

Московский физико-технический институт
(государственный университет)

Лабораторная работа по квантовой физике

Опыты Франка-Герца [2.1]

Талашкевич Даниил Александрович
Группа Б01-008

Долгопрудный
2022

Содержание

1	Аннотация	1
1.1	Теория	1
1.2	Описание установки	2
2	Ход работы	3
3	Вывод	9
4	Литература	9

1 Аннотация

Цель работы: Измерить энергию первого уровня атома гелия в динамическом и статическом режимах методом электронного возбуждения.

В работе используются: трёхэлектродная лампа ЛМ-2, батарея 4.5 В, микроамперметр, понижающий трансформатор, осциллограф, блок источников питания, вольтметр В7-22А.

1.1 Теория

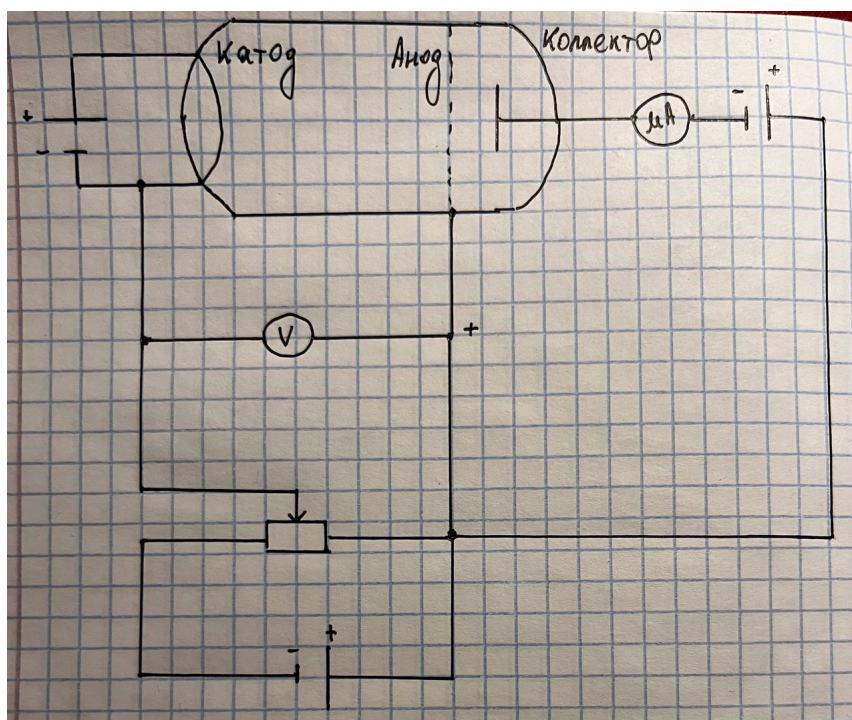


Рис. 1: Схема опыта Франка-Герца

Опыт Франка-Герца подтверждает существование дискретных уровней энергии атомов. Разреженный одноатомный газ заполняет трёхэлектродную лампу. Электроны, испускаемые разогретым катодом, ускоряются в постоянном электрическом поле, созданном между катодом и сетчатым анодом лампы. Передвигаясь от катода к аноду, электроны сталкиваются с атомами гелия.

Кинетическая энергия электрона 1 уровня равна:

$$E = e\Delta V [\text{эВ}], \quad (1)$$

где ΔV – разность между двумя пиками (см. рис. 2).

