

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5.1

**Экспериментальная проверка уравнения
Эйнштейна для фотоэффекта и
определение постоянной Планка**

Б03-104

Куланов Александр

Долгопрудный, 2023 г.

- **Цель работы:** исследовать зависимость фототока от величины задерживающего потенциала и частоты падающего излучения и вычислить величину постоянной Планка

1 Теоретические сведения

Фотоэффект — явление испускания электронов фотокатодом, облучаемым светом. На фотокатод падают частицы, называемые фотонами, которые обладают энергией $\hbar\omega$ и импульсом $\hbar\omega/c$. При столкновении фотона с электроном фотокатода энергия фотона полностью передается электрону, и фотон прекращает свое существование. Энергетический баланс этого взаимодействия для вылетающих электронов описывается уравнением

$$\hbar\omega = E_{max} + W \quad (1)$$

Здесь E_{max} — максимальная кинетическая энергия электрона после выхода из фотокатода, W — работа выхода электрона из катода.

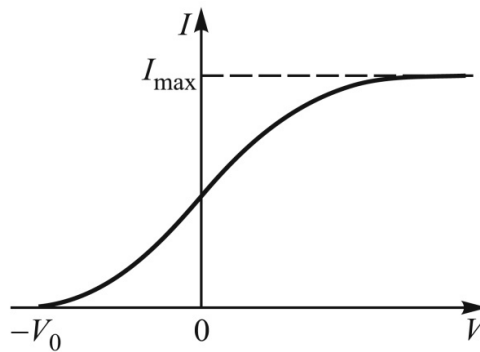


Рис. 1: Зависимость силы тока от напряжения при фотоэффекте

Для измерения энергии вылетевших фотоэлектронов обычно располагают второй электрод (анод), на который подается задерживающий или ускоряющий потенциал. При достаточно больших ускоряющих напряжениях фототок достигает насыщения (рис. 1), то есть все электроны долетают до анода.

При некотором значении $V = -V_0$ (потенциал запираения) никакие электроны не долетают до анода. Максимальная кинетическая энергия E_{max} электронов связана с запирающим потенциалом V_0 : $E_{max} = eV_0$. Тогда уравнение (1) примет вид, называемый уравнением Эйнштейна:

$$eV_0 = \hbar\omega - W \quad (2)$$

Для определения запирающего напряжения, нужно экстраполировать зависимость тока от напряжения к нулю. В нашем случае с аксиальной симметрией корень из тока линейно зависит от запирающего напряжения. Чтобы это сделать, определяются потенциалы запираения при разных частотах (длинах света) и строится зависимость $V_0(\omega)$. Как следует из (2),

$$\frac{dV_0}{d\omega} = \frac{\hbar}{e} \quad (3)$$

То есть по наклону прямой можно определить постоянную Планка.

2 Экспериментальная установка

Схема установки представлена на рисунке (2)

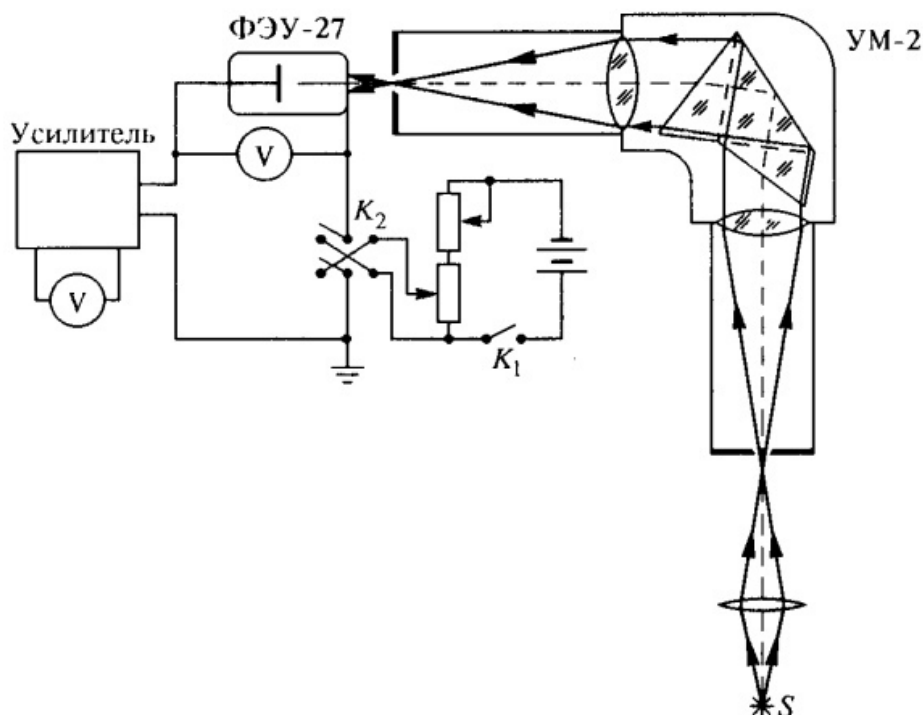


Рис. 2: Принципиальная схема установки

Свет от источника S (обычная электрическая лампа накаливания) фокусируется на входную щель призматического монохроматора УМ-2, выделяющего узкий спектральный интервал, и попадает на фотокатод фотоэлектронного умножителя ФЭУ. В качестве фотокатода в данном ФЭУ используется полупрозрачное висмута-серебряно-цезиевое покрытие. Тормозящий потенциал подается на сетку (плоский металлический электрод), которая используется в качестве анода. Остальные электроды накоротко соединены с сеткой.

