

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3_1 ВНЕШНИЙ ФОТОЭФФЕКТ

Ю.В.Тихомиров

Ознакомьтесь с конспектом лекций и учебником (Савельев, т.3, §9). Запустите программу PHYSICS\BOOKS.exe. Нажмите кнопку «КВАНТ». Щелкайте мышью на кнопке «↓» справа внизу, пока не появится кнопка, около которой надпись «ФОТОЭФФЕКТ». Нажмите ее и затем кнопку «ФИЗИКА». Прочитайте краткие теоретические сведения. Необходимое запишите в свой конспект.

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 $E_{\Phi} = m_{\Phi}c^2$, $m_{\Phi} = \frac{h\nu}{c^2}$.

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.

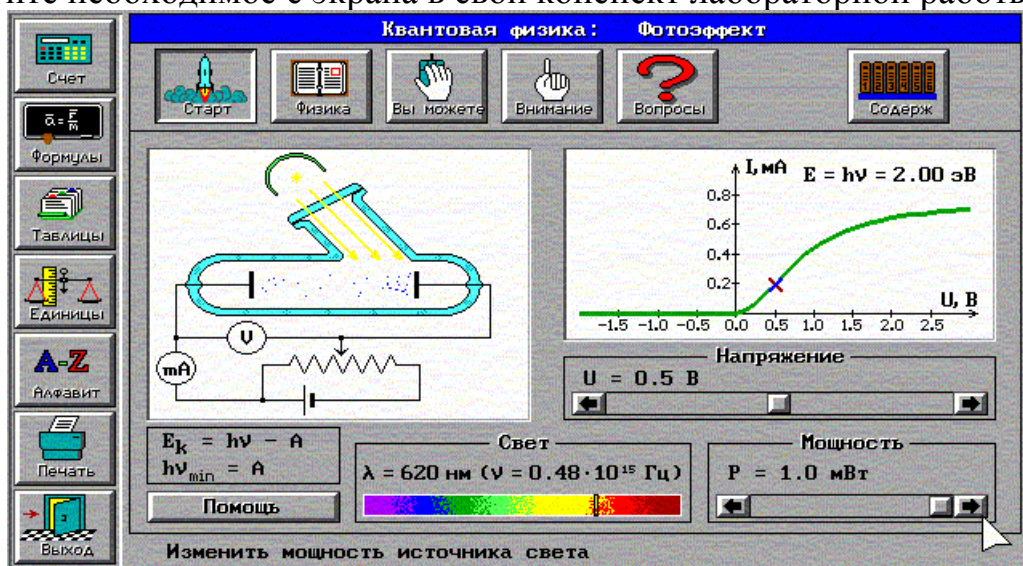
КРАСНАЯ ГРАНИЦА фотоэффекта есть минимальная частота ЭМИ, при которой еще наблюдается фотоэффект, т.е. для которой энергия фотона равна работе выхода $h\nu_{кр} = A_{вых}$.

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:

$$U_{зап} = \frac{E_{к.эл}^{вне}}{e} = \frac{h\nu - A_{вых}}{e},$$

где e - заряд электрона.

Зарисуйте необходимое с экрана в свой конспект лабораторной работы.



МЕТОДИКА и ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

Зацепите мышью движок реостата регулятора интенсивности 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.

Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

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 $\lambda_{кр}$), при которой фототок еще присутствует. Запишите в тетрадь значение длины волны красной границы фотоэффекта ($\lambda_{кр}$).

2. Для более точного определения связи запирающего напряжения с длиной волны падающего излучения применяется следующая методика. Установите значение запирающего напряжения в соответствии с таблицей 2.
3. Перемещая мышью вертикальную метку на спектре, установите такое 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.

ТАБЛИЦА 1. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

| i = | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------------------|---|---|---|---|
| $U_{\text{зап}i}, \text{В}$ | | | | |
| $\lambda_i, \text{нм}$ | | | | |
| $1/\lambda_i, 10^6 \text{м}^{-1}$ | | | | |

ТАБЛИЦА 2. ЗНАЧЕНИЯ ЗАПИРАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ
(не перерисовывать)

| Бригады | $U_{\text{зап}1}$ | $U_{\text{зап}2}$ | $U_{\text{зап}3}$ | $U_{\text{зап}4}$ |
|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1,5 | -0.1 | -0.3 | -0.6 | -0.8 |
| 2,6 | -0.2 | -0.4 | -0.6 | -0.9 |
| 3,7 | -0.3 | -0.5 | -0.7 | -1.0 |
| 4,8 | -0.4 | -0.7 | -0.8 | -1.1 |

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА:

1. Вычислите и запишите в таблицу обратные длины волн.
2. Постройте график зависимости напряжения запираения ($U_{\text{зап}}$) от обратной длины волны ($1/\lambda$).
3. Определите постоянную Планка, используя график и формулу

$$h = \frac{e \Delta (U_{\text{зап}})}{c \Delta \left(\frac{1}{\lambda}\right)}.$$

4. Используя длину волны красной границы фотоэффекта, вычислите значение работы выхода материала фотокатода.
5. Запишите ответы и проанализируйте ответы и график.

ТАБЛИЦА 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 и задания для самоконтроля по работе 3_1

1. Что такое фотоны?
2. Назовите все модели электромагнитного излучения.

3. Напишите формулу энергии фотона.
4. Напишите формулу, связывающую энергию фотона и его массу.
5. Напишите выражение энергии фотона через его импульс.
6. Дайте формулировку явления внешнего фотоэффекта.
7. Опишите по шагам, что происходит с фотоном, падающим на границу металла.
8. Опишите по шагам, что происходит со свободным электроном металла, после его взаимодействия с фотоном.
9. Опишите, что происходит с электроном, входящим в состав атома металла, после его взаимодействия с фотоном.
10. Что такое работа выхода? Чья это характеристика?
11. Напишите формулу Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
12. Дайте определение красной границы фотоэффекта.
13. Как устроен фотоэлемент?
14. Почему катод фотоэлемента называют фотокатодом?
15. Что такое запирающее напряжение для данного фотокатода.
16. Как движется фотоэлектрон в фотоэлементе при потенциале анода ниже потенциала фотокатода?
17. Как движется фотоэлектрон в фотоэлементе при потенциале анода выше потенциала фотокатода?
18. Как связана кинетическая энергия электрона у катода с его потенциальной энергией а анода и почему?