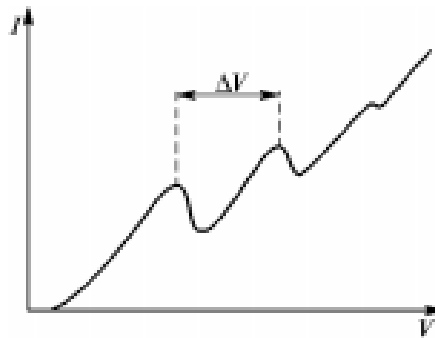


Рис. 2: Схематический вид зависимости тока коллектора от напряжения на аноде

1.2 Описание установки

На рис 3 обозначены: A - амперметр; Б7 – 4 - стабилизированный источник питания (подаёт напряжение накала); K_1 - тумблер для включения в цепь источника Б7 – 4; Б5 – 10 - выпрямитель (подаёт на анод ускоряющее напряжение); Pi_3 - потенциометр, регулирующий величину ускоряющего напряжения; V_1 - вольтметр, измеряющий величину ускоряющего напряжения; 4.5 В - батарея КБСЛ; Pi_2 - потенциометр, регулирующий величину задерживающего потенциала; V_2 - вольтметр, измеряющий величину задерживающего потенциала; μA - микроамперметр; K_3 - ключ, переключающий схему из статического режима в динамический; Т - понижающий трансформатор - подаёт ускоряющий потенциал при динамическом режиме:

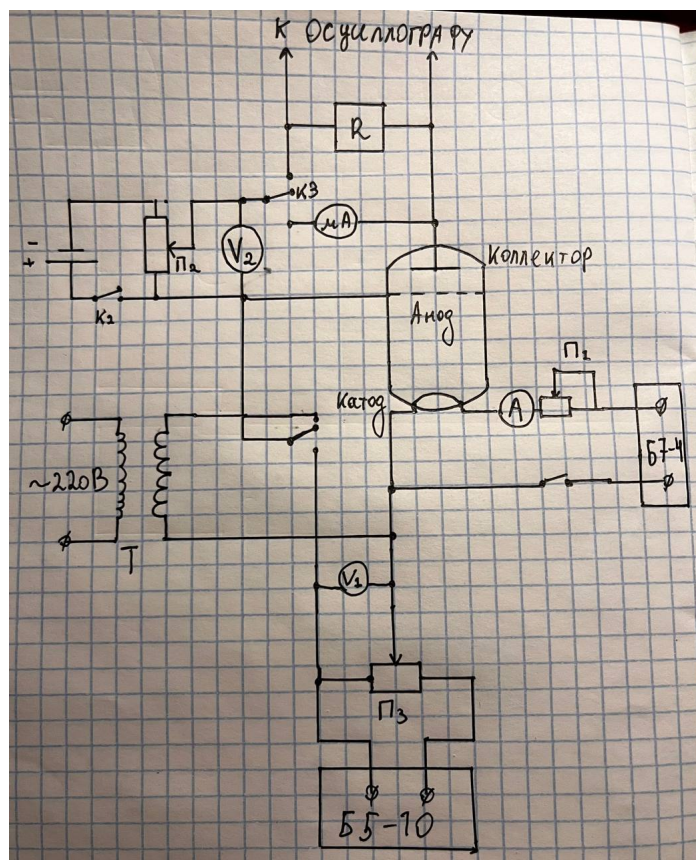


Рис. 3: Схема экспериментальной установки

2 Ход работы

Динамика По расстоянию между соседними максимумами на осциллограммах определим энергию возбуждения первого уровня атома гелия в электрон-вольтах:

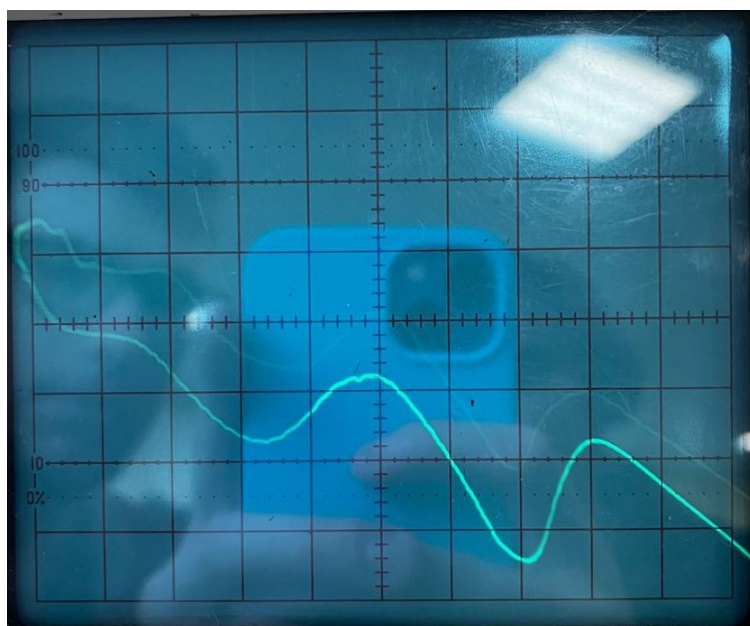


Рис. 4: График (динамика) $I_k(V_a)$ при $V_{\text{задер.}} = 4V$

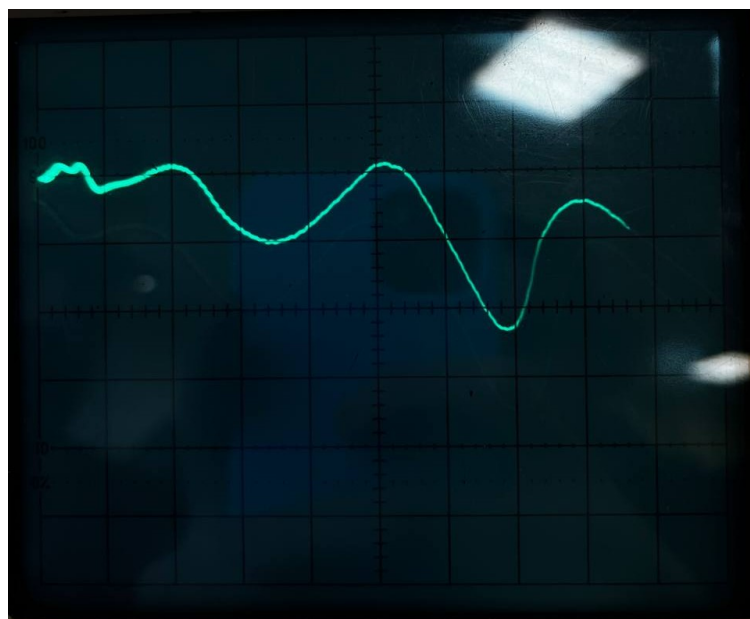
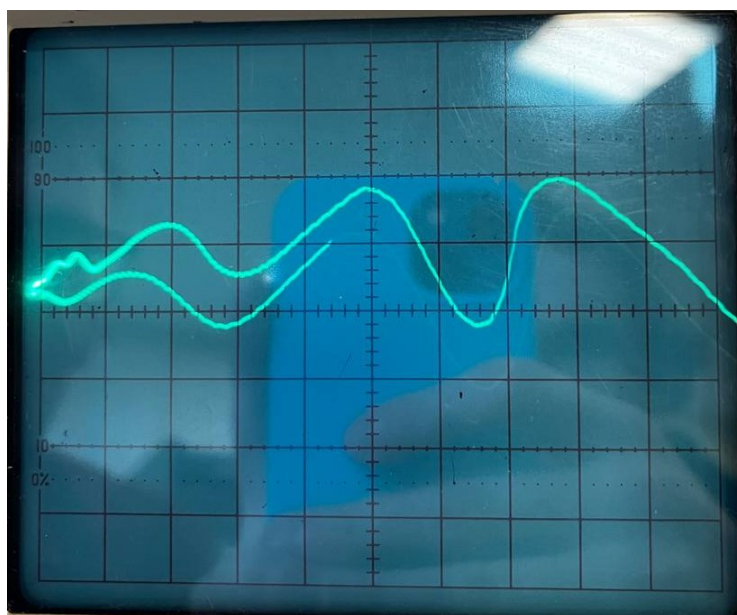


Рис. 5: График (динамика) $I_k(V_a)$ при $V_{\text{задер.}} = 6V$

Рис. 6: График (динамика) $I_k(V_a)$ при $V_{\text{задер.}} = 8B$

Из графиков получим:

