

Лабораторная работа №6.2

«Изучение законов внешнего фотоэффекта»

Вариант 11

$$r = 11,50$$

Цель работы: Изучение явления внешнего фотоэлектрического эффекта на виртуальной лабораторной установке, экспериментальное подтверждение закономерностей внешнего фотоэффекта.

Приборы: 1 – Источник света;

2 – Вакуумная трубка;

4 – Вольтметр;

5 – Амперметр

6 – Источник ЭДС

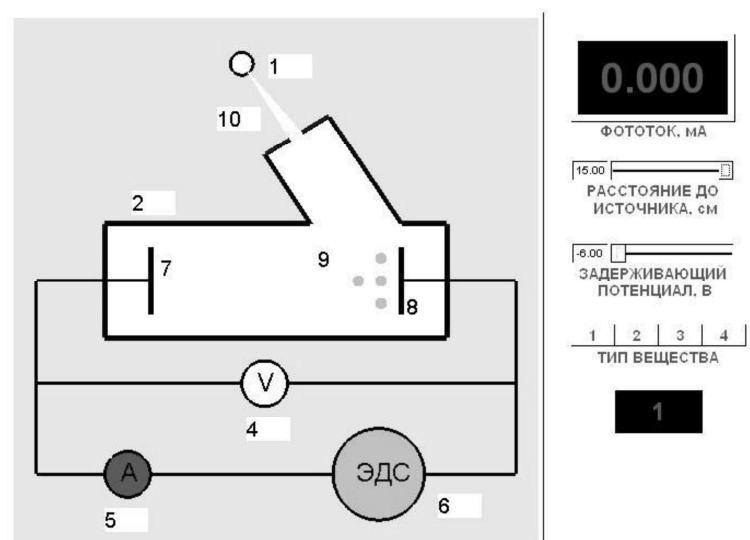
7 – Анод (электрод)

8 – Катод (электрод)

9 – Фотоэлектроны

10 – Световой поток

Схема установки:



$$A = \frac{hc}{\lambda_{\text{мин}}} - eU_3$$

A – работа выхода электронов из вещества

h – постоянная Планка

c – скорость света в вакууме

$\lambda_{\text{мин}}$ – минимальная длина волны в спектре источника света

e – заряд электрона

U_3 – величина задерживающего потенциала, при котором прекращается фототок.

Решение:

А) Определить величину задерживающего потенциала U_3

$$U_3 = 1,68$$

Вещество 1 - Калий													
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Потенциал U, В	-1,68	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	5,28
Фототок I, Ам	0,000	0,000	0,017	0,061	0,105	0,146	0,192	0,236	0,278	0,322	0,366	0,409	0,420

$$U_3 = 1,54$$

Вещество 2 - Литий													
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Потенциал U, В	-1,54	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,41
Фототок I, Ам	0,000	0,000	0,007	0,054	0,098	0,139	0,185	0,229	0,275	0,319	0,365	0,405	0,415

Б) Вычислить численное значение работы выхода электронов

	А, Дж	А, эВ
Вещество 1 - Калий	3,52763E-19	2,204765625
Вещество 2 - Литий	3,75163E-19	2,344765625