Фототок, протекающий в нашем фотоэлементе, мал, особенно при потенциалах V , близких к V_0 , и не может быть измерен непосредственно. Для его измерения используется усилитель постоянного тока. Для уменьшения погрешностей измерений, обусловленных наводками, усилитель фототока смонтирован в одном корпусе с ФЭУ. Абсолютные значения фототока нам не нужны, поэтому он измеряется в относительных единицах по вольтметру, подключенного к выходу усилителя. Эти показания пропорциональны величине измеряемого тока. Тормозящий потенциал регулируется при помощи двух потенциометров «Грубо» и «Плавно», установленных на корпусе блока питания установки. Измерение тормозящего потенциала осуществляется в помощью цифрового вольтметра.

Точное измерение тормозящего потенциала произвести очень трудно, и связано это со следующим обстоятельством. Если составить электрическую цепь из различных проводников, то возникает контактная разность потенциалов, величина которой определяется разностью работ выходов между крайними проводниками. Контактная разность потенциалов может достигать нескольких вольт, это значительно усложняет в такой разнородной цепи измерение разности потенциалов, возникающей за счет других причин. Это же относится и к измерению приложенной к цепи внешней разности потенциалов.

Контактная разность потенциалов мешает точному определению величины V_0 , но не

оказывает влияния на определение постоянной Планка, которая выражается через производную $dV_0/d\omega$.

3 Выполнение работы

Таблица с данными для калибровки:

λ , А	φ , deg
7032	2950
6929	2922
6717	2856
6678	2845
6599	2812
6533	2791
6507	2779
6402	2744
6383	2732
6334	2716
6305	2703
6267	2689
6217	2666
6164	2642
6143	2634
6096	2616
6074	2604
6030	2587
5976	2563
5945	2550
5882	2517
5852	2500
5401	2248
5341	2208
5331	2193

График калибровки:

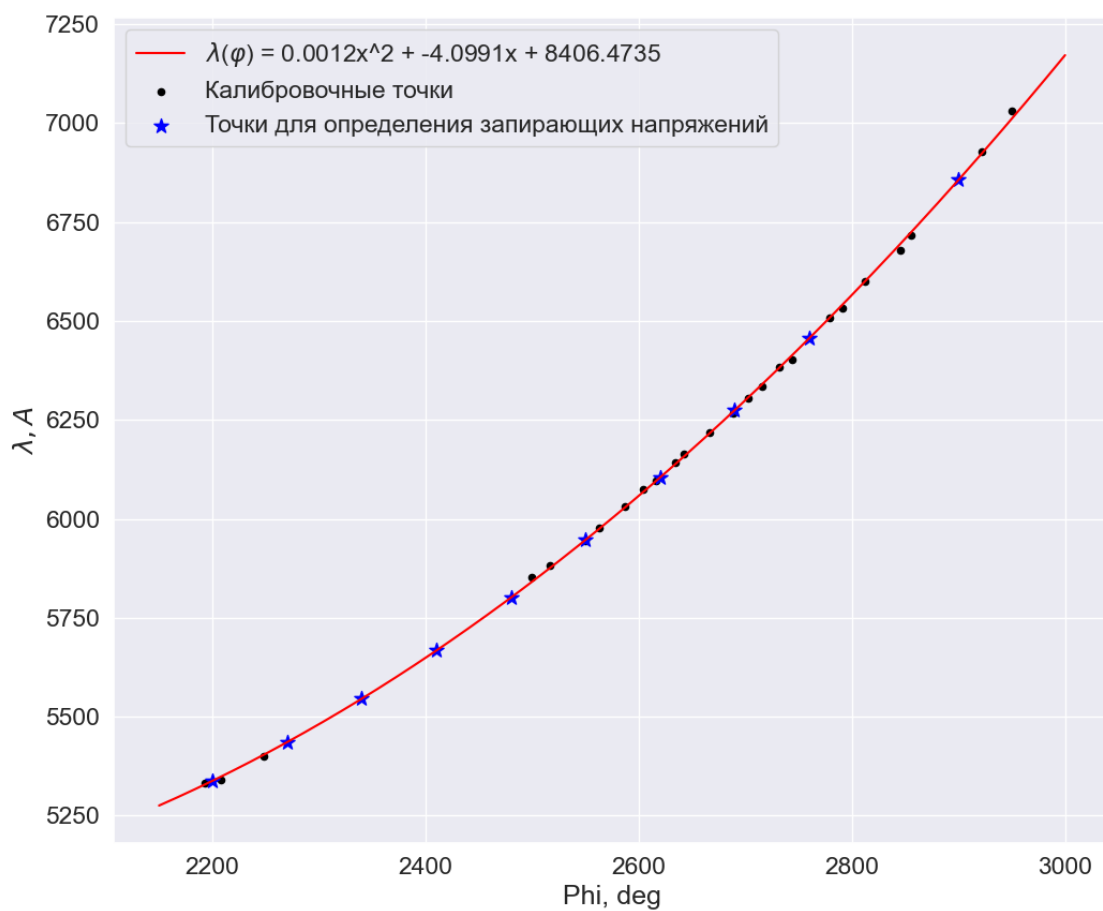


Рис. 3: График калибровки

Данные с измерений запирающего напряжения:

2200		2270		2340		2410		2480	
U, V	I	U, V	I	U, V	I	U, V	I	U, V	I
-0,77	0	-0,74	0	-0,72	0	-0,67	0	-0,64	0
-0,72	0,03	-0,7	0,02	-0,65	0,04	-0,62	0,04	-0,59	0,03
-0,69	0,05	-0,66	0,06	-0,61	0,09	-0,59	0,08	-0,55	0,08
-0,63	0,11	-0,6	0,13	-0,55	0,2	-0,54	0,15	-0,5	0,16
-0,56	0,22	-0,55	0,21	-0,5	0,28	-0,48	0,27	-0,43	0,33
-0,48	0,36	-0,47	0,35	-0,43	0,4	-0,42	0,39	-0,36	0,44
-0,36	0,47	-0,37	0,47	-0,34	0,48	-0,35	0,47	-0,31	0,48
-0,25	0,5	-0,29	0,5	-0,25	0,51	-0,25	0,5	-0,26	0,5
-0,15	0,53	-0,16	0,53	-0,16	0,53	-0,16	0,53	-0,18	0,53
0	0,55	0	0,56	0	0,56	0	0,56	0	0,57

