

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

2.1 Опыт Франка-Герца

выполнил студент Б04-852 группы ФЭФМ

Яромир Водзяновский

1 Цель работы

Методом электронного возбуждения измерить энергию первого уровня атома гелия в динамическом и статическом режимах.

2 Оборудование

1. Трехэлектродная лампа ЛМ-2
2. Батарея 4.5 В
3. Микроамперметр
4. Понижающий трансформатор
5. Осциллограф
6. Блок источников питания
7. Вольтметр В7-22А

3 Теория

Опыт Франка-Герца подтверждает существование дискретных уровней энергий атомов.

Разреженный одноатомный газ заполняет трехэлектродную лампу рис.1. Передвигаясь от катода к аноду электроны сталкиваются с атомами гелия и могут ионизировать или возбудить атом или упруго соудариться.

Энергия электрона увеличивается с ростом разности потенциалов между катодом и анодом и достигает величины для возбуждения атома. При таком неупругом соударении энергия электрона передается атому и электрон переходит на более высокий уровень или совсем отрывается (ионизация).

Потенциал коллектора немного меньше чем у анода, значит есть сдерживающее поле. Ток коллектора \sim количеству падающих на него электронов.

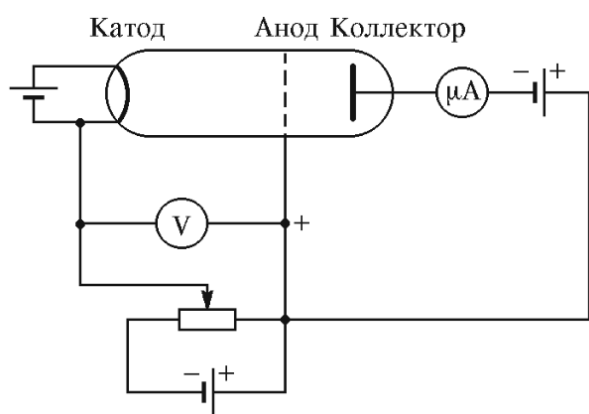


Рис. 1: Принципиальная схема опыта Франка-Герца

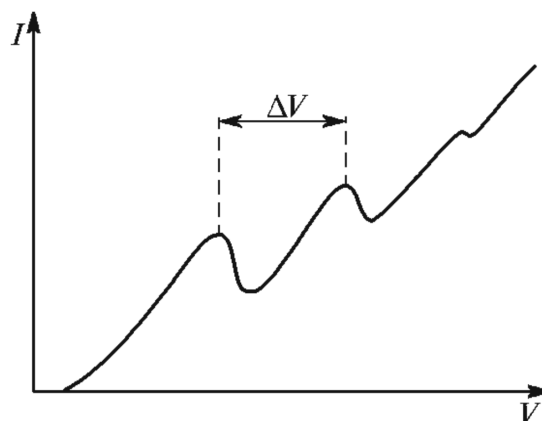


Рис. 2: Зависимость тока коллектора от напряжения на аноде

При увеличении потенциала анода ток в лампе вначале растет как в вакуумной диоде. Когда энергия электронов достаточна для возбуждения, то ток коллектора резко падает, тк электроны теряют почти всю энергию и не могут преодолеть задерживающий потенциал ~ 1 В. При дальнейшем росте потенциала анода ток коллектора вновь растет.

Следующее замедление происходит, когда электроны дважды сталкиваются с атомами, по середине и у анода. Ряд максимумов и минимумов на расстояниях $\Delta V \sim$ энергии первого возбужденного состояния.

При более точной установке можно было бы увидеть и тонкую структуру кривой распада тока, содержащую ряд минимумов, соответствующих возбуждению других уровней, но это уже совсем другая история :)

4 Экспериментальная установка

Схема Экспериментальной установки изображена на рис.3. Используется серийная лампа ионизационного манометра ЛМ-2, заполненная гелием ~ 1 Торр.