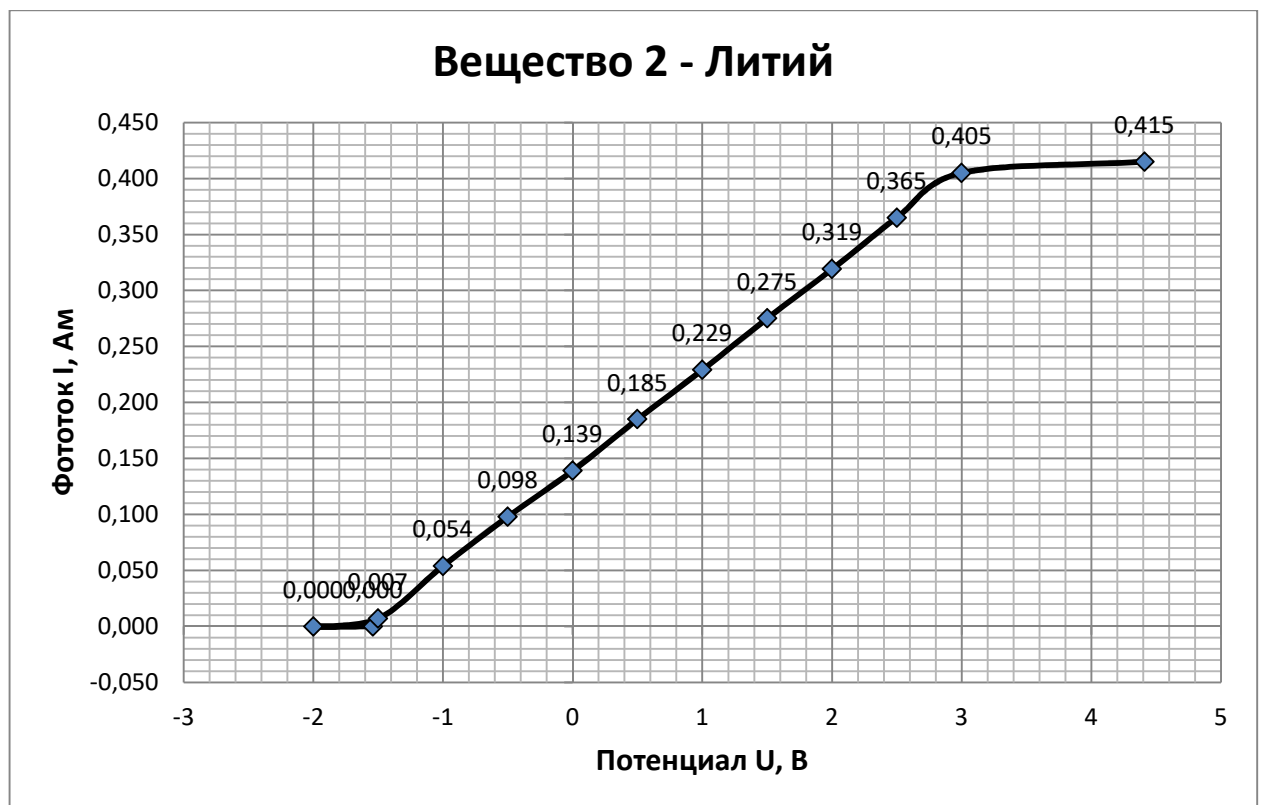
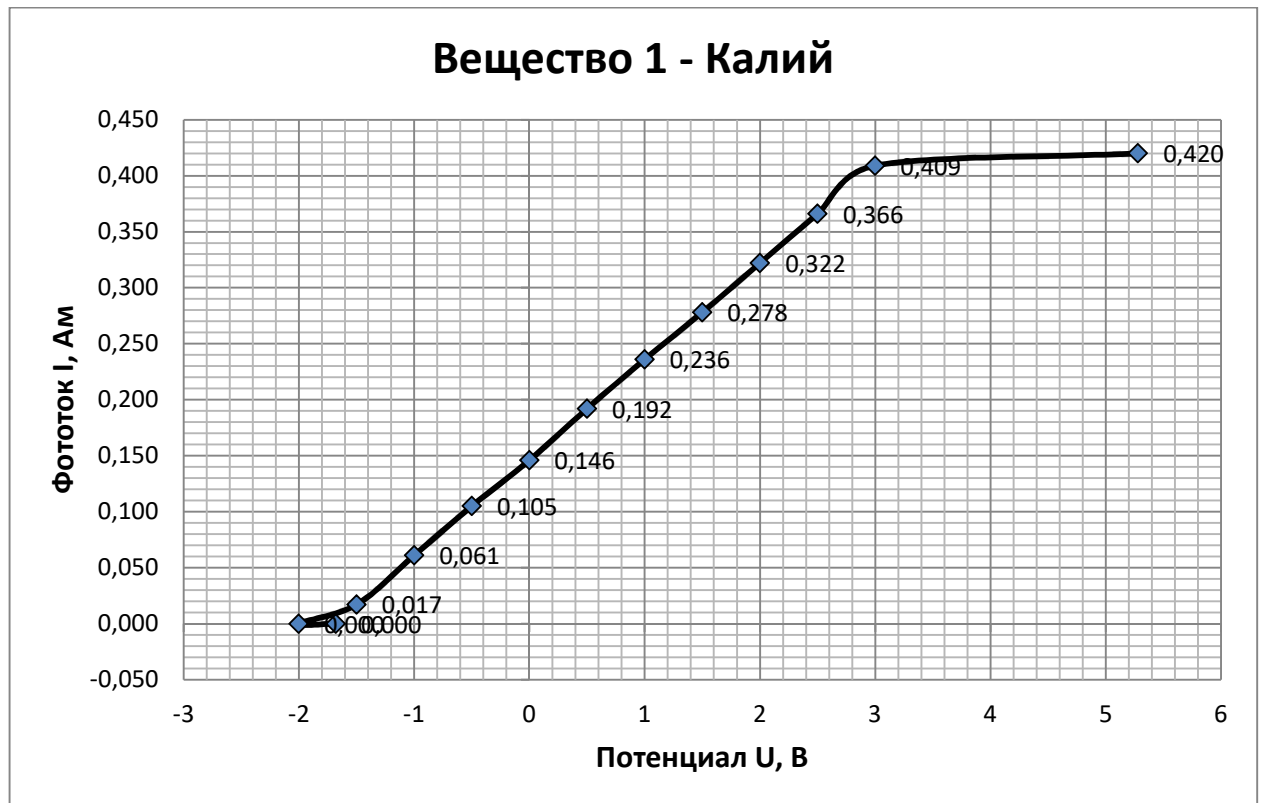
Таблица 1

Работа выхода электронов из металла

Металл	А, Дж	А, эВ
Платина	$10 \cdot 10^{-19}$	6,3
Серебро	$7,5 \cdot 10^{-19}$	4,7
Цинк	$6,4 \cdot 10^{-19}$	4,0
Литий	$3,7 \cdot 10^{-19}$	2,3
Калий	$3,5 \cdot 10^{-19}$	2,2
Рубидий	$3,4 \cdot 10^{-19}$	2,1
Цезий	$3,2 \cdot 10^{-19}$	2,0

По таблице определяем, что Вещество 1 это Калий, а Вещество 2 это Литий.