2550		2620		2690		2760		2900	
U, V	I	U, V	I	U, V	I	U, V	I	U, V	I
-0,6	0	-0,55	0	-0,5	0	-0,46	0	-0,36	0
-0,55	0,03	-0,53	0,02	-0,47	0,02	-0,42	0,02	-0,33	0,01
-0,52	0,07	-0,48	0,07	-0,44	0,07	-0,39	0,06	-0,31	0,03
-0,48	0,14	-0,43	0,17	-0,39	0,14	-0,36	0,11	-0,28	0,06
-0,43	0,27	-0,38	0,3	-0,36	0,22	-0,33	0,19	-0,25	0,11
-0,39	0,36	-0,33	0,4	-0,33	0,32	-0,3	0,26	-0,21	0,22
-0,34	0,44	-0,29	0,45	-0,27	0,45	-0,24	0,43	-0,17	0,36
-0,26	0,5	-0,22	0,5	-0,22	0,5	-0,2	0,48	-0,14	0,42
-0,17	0,53	-0,15	0,53	-0,16	0,52	-0,16	0,5	-0,11	0,47
0	0,57	0	0,57	0	0,57	0	0,56	0	0,54

Графики для запирающих напряжений:

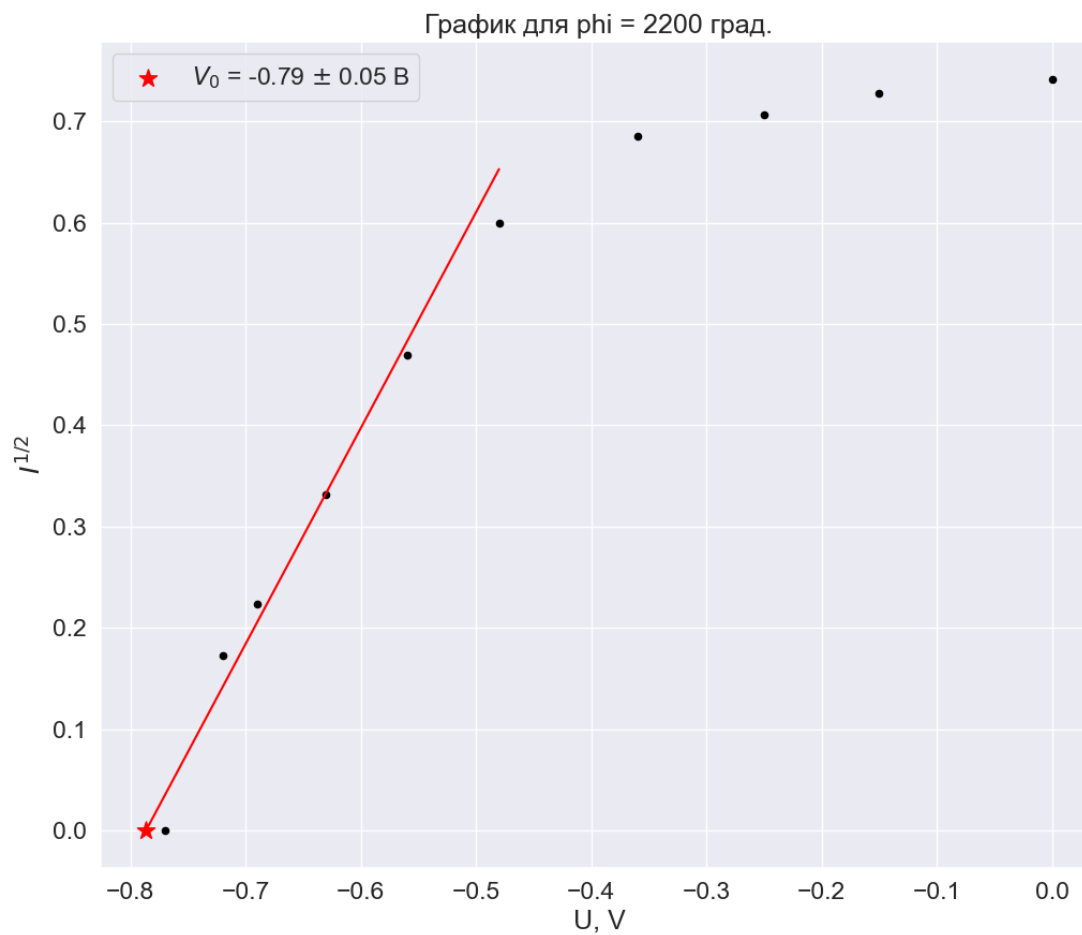


Рис. 4: График для запирающего напряжения

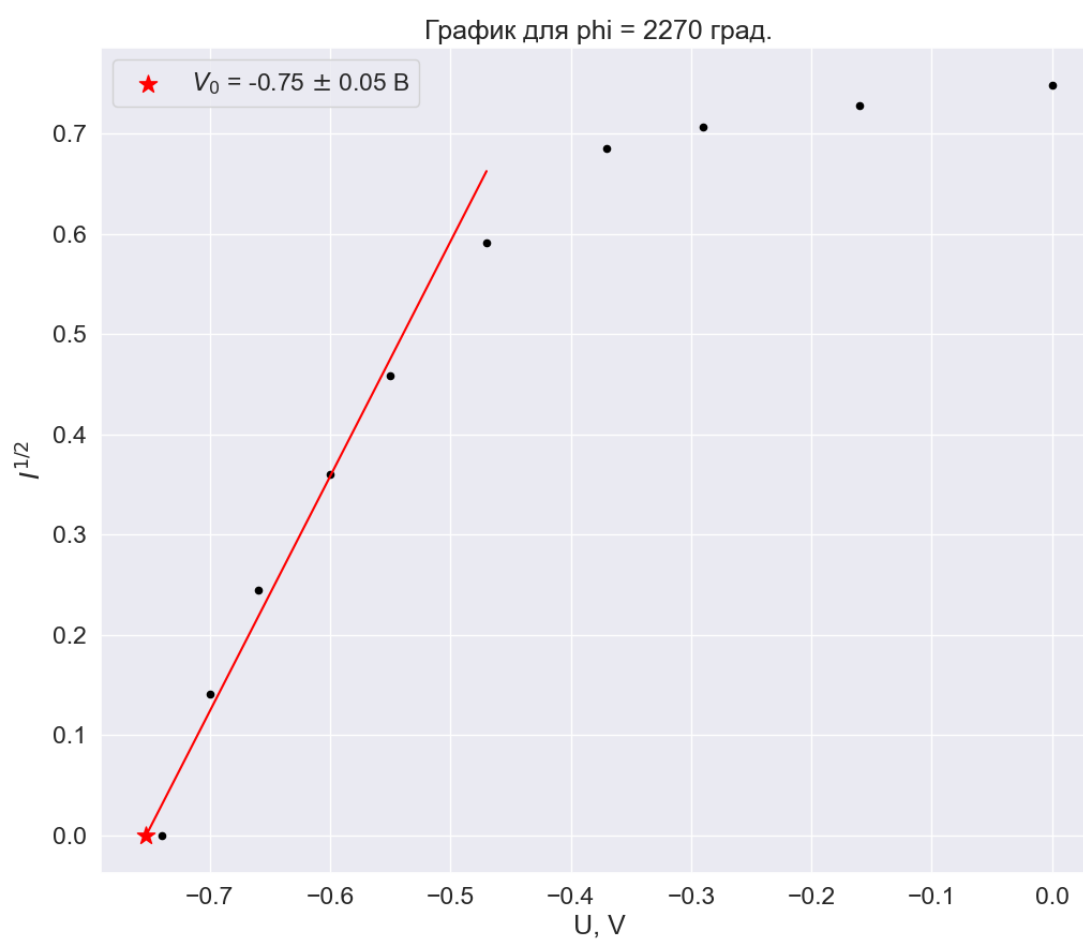


