{4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 5 \cdot 10^{14} + 9,667 \cdot 10^{14}$$

$$= 14,667 \cdot 10^{14} \left(\frac{1}{\text{с}}\right) (\text{Гц})$$

Р.С. Красная граница фотоэффекта иногда определяется как $A_{\text{вых}}$ (в эВ) или как $\lambda_{\text{кр}}$ - минимальная длина волны, при помощи которой идет к вырыванию \bar{e} из металла.

Фотоэфф. Задача 2. Какая доля энергии фотона израсходована на работу выривания электрона, если красная граница фотоэффекта равна 3070 \AA , а максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона равна 1 эВ ?

$$\lambda_{кр} = 307 \text{ нм}$$

$$W = 1 \text{ эВ}$$

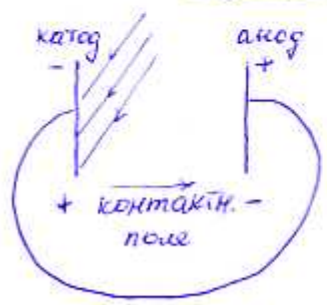
$$\eta = \frac{A}{h\nu} = ?$$

$$h\nu = A + W, \text{ где } A = \frac{hc}{\lambda_{кр}}$$

тогда: $\eta = \frac{A}{h\nu} = \frac{hc}{\lambda_{кр}(hc + W\lambda_{кр})} = \frac{hc}{hc + W\lambda_{кр}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{19,89 \cdot 10^{-26} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3,07 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow$

$$\eta = \frac{19,89}{24,47} = \underline{\underline{0,8}}$$

Задача 3. Какую разность потенциалов надо приложить между катодом и анодом, что это электрическое поле задержит все электроны? Задачу решить для случая цилиндрического катода, у которого красная граница лежит при $\lambda_{кр} = 290 \text{ нм}$. Падающий свет имеет длину волны $\lambda = 2537 \text{ \AA}$. Внешнее контактное разности потенциалов тормозит электроны и соответствует разности потенциалов $U_k = 0,5 \text{ В}$.



$$\lambda_{кр} = 290 \text{ нм}$$

$$\lambda = 2537 \text{ нм}$$

$$U_k = 0,5 \text{ В}$$

$$U_{зад} = ?$$

Катод и анод в фотоэлементе сделаны из разных металлов, отличающихся друг от друга работами выхода электронов из металла. Если соединить эти два металла, между ними возникает контактная разность потенциалов:

$$U_k = \frac{A_1 - A_2}{e}$$

Если контактная поле сонаправлено с полем фотоэлемента, то оно дополнительно ускорит электроны, если направление противоположно - то тормозит.

Если не учитывать контактную разность, то для того, чтобы электроны не дошли до анода надо к фотоэлементу приложить внешнюю задерживающую разность потенциалов, равную кинетической энергии э-нов вышедших из катода:

т.е. $\frac{m v_{max}^2}{2} = e U_{зад}$, но в нашем случае

контактная разность потенциалов уже чаще всего тормозит э-ны, значит внешнее задерживающее поле должно быть меньше кинет. энергии э-нов, и высее с контактной разностью потенциалов задержать электроны, т.е.

$$\frac{m v_{max}^2}{2} = (U_{конт} + U_{зад}) e.$$

Ур-ие Эйншт. $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{кр}} + (U_k + U_{зад}) e \Rightarrow$

$$\Rightarrow U_{зад} = \frac{hc}{e} \left(\frac{\lambda_{кр} - \lambda}{\lambda_{кр} \lambda} \right) - U_k$$

$$\underline{\underline{U_{зад} = 0,61 - 0,5 = 0,11 \text{ В}}}$$