

Решение задач по теме «Фотоэффект»

Задача

- При освещении металлической пластиинки монохроматическим светом задерживающая разность потенциалов равна 1,6 В. Если увеличить частоту света в 2 раза, задерживающая разность потенциалов равна 5,1 В. Определить красную границу фотоэффекта.

Краткая запись условия

- В задаче идет речь о фотоэлектрическом эффекте на одной и той же металлической пластине при освещении светом разной частоты.
- Под красной границей понимается максимальная длина волны, при которой для данного материала будет наблюдаться фотоэффект.

$$v_2 = 2v_1$$

$$U_1 = 1,6B$$

$$U_2 = 5,1B$$

$$\lambda_{\max} - ?$$

Анализ условия

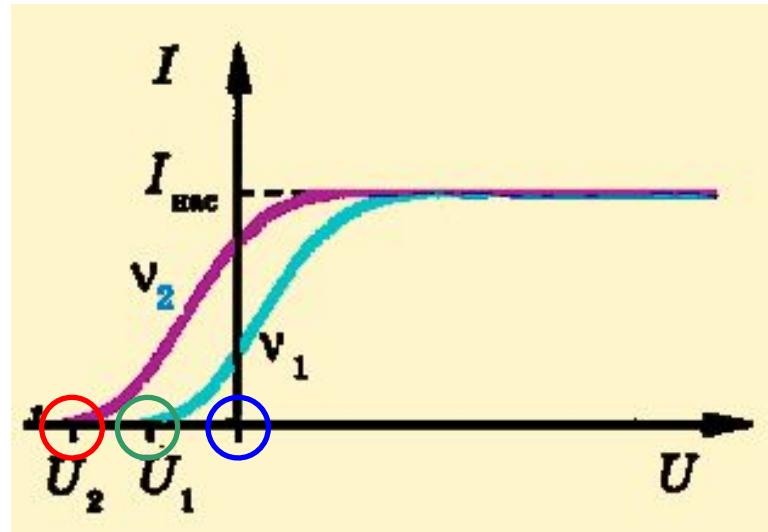
- Описать фотоэффект можно с помощью уравнения Эйнштейна.
- Т.к. рассматриваются два случая, то это уравнение, выражающее закон сохранения энергии в процессе фотоэффекта, записывается два раза.

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h\nu_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\max 1}^2}{2} \\ h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\max 2}^2}{2} \end{array} \right.$$

Анализ условия

- Опыты проводятся в тот момент, когда напряжение на электродах равно запирающему.
- Ток не идет.
- т.е. электрическое поле совершает работу по торможению электронов.



$$\left\{ \begin{array}{l} eU_{31} = \frac{m_{\max}^2}{22} \\ eU_2 = \frac{m_{\max}^2}{2} \end{array} \right.$$

Используя эти и предыдущие равенства, получим
уравнения, в которых неизвестными являются
рабо́та выхода и частота.

$$\left\{ \begin{array}{l} h\nu_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\max}^2}{2} \\ h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\max 2}^2}{2} \\ eU_1 = \frac{mv_{\max}^2}{2} \\ eU_2 = \frac{mv_{\max 2}^2}{2} \end{array} \right. \quad \nu_2 = 2\nu_1$$

Diagram illustrating the derivation of the equations:

- A green curly brace groups the first two equations: $h\nu_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\max}^2}{2}$ and $h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\max 2}^2}{2}$.
- A red curly brace groups the last two equations: $eU_1 = \frac{mv_{\max}^2}{2}$ and $eU_2 = \frac{mv_{\max 2}^2}{2}$.
- A blue curly brace groups the equations $h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\max 2}^2}{2}$ and $eU_2 = \frac{mv_{\max 2}^2}{2}$, indicating they are equivalent due to the relationship $\nu_2 = 2\nu_1$.
- Red arrows point from the terms $A_{\text{вых}}$ and $mv_{\max}^2/2$ in the first equation to their counterparts in the second equation, showing they cancel out.
- Blue arrows point from the term $mv_{\max}^2/2$ in the third equation to its counterpart in the fourth equation, showing they cancel out.

Решим данную систему, выразив из нее
работу выхода.

$$\begin{cases} h\nu_1 = (A_{\text{вых}} + eU_1) \\ 2h\nu_1 = A_{\text{вых}} + eU_2 = \end{cases}$$

$$A_{\text{вых}} + eU_2 = 2A_{\text{вых}} + 2eU_1$$

$$eU_2 - 2eU_1 = 2A_{\text{вых}} - A_{\text{вых}}$$

$$A_{\text{вых}} = e(U_2 - 2U_1)$$

При максимальной
длине волны
падающего света
электроны
выбиваются с
поверхности
металла, но не
получают
кинетическую
энергию.

$$A_{\text{вых}} = \frac{hc}{\lambda_{\max}} \Rightarrow$$

$$\lambda_{\max} = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}$$

Вычислим красную границу

$$A_{\text{вых}} = \frac{hc}{\lambda_{\max}} \Rightarrow$$

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

$$A_{\text{вых}} = e(U_2 - 2U_1)$$

Проведем расчеты

$$\lambda_{\max} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}}{16 \cdot 10^{19} \text{ Кл} \cdot (5,1B - 3,2B)} =$$

$$= 6,54 \cdot 10^7 \frac{\cancel{\text{Б} \cdot \text{Кл} \cdot \text{с} \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}}}}{\cancel{\text{Кл} \cdot \text{В}}} = 6,54 \cdot 10^7 \text{ м}$$

Проанализируем результаты

$$\lambda_{\max} = 6,54 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

1. Какого цвета свет?
2. Будет ли наблюдаться фотоэффект при $\lambda = 7 \cdot 10^{-7}$ м?

$\lambda = 600$ нм?

$\lambda = 0,8$ мкм?

при освещении желтым светом?