Рис. 5: График для запирающего напряжения

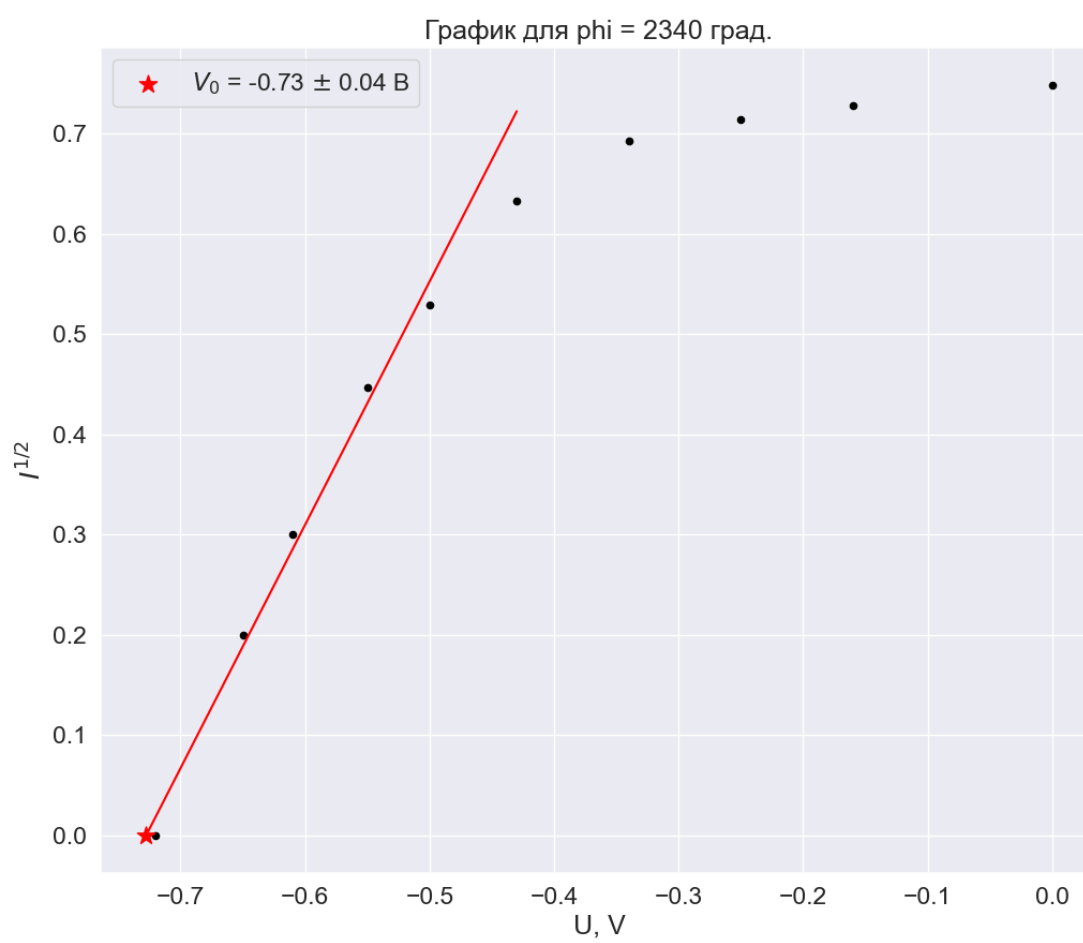


Рис. 6: График для запирающего напряжения

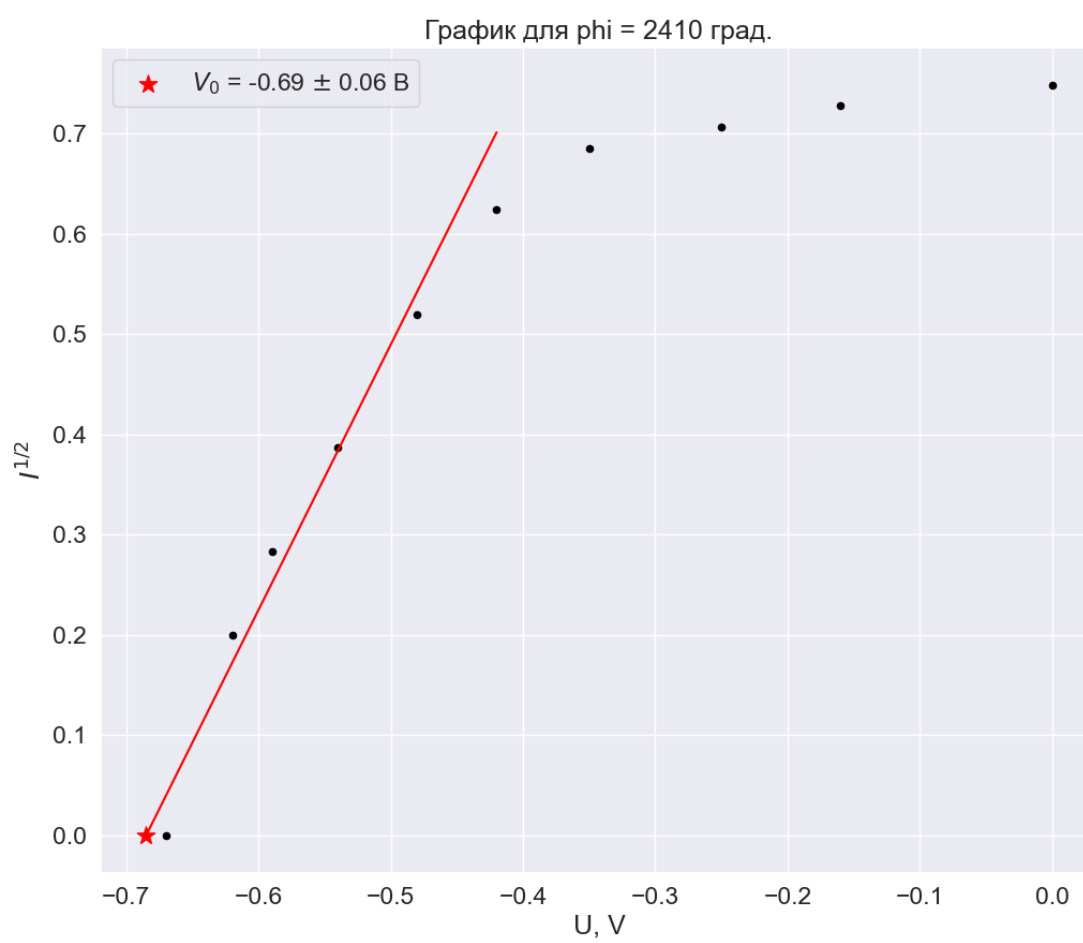


Рис. 7: График для запирающего напряжения

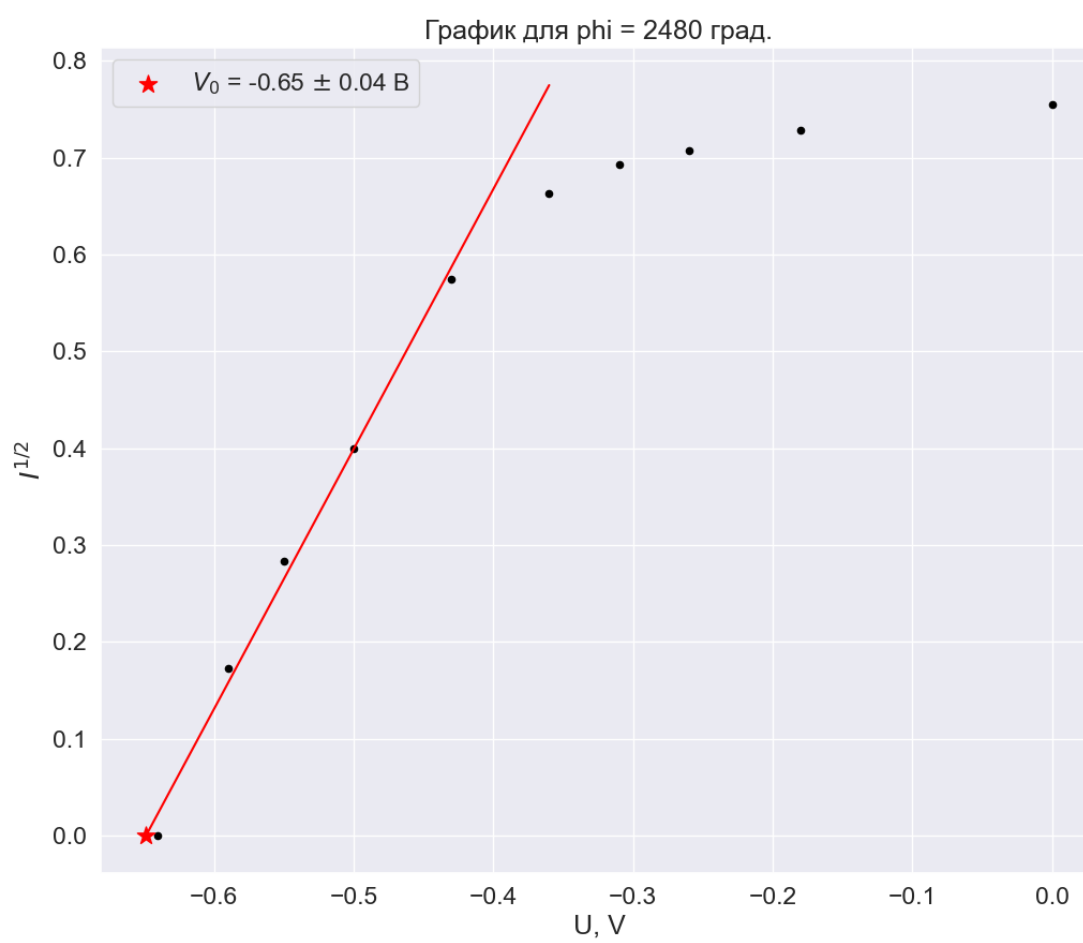


