

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4 – 7

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ ВНЕШНЕГО ФОТОЭФФЕКТА

Студент Пахомов Владислав Андреевич группа ПВ-223

Допуск _____ Выполнение _____ Защита _____

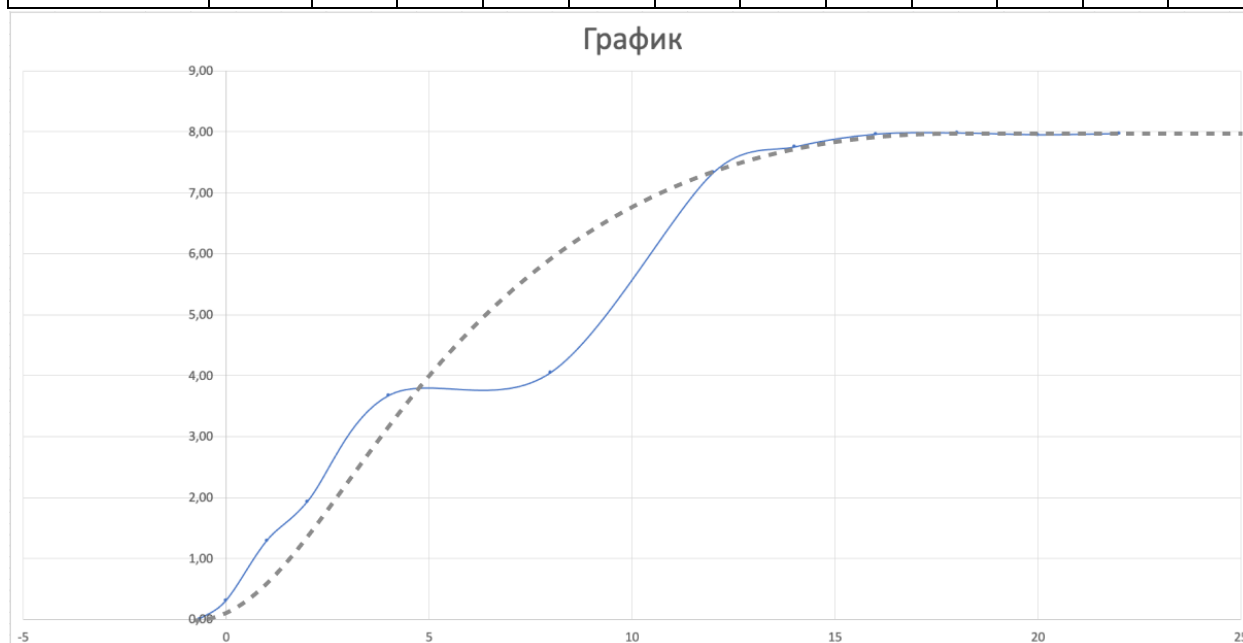
Цель работы: Исследование вольт-амперной характеристики вакуумного фотоэлемента. Определение работы выхода электронов из вещества $A_{\text{вых}}$, красной границы фотоэффекта $\nu_{\text{кр}}$ и постоянной Планка h .

Приборы и принадлежности: вакуумный фотоэлемент, галогеновая лампа, набор светофильтров, электронный блок приборов (включает микроамперметр, вольтметр, источник питания).

Упражнение 1

Таблица 1

$\lambda = 550 \text{ нм}$												
Напряжение U , В	$U_3 = -0.66$	0	1	2	4	8	12	14	16	18	20	22
Фототок I , мкА	0	0.31	1.29	1.93	3.67	4.05	7.33	7.75	7.96	7.98	7.95	7.97



(синяя линия – полученный график, серая прерывистая линия – предполагаемая линия вольт-амперной характеристики фотоэлемента)

Вывод: полученный график соответствует вольт-амперной характеристике фотоэлемента