$V_{\text{задер.}}$	$\Delta V_{\text{max } 0-1}$	$\Delta V_{\text{max } 1-2}$	$\Delta V_{\text{min } 0-1}$	$\Delta V_{\text{min } 1-2}$
4	14	15	17	12
6	15	16	18	13
8	14	15	19	12

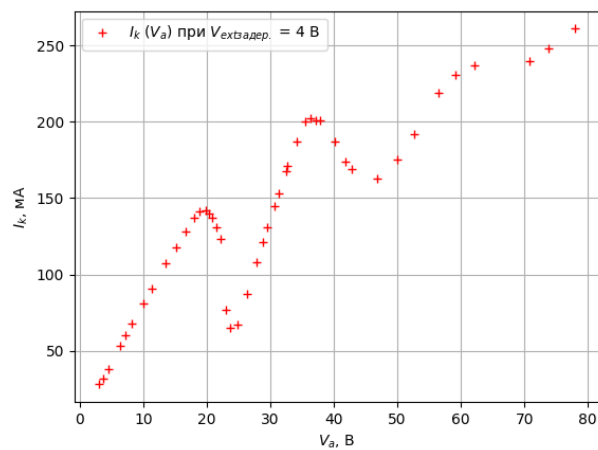
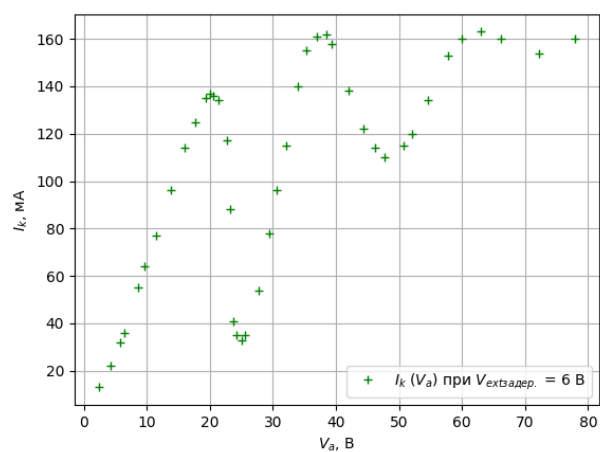
Таблица 1: Расстояние между максимумами и минимумами (динамика)
Рассчитаем среднее значение:

$$\Delta V = (15,0 \pm 3,5) \text{ В} \quad (\text{погрешность} \sim 23\%)$$

Тогда энергия возбуждения первого уровня для атома гелия:

$$E_1 = (15,0 \pm 3,5) \text{ эВ} \quad (\text{погрешность} \sim 23\%)$$

Статика Построим графики $I_K = f(V_a)$ при $V_{\text{задер.}} = \text{const.}$ По графикам определим энергию возбуждения первого уровня атома гелия (все значения в файле *Data.xlsx*):

Рис. 7: График (статика) $I_k(V_a)$ при $V_{\text{задер.}} = 4\text{ В}$ Рис. 8: График (статика) $I_k(V_a)$ при $V_{\text{задер.}} = 6\text{ В}$