Рис. 8: График для запирающего напряжения

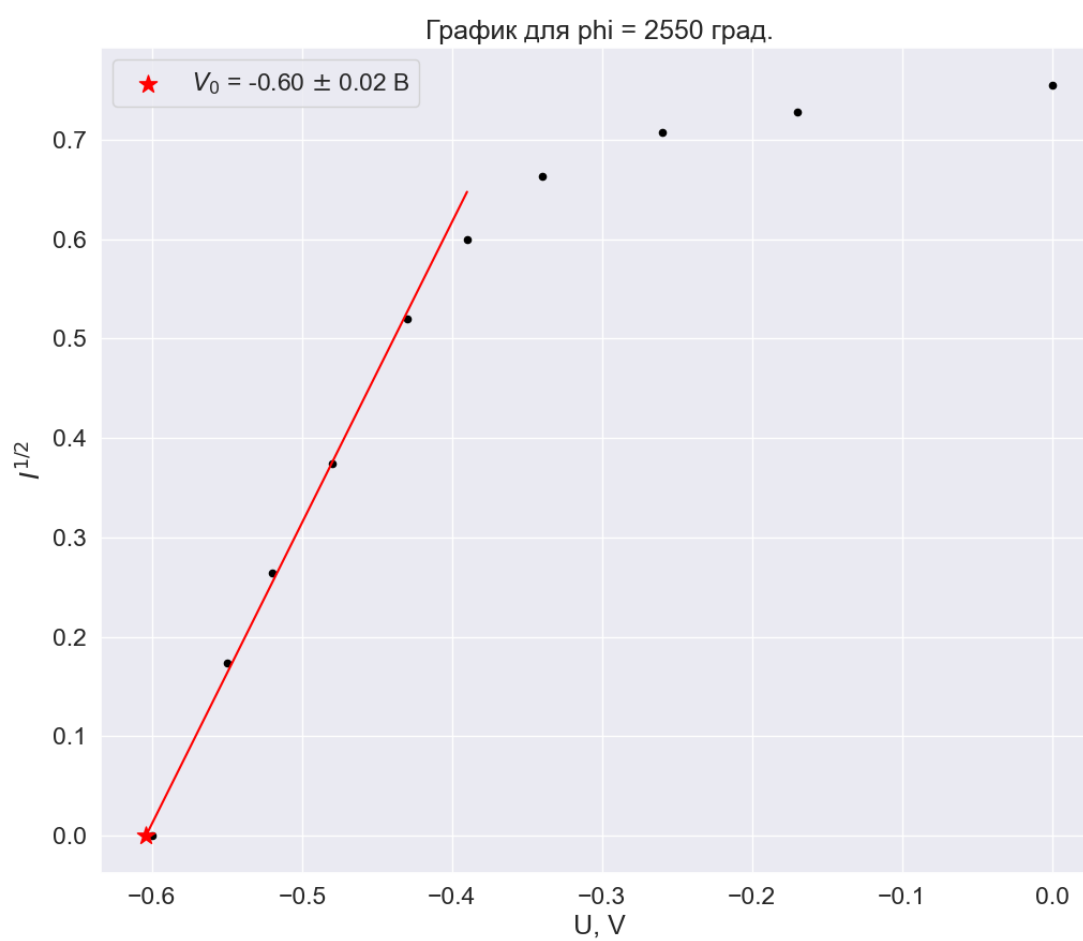


Рис. 9: График для запирающего напряжения

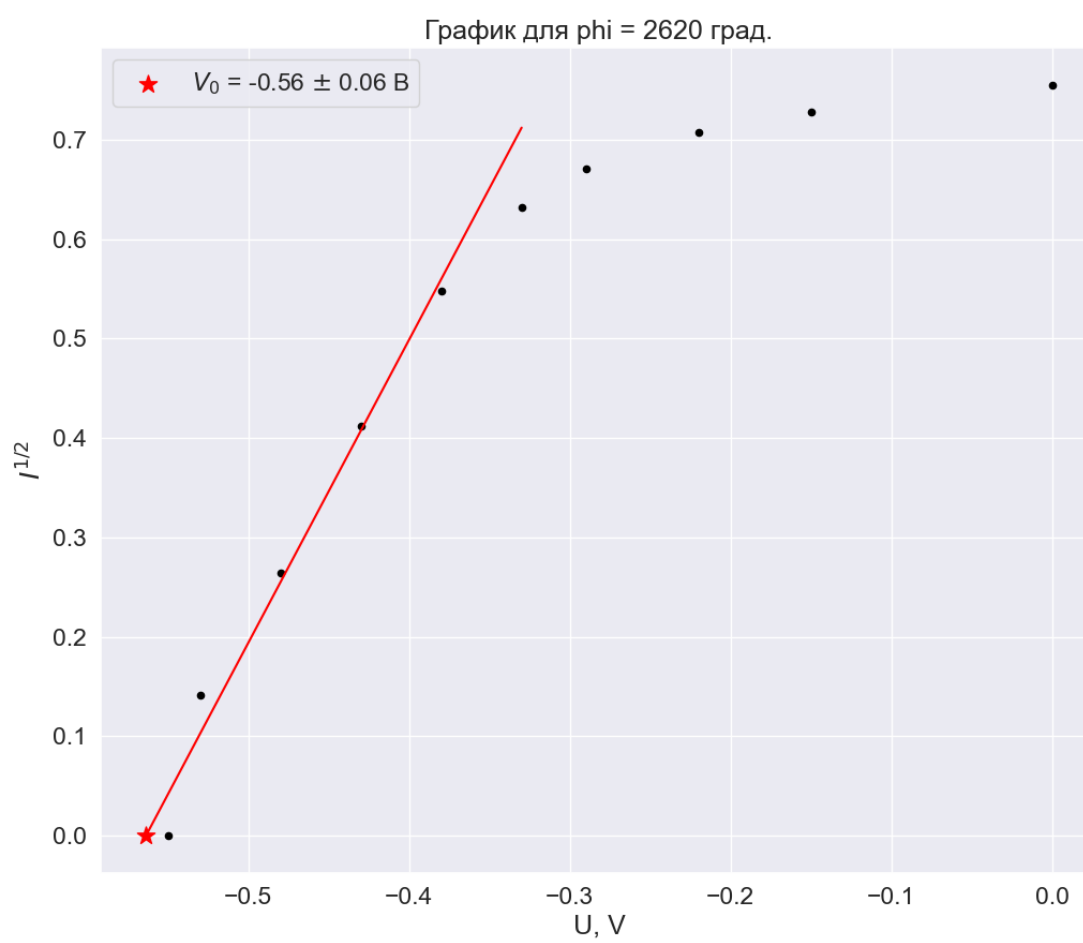


Рис. 10: График для запирающего напряжения

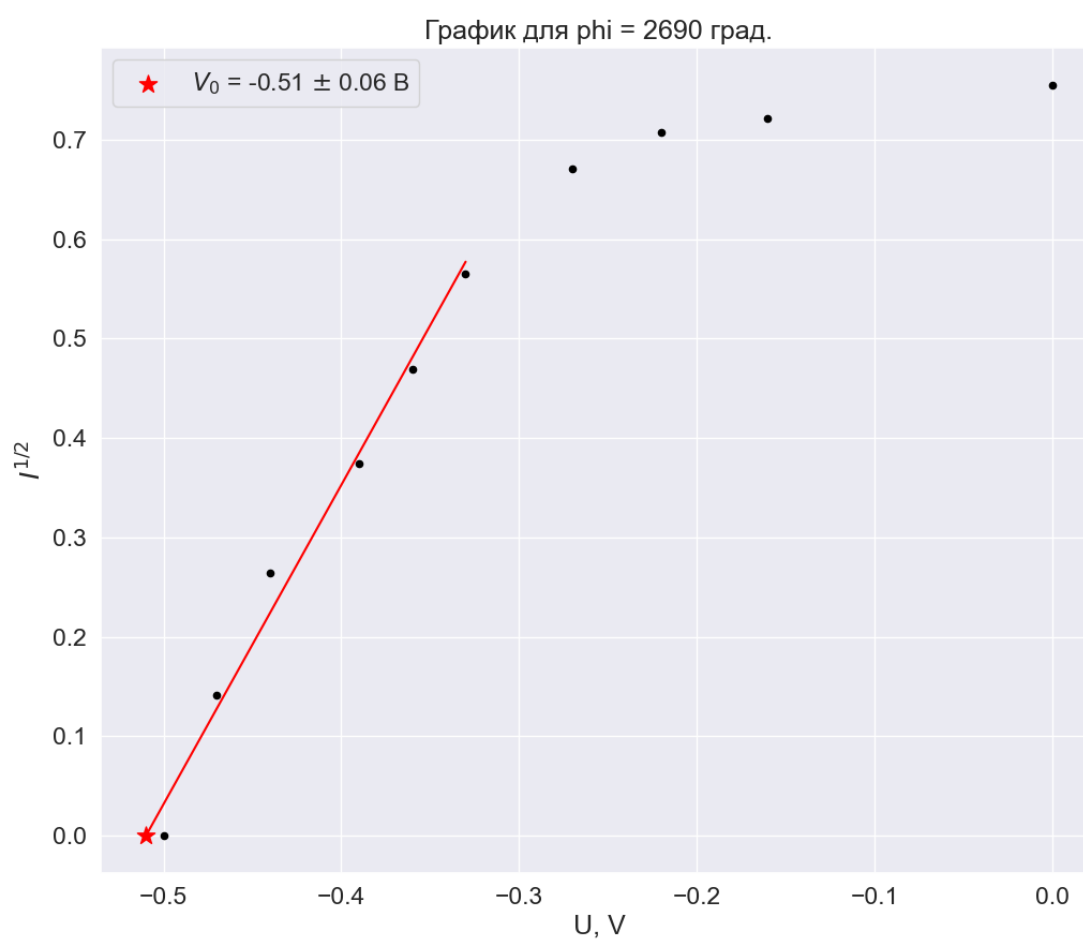