Упражнение 2

Таблица 2

λ , нм	670	580	560	550	525	510	500
ν , 10^{14} Гц	4.4776	5.1724	5.3571	5.4545	5.7143	5.8824	6
Задерживающий потенциал U_3 , В	-0.41	-0.58	-0.61	-0.64	-0.74	-0.89	-1.09
	-0.43	-0.59	-0.63	-0.65	-0.72	-0.91	-1.12
	-0.42	-0.57	-0.60	-0.63	-0.73	-0.90	-1.13
Среднее значение $\langle U_3 \rangle$, В	-0.42	-0.58	-0.6133	-0.64	-0.73	-0.90	-1.1133

$$\nu = \frac{c}{\lambda}, c = 3 \cdot 10^8 \frac{M}{c}$$

$$\nu_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{670 \cdot 10^{-9}} = 4.4776 \cdot 10^{-14} \Gamma_{\mathcal{U}}$$

$$\nu_2 = \frac{3 \cdot 10^8}{580 \cdot 10^{-9}} = 5.1724 \cdot 10^{-14} \Gamma_{\mathcal{U}}$$

$$\nu_3 = \frac{3 \cdot 10^8}{560 \cdot 10^{-9}} = 5.3571 \cdot 10^{-14} \Gamma_{\mathcal{U}}$$

$$\nu_4 = \frac{3 \cdot 10^8}{550 \cdot 10^{-9}} = 5.4545 \cdot 10^{-14} \Gamma_{\mathcal{U}}$$

$$\nu_5 = \frac{3 \cdot 10^8}{525 \cdot 10^{-9}} = 5.7143 \cdot 10^{-14} \Gamma_{\mathcal{U}}$$

$$\nu_6 = \frac{3 \cdot 10^8}{510 \cdot 10^{-9}} = 5.8824 \cdot 10^{-14} \Gamma_{\mathcal{U}}$$

$$\nu_7 = \frac{3 \cdot 10^8}{500 \cdot 10^{-9}} = 6 \cdot 10^{-14} \Gamma_{\mathcal{U}}$$

$$\langle U_{3i} \rangle = \frac{\sum U_{3i}}{n}$$

$$\langle U_{31} \rangle = \frac{-0.41 - 0.42 - 0.43}{3} = -0.42 \text{ В}$$

$$\langle U_{32} \rangle = \frac{-0.58 - 0.59 - 0.57}{3} = -0.58 \text{ В}$$

$$\langle U_{33} \rangle = \frac{-0.61 - 0.63 - 0.60}{3} = -0.6133 \text{ В}$$

$$\langle U_{34} \rangle = \frac{-0.64 - 0.65 - 0.63}{3} = -0.64 \text{ В}$$

$$\langle U_{35} \rangle = \frac{-0.74 - 0.72 - 0.73}{3} = -0.73 \text{ В}$$

$$\langle U_{36} \rangle = \frac{-0.89 - 0.91 - 0.90}{3} = -0.90 \text{ В}$$

$$\langle U_{37} \rangle = \frac{-1.09 - 1.12 - 1.13}{3} = -1.1133 \text{ В}$$



$$U_3 = 1.4630 \text{ В}$$

$$\nu_{\text{кр}} = 3.6541 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$|e| = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$U_3 = \frac{A_{\text{ВЫХ}}}{|e|}; A_{\text{ВЫХ}} = U_3 \cdot |e| = 1.4630 \text{ В} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = 2.3408 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

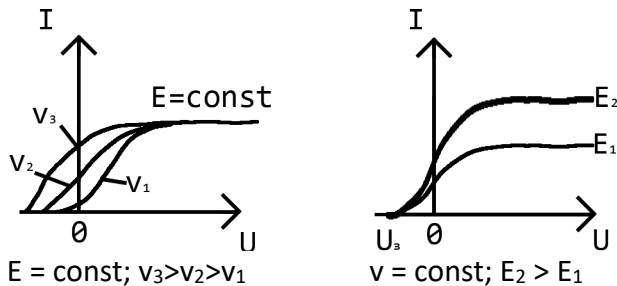
$$h = \frac{A_{\text{ВЫХ}}}{\nu_{\text{кр}}} = \frac{2.3408 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}}{3.6541 \cdot 10^{14} \text{ Гц}} = 6.4060 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \text{ (табличное значение } h \\ = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с)}$$

Контрольные вопросы

1. Что такое явление внешнего фотоэффекта?