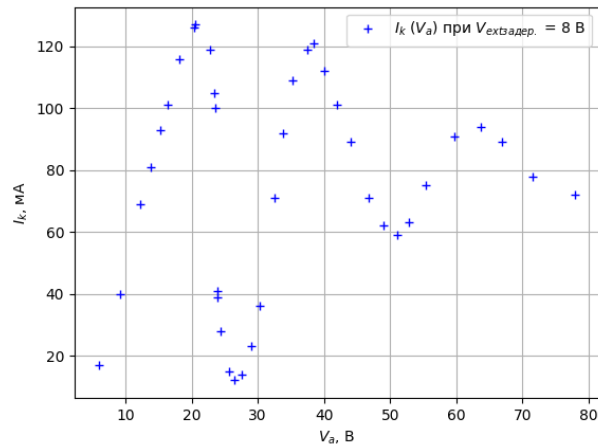
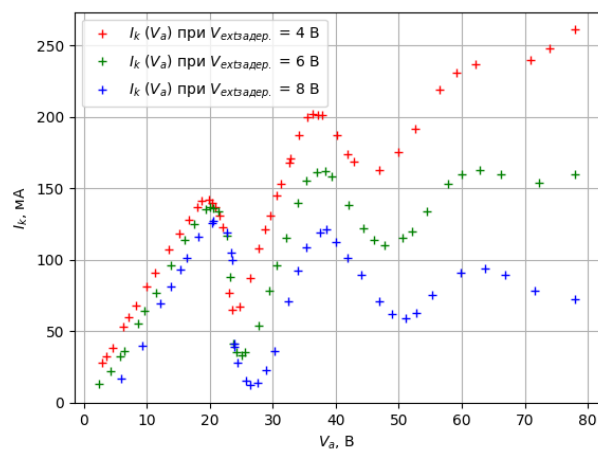
Рис. 9: График (статика) $I_k(V_a)$ при $V_{\text{задер.}} = 8\text{ В}$ Рис. 10: График (статика) $I_k(V_a)$ для всех значений $V_{\text{задер.}}$

Таблица 2: Максимумы и минимумы напряжения на осциллограммах

$V_{\text{задер.}}$	V_{max1}	V_{max2}	V_{min1}	V_{min2}	ΔV_{max}	ΔV_{min}
4 В	23.76 В	39.26 В	25.41 В	49.34 В	15.5 В	23.93 В
6 В	23.82 В	36.68 В	24.78 В	48.29 В	12.86 В	23.51 В
8 В	25.33 В	38.75 В	25.62 В	50.40 В	13.42 В	24.78 В

Для $V_{\text{задер.}} = 4B$:

$$\Delta V = (21,72 \pm 0,07) \text{ В} \quad (\text{погрешность} \sim 0,32\%)$$

Для $V_{\text{задер.}} = 6B$:

$$\Delta V = (21,89 \pm 0,09) \text{ В} \quad (\text{погрешность} \sim 0,41\%)$$

Для $V_{\text{задер.}} = 8B$:

$$\Delta V = (22,0 \pm 0,2) \text{ В} \quad (\text{погрешность} \sim 0,91\%)$$

Усредним энергию возбуждения первого уровня атома гелия для 3х значений $V_{\text{задер.}}$:

$$\Delta V^{\Sigma} = (21,9 \pm 0,3) \text{ В}$$

А значит, энергия возбуждения первого уровня атома гелия равна:

$$E_1^{\Sigma} = (21,9 \pm 0,3) \text{ эВ} \quad (\text{погрешность} \sim 1,40\%)$$

3. Сравним результаты измерений, полученные при динамическом и статическом методах измерений:

Значения, полученные при помощи динамического и статического метода сильно различаются, как и погрешности полученных значений.

4. Теперь оценим достоверность полученных результатов (т.е. сравним с табличными данными):

Статический оказался лучше (ближе к теоретическому значению и с меньшей погрешностью), нежели динамический.

3 Вывод

В ходе выполнения опыта Франка-Герца мы проверили утверждение о наличии дискретных уровней возбуждения атомов. Опыт проводился в 2х режимах:

dynamic $E = (15,0 \pm 3,5) \text{ эВ}$ (погрешность $\sim 23\%$)

static $E = (21,9 \pm 0,3) \text{ эВ}$ (погрешность $\sim 1,4\%$)

Сравнивая полученные результаты с табличным значением ($E = 21,6 \text{ эВ}$) получили, что статический метод дал близкое (в пределах σ) значения к теоретическому, в то время как динамический попал в пределы 2σ , да и сама σ большая.

Причины таких ошибок:

dynamic Методика снятия данных имеет большую погрешность, т.к. цена деления осциллографа была $5V$.

static Такая маленькая (по сравнению с динамическим) погрешность обусловлена тем, что у вольтметра и амперметра погрешности на пару порядков меньше, чем у осциллографа.

4 Литература

1. Лабораторный практикум по общей физике. Квантовая физика.
2. МНК – <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=onlayn-mnk-i-regressionniy-analiz>