Рис. 11: График для запирающего напряжения

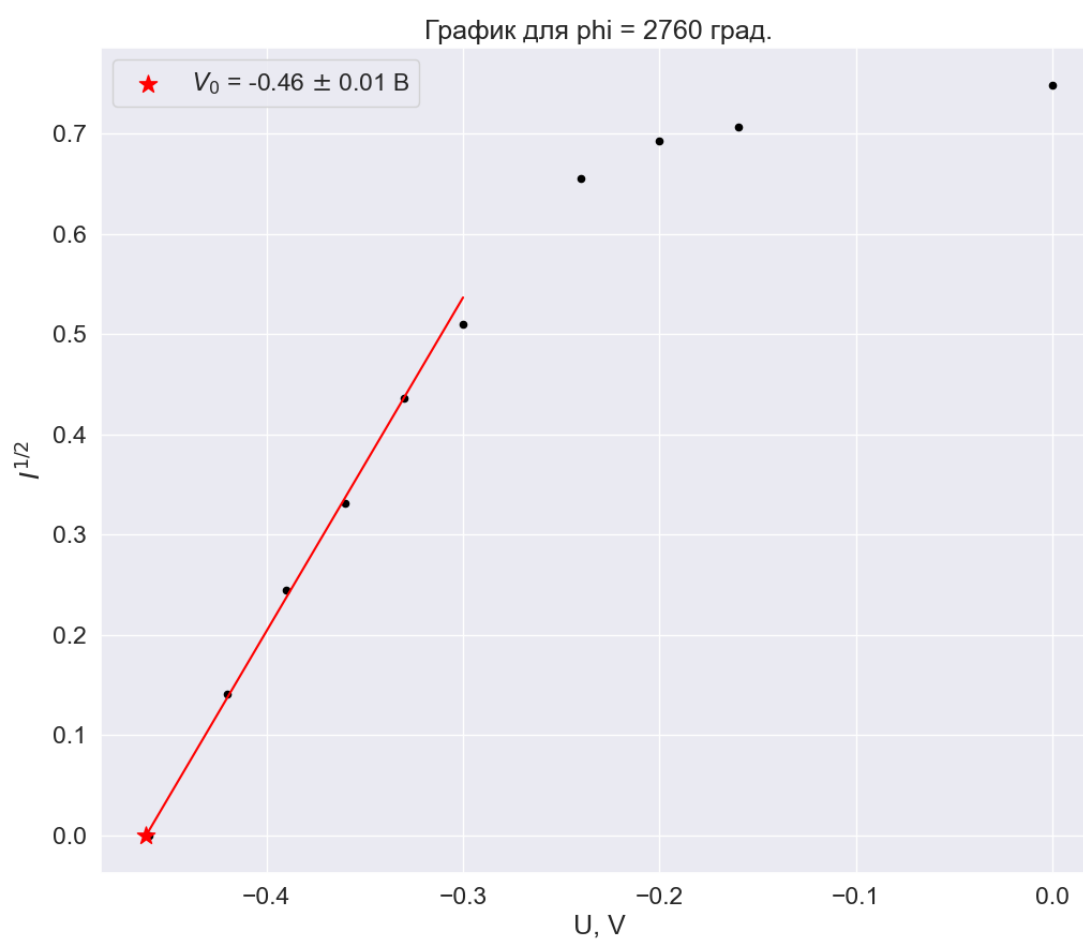


Рис. 12: График для запирающего напряжения

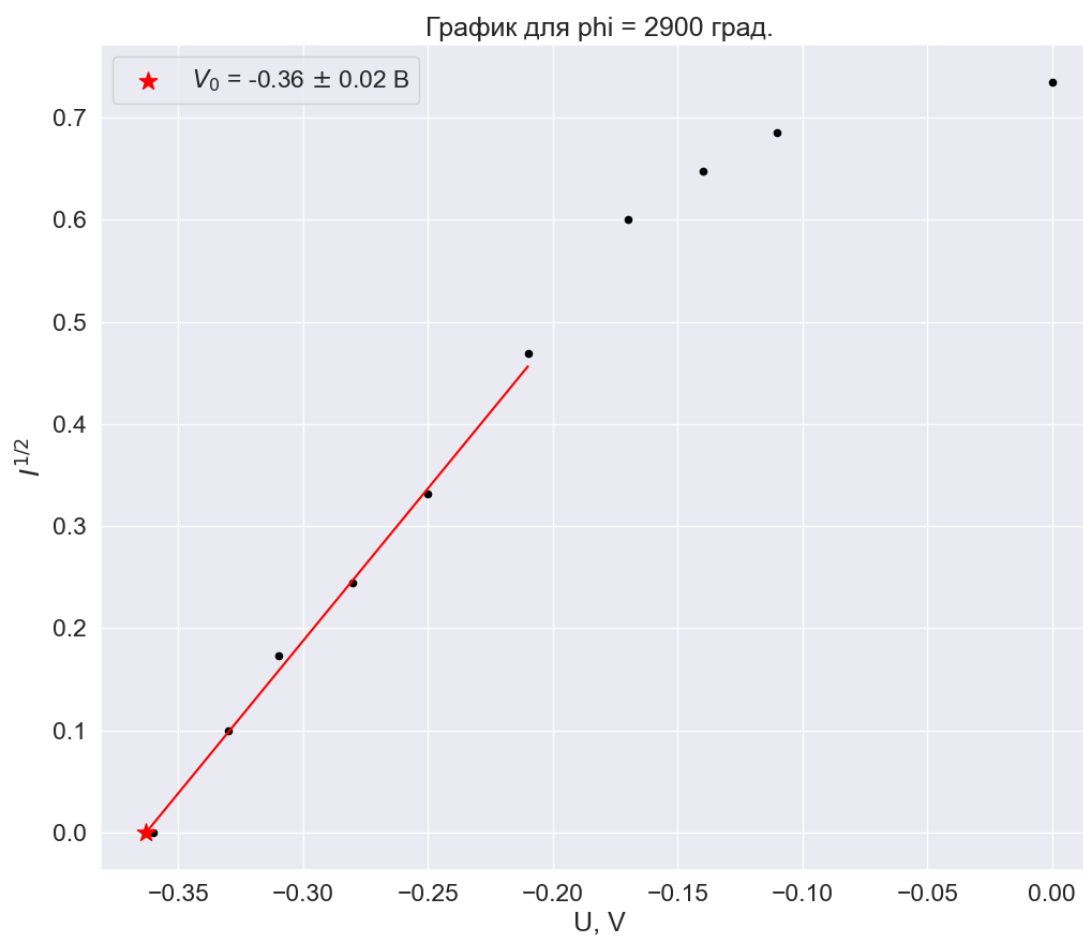


Рис. 13: График для запирающего напряжения

4 Выводы