В) Построить графики зависимости фототока от величины задерживающего потенциала



Вопросы:

1. Что такое фотоны?
2. Как определяется энергия фотона.
3. Напишите формулу, связывающую энергию фотона и его массу.
4. Определите связь энергии фотона с его импульсом.
5. Дайте формулировку явления внешнего фотоэффекта.
6. Опишите, что происходит с фотоном, падающим на границу металла.
7. Опишите, что происходит со свободным электроном металла, после его взаимодействия с фотоном.
8. Что такое работа выхода?
9. Напишите формулу Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
10. Дайте определение красной границы фотоэффекта.
11. Что такое фотоэлемент?
12. Почему катод фотоэлемента называют фотокатодом?
13. Что такое запирающее напряжение для данного фотокатода.
14. Как движется фотоэлектрон в фотоэлементе если потенциал анода ниже (или выше) потенциала фотокатода?

Ответы:

1) Основной постулат корпускулярной теории электромагнитного излучения звучит так: электромагнитное излучение (и, в частности, свет) – это поток частиц, называемых фотонами. Они участвуют в электромагнитных взаимодействиях, но не обладают сильным и слабым взаимодействием.

Фотон – частица, не обладающая массой покоя. Она может существовать, только двигаясь со скоростью света c .

2) Фотонная (корпускулярная) теория показывает, что в монохроматическом пучке все фотоны имеют одинаковую энергию (равную $h\nu$). Увеличение интенсивности светового пучка означает увеличение числа фотонов в пучке, но не сказывается на их энергии, если частота остается неизменной. Согласно теории Эйнштейна, электрон выбивается с поверхности металла при соударении с ним отдельного фотона. При этом вся энергия фотона передается электрону, а фотон перестает существовать. Так как электроны удерживаются в металле силами притяжения, для выбивания электрона с поверхности металла требуется минимальная энергия A (которая называется работой выхода и составляет для большинства металлов величину порядка нескольких электронвольт).

$$E = h\nu = h\left(\frac{c}{\lambda}\right)$$

3) Энергия фотона ($h\nu$) равна кинетической энергии вылетевшего электрона плюс работе по выбиванию электрона из металла:

$$m_{\phi} = \frac{E}{c^2} = \frac{hc}{\lambda c^2} = \frac{h}{\lambda c}$$

$$m_{\phi} = \frac{h\nu}{c^2}$$

4) Всякая движущаяся частица (*корпускула*) обладает импульсом, причём согласно теории относительности энергия частицы E и ее импульс p связаны формулой

$$E = \sqrt{E_0^2 + (cp)^2}$$

Где E_0 – энергия покоя частицы. Так как энергия покоя фотона равна нулю, то из следуют две очень важные формулы:

$$E = cp$$

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

5) Внешним фотоэффектом называется испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения. *Внешний фотоэффект* наблюдается в твердых телах (металлах, полупроводниках, диэлектриках), а также в газах на отдельных атомах и молекулах (фотоионизация).

6) Фотон, падающий на границу металла, поглощается свободным электроном, отдавая ему всю свою энергию.

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

8) Работой выхода называется минимальная энергия, которую надо сообщить электрону вещества, чтобы он мог его покинуть. Работа выхода есть характеристика данного вещества.

9) Формула:

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

10) Красная граница фотоэффекта есть минимальная частота ЭМИ, при которой еще наблюдается фотоэффект, т.е. для которой энергия фотона равна работе выхода:

$$h\nu_{\text{кр}} = A_{\text{ВЫХ}}$$

11) Фотоэлемент — электронный прибор, который преобразует энергию фотонов в электрическую энергию. Подразделяются на электровакуумные и полупроводниковые **фотоэлементы**. Действие прибора основано на фотоэлектронной эмиссии или внутреннем фотоэффекте.

Фотоэлемент включает в себя корпус, из которого откачан воздух. Корпус имеет окно, прозрачное для ЭМИ. Внутри корпуса находятся электроды, один из которых является фотокатодом, и на который попадает ЭМИ.

12) Катод фотоэлемента называют фотокатодом, т.к. он эмитирует электроны при облучении электромагнитным излучением. Обычный катод эмитирует электроны в результате нагрева.

13) Запирающим (задерживающим) напряжением называется минимальное тормозящее напряжение между анодом фотоэлемента и фотокатодом, при котором отсутствует ток в цепи фотоэлемента, т.е. фотоэлектроны не долетают до анода.

14) Если потенциал ниже, то фотоэлектрон тормозится электрическим полем и может возвратиться на фотокатод.

Если же потенциал выше, то фотоэлектрон ускоряется электрическим полем, попадает на анод и поглощается им.