

ВНЕШНИЙ ФОТОЭФФЕКТ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- Знакомство с квантовой моделью внешнего фотоэффекта.
- Экспериментальное подтверждение закономерностей внешнего фотоэффекта.
- Экспериментальное определение красной границы фотоэффекта, работы выхода фотокатода и постоянной Планка.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ:

ФОТОНЫ это частицы (кванты), поток которых является одной из моделей электромагнитного излучения (ЭМИ).

ЭНЕРГИЯ ФОТОНА $E_{\phi} = h\nu$,

ν - частота излучения, h - постоянная Планка, $h = 6.62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с).

ЭНЕРГИЯ часто измеряется во внесистемных единицах «электрон-вольтах».

1 эВ = $1.6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

МАССА ФОТОНА связана с его энергией соотношением Эйнштейна

$$E_{\phi} = m_{\phi} c^2, \text{ отсюда } m_{\phi} = \frac{h\nu}{c^2}.$$

ИМПУЛЬС ФОТОНА $p = m_{\phi} c = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} = \frac{E_{\phi}}{c}$, где λ - длина волны

ЭМИ.

ВНЕШНИЙ ФОТОЭФФЕКТ есть явление вылета электронов из вещества (металла, фотокатода) при его облучении электромагнитным излучением (ЭМИ), например, светом. Вылетевшие электроны называются ФОТОЭЛЕКТРОНАМИ. Далее для краткости указанное явление будем называть просто фотоэффектом.

Кинетическая энергия электрона внутри вещества увеличивается на $h\nu$, но при вылете фотоэлектрона из вещества им совершается работа $A_{\text{ВЫХ}}$ (работа выхода) против сил электростатического притяжения к металлу. У фотоэлектрона сообщенная ему фотоном порция энергии уменьшается на величину, равную работе выхода из металла (фотокатода), а оставшаяся часть имеет вид кинетической энергии фотоэлектрона вне металла (фотокатода):

$$E_{\text{к.эл}}^{\text{ВНЕ}} = h\nu - A_{\text{ВЫХ}}.$$

Это соотношение называют формулой (законом) ЭЙНШТЕЙНА ДЛЯ ФОТОЭФФЕКТА.

КРАСНАЯ ГРАНИЦА фотоэффекта есть минимальная частота ЭМИ, при которой еще наблюдается фотоэффект, т.е. для которой энергия фотона равна работе выхода $h\nu_{\text{КР}} = A_{\text{ВЫХ}}$.

ЗАПИРАЮЩИМ (ЗАДЕРЖИВАЮЩИМ) НАПРЯЖЕНИЕМ называется минимальное тормозящее напряжение между анодом вакуумной

лампы (фотоэлемента) и фотокатодом, при котором отсутствует ток в цепи этой лампы, т.е. фотоэлектроны не долетают до анода. При таком напряжении кинетическая энергия электронов у катода равна потенциальной энергии электронов у анода, откуда следует выражение:

$$U_{\text{зап}} = \frac{E_{\text{к.эл}}^{\text{ВНЕ}}}{e} = \frac{h\nu - A_{\text{выл}}}{e},$$

где e - заряд электрона.

МЕТОДИКА и ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

Внимательно рассмотрите рис. 2.1.