Внешним фотоэффектом называется явление вылета электронов с поверхности твёрдых и жидких веществ под действием электромагнитного излучения. (при этом вещество электризуется, приобретая положительный заряд).

2. Нарисуйте вольтамперные характеристики вакуумного фотоэлемента. Объясните их особенности.



1) При любой освещённости фотокатода E существует ток насыщения I_n (то есть максимальная величина силы тока при данной освещённости света). Это объясняется тем, что анода достигают все фотоэлектроны, которые возникают при фотоэффекте за одно и то же время.

2) При $U = 0$ В наблюдается небольшой фототок. Это объясняется тем, что некоторая часть фотоэлектронов обладает достаточной скоростью и направлением движения, чтобы самостоятельно долететь до анода)

3) Чтобы прекратить фототок, необходимо на катод подать обратное напряжение (то есть на катод K подать более высокий потенциал по отношению к аноду A). Это напряжение называется задерживающим или запирающим напряжением U_3 .

3. Сформулируйте законы внешнего фотоэффекта.

- Максимальная начальная скорость вылетающих фотоэлектронов прямо пропорциональна ν_{max} и не зависит от интенсивности I
- При $\nu = \text{const}$ величина фототока прямо пропорционально интенсивности света.
- Для любого вещества существует $\nu_{\text{кр}}$ – красная граница, минимальная частота падающего на вещество свет при котором ещё возможен фотоэффект.
- Вылет электронов с поверхности вещества при начале фотоэффекта безынерционен (практически мгновенен).

4. Запишите и расшифруйте уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$$

$A_{\text{вых}}$ – работа выхода фотоэлектронов из вещества Дж

ν_{max}^2 – максимальная скорость движения вылетающих фотоэлектронов м/с

Согласно гипотезе Эйнштейна, каждый фотон падающего светового потока взаимодействует только с одним электроном вещества, передавая ему всю свою энергию. Энергия, полученная от фотона, расходуется электроном на совершение им работы выхода $A_{\text{вых}}$ из вещества и на сообщение ему кинетической энергии, с которой он вылетает из вещества.

Энергия фотона $h\nu$ расходуется на работу выхода и кинетическую энергию.

5. Что понимают под красной границей фотоэффекта? Что такое работа выхода электронов из вещества?

Минимальная частота падающего на вещество свет при котором ещё возможен фотоэффект. Работа выхода – энергия необходимая фотоэлектрону для выхода из вещества

6. Что такое задерживающий потенциал?

Обратное напряжение необходимое для прекращения фототока

7. Современные представления о природе света. Напишите связь между корпускулярными и волновыми свойствами квантов света.

- а. Свет представляет собой поток частиц (квантов или фотонов) которые являются по своей природе электромагнитными волнами. Кванты света излучаются атомами вещества при переходе электронов с орбиты с большей энергией на орбиту с меньшей энергией. Время перехода составляет 10^{-8} с. Излученный излишек энергии (цуг) является электр.магн. волной длиной 3 м.

- б. Фотон обладает энергией $E_{\phi} = h\nu$, массой $m_{\phi} = \frac{h\nu}{c^2}$, импульсом $p_{\phi} = m_{\phi}c$ и скоростью $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

- с. Корпускулярные свойства света проявляются в том, что свет всегда излучается, распространяется в пространстве и поглощается веществом порциями. Поглощается фотон всегда целиком, а не частями. При поглощении фотон исчезает, передавая энергию и импульс веществу поглотившему ему.

Наблюдения показывают, что свет в одних явлениях ведёт себя как волна (явления дифракции, поляризации, интерференции), а в других явлениях ведёт себя как частица (закономерности теплового излучения, явление фотоэффекта и др). Поглощаемая энергия и импульс фотона зависят от частоты/длины волны.

$$E_{\phi} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{— как волна} \quad E_{\phi} = m_{\phi}c^2 \quad \text{— как частица}$$
$$p_{\phi} = \frac{h}{\lambda} \quad \text{— как волна} \quad p_{\phi} = m_{\phi}c \quad \text{— как частица}$$