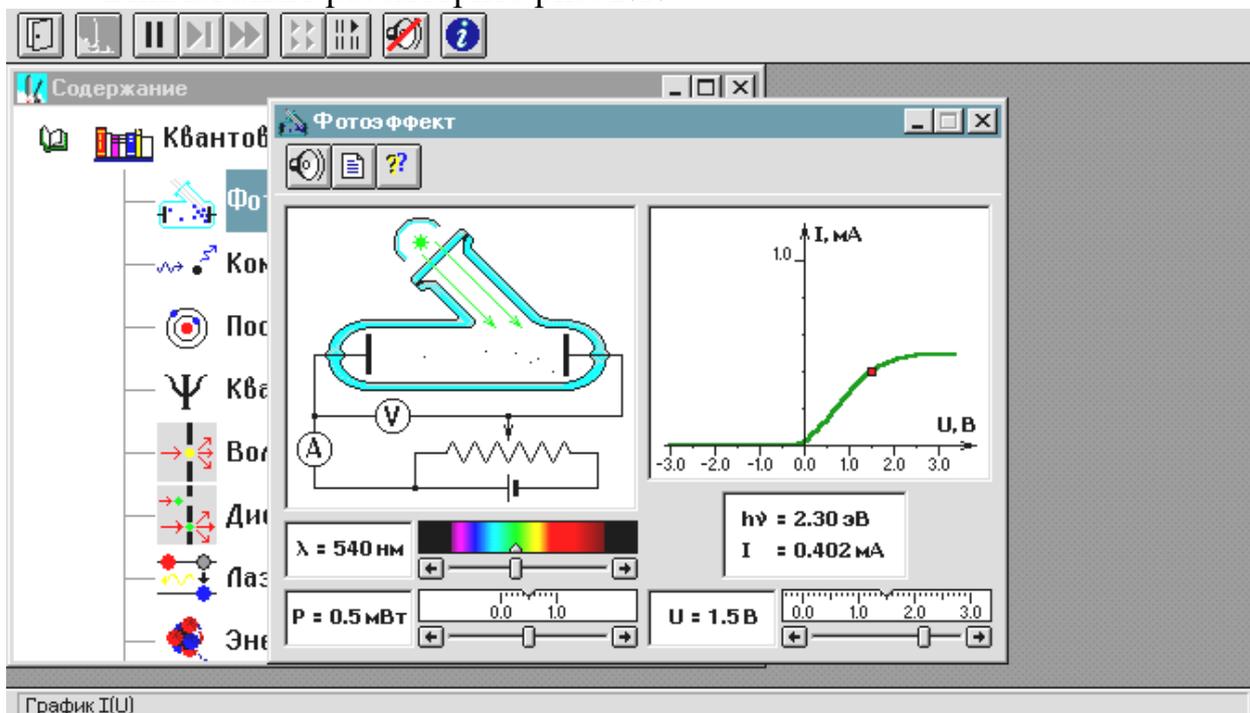


Рис. 2.1

Зацепите мышью движок реостата регулятора интенсивности (мощности) облучения фотокатода и установите его на максимум.

Аналогичным образом установите нулевое напряжение между анодом и фотокатодом и минимальную длину волны ЭМИ. Наблюдайте движение электронов в фотоэлементе, изменяя напряжение до запираения фототока.

ИЗМЕРЕНИЯ

1. Зацепив мышью, перемещайте метку на спектре, постепенно увеличивая длину волны облучения фотокатода. Добейтесь полного отсутствия фототока. Зафиксируйте самую большую длину волны (она будет равна $\lambda_{\text{кр}}$), при которой фототок еще присутствует. Запишите в тетрадь значение длины волны красной границы фотоэффекта. В нашем опыте $\lambda_{\text{кр}} = 623$ нм.

2. Для более точного определения связи запирающего напряжения с длиной волны падающего излучения

- Сначала установите значение запирающего напряжения в соответствии с таблицей вариантов. В данном случае выбраны значения,

указанные в строке 2.

- Перемещая мышью вертикальную метку на спектре, установите такое максимальное значение длины волны, при котором прекращается фототок (при визуальном наблюдении электронов вы видите, что практически все электроны долетают до анода и после этого движутся обратно к катоду).

- Значения λ и $U_{\text{ЗАП}}$ занесите в таблицу 2.1. Для данного случая измеренные длины волн приведены в строке 3.

ТАБЛИЦА 2.1. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

$i =$	1	2	3	4
$U_{\text{ЗАП}i}, \text{В}$	- 0,3	- 0,5	- 0,7	- 1.0
$\lambda_i, \text{нм}$	544	498	463	417
$1/\lambda_i, 10^6 \text{м}^{-1}$				

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА:

1. Вычислите и запишите в таблицу обратные длины волн.
2. Постройте график зависимости напряжения записания ($U_{\text{ЗАП}}$) от обратной длины волны ($1/\lambda$).

3. Определите постоянную Планка, используя график и формулу

$$h = \frac{e \Delta(U_{\text{ЗАП}})}{\Delta(\frac{1}{\lambda})} = \frac{e (U_{\text{ЗАП}4} - U_{\text{ЗАП}1})}{(\frac{1}{\lambda_4} - \frac{1}{\lambda_1})}$$

4. Используя длину волны красной границы фотоэффекта, вычислите значение работы выхода материала фотокатода и определите материал, из которого изготовлен катод.

5. Запишите ответы и проанализируйте ответы и график.
6. Ответьте письменно на вопросы для самоконтроля.

ТАБЛИЦА 3.3. Значения работы выхода для некоторых материалов

Материал	калий	литий	платина	рубидий	серебро	цезий	цинк
$A_{\text{ВЫХ}}, \text{эВ}$	2,2	2,3	6,3	2,1	4,7	2,0	4,0

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое фотоны?
2. Напишите формулу энергии фотона.
3. Напишите формулу, связывающую энергию фотона и его массу.
4. Напишите выражение энергии фотона через его импульс.
5. Дайте формулировку явления внешнего фотоэффекта.
6. Напишите формулу Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
7. Дайте определение красной границы фотоэффекта.