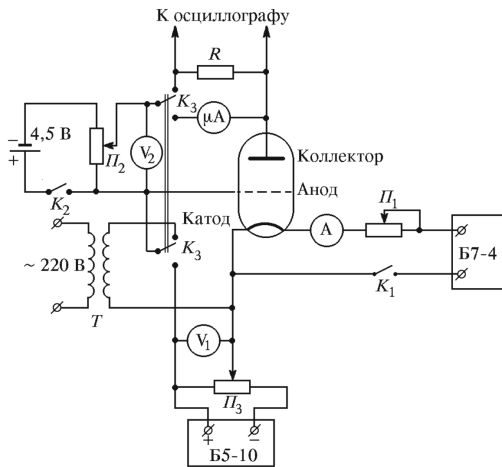


Рис. 4: Блок-схема

Рис. 3: Схема экспериментальной 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)
- Π_3 - потенциометр, регулирующий величину ускоряющего напряжения
- V_1 - вольтметр, измеряющий величину ускоряющего напряжения
- 4,5 В - источник задерживающего потенциала
- Π_2 - потенциометр, регулирующий величину задерживающего потенциала
- V_2 - вольтметр, измеряющий величину задерживающего потенциала
- μA - микроамперметр - регистрирует ток в цепи коллектора
- K_3 - ключ, переключающий схему из статического режима в динамический
- T - понижающий трансформатор - подаёт ускоряющий потенциал при динамическом режиме
- R - нагрузочный резистор

Есть 2 режима измерений:

- При динамическом режиме ускоряющий потенциал подается с понижающего трансформатора а ток коллектора регистрируется осциллографом, подключенным к нагрузочному резистору R .
- При статическом режиме напряжение V_a между анодом и катодом измеряется вольтметром И7-22А, подключенным к клеммам "Вольтметр". Ток коллектора измеряется микроамперметром.

Заметим, что при определении энергии электронов по разности потенциалов между анодом и катодом стоит учесть контактную разность потенциалов и первый максимум не соответствует потенциалу первого возбужденного уровня. однако контактная разность потенциалов сдвигает все максимумы одинаково.

5 Ход работы

5.1 Получение ВАХ $I_k = f(V_a)$ на экране осциллографа С1-83

1. Поставим ручку "Режим" в положение "Динамич".
2. Установим ручку "Накал" на максимум.
3. При максимальном ускоряющем напряжении измерим на экране расстояние между максимумами и между минимумами осциллограммы. Повторим это для 3-х задерживающих напряжений: 4, 6 и 8 В.
4. Сфотографируем осциллограммы для 3-х значений задерживающего напряжения.

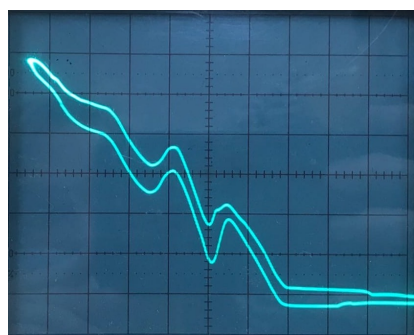


Рис. 5: Задерживающее напряжение 4 В

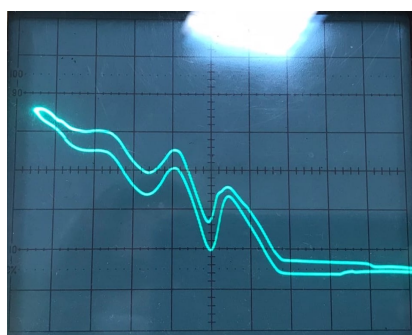


Рис. 6: Задерживающее напряжение 6 В

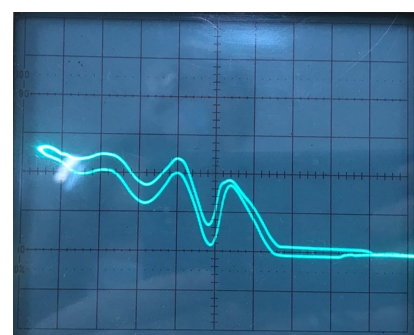


Рис. 7: Задерживающее напряжение 8 В

5. По фотографиям определим максимумы и минимумы напряжения, занесем в таблицу ниже

Задерж. напряжение, В	V_{min1} , дел	V_{min2} , дел	V_{max1} , дел	V_{max2} , дел	Погрешность, дел	ΔV_{min} , дел	ΔV_{max} , дел
4	-7	0	-4.5	2.5	1	7	7
6	-8	0	-4.5	2	1	8	6.5
8	-9	-1.5	-5	2	1	7.5	7

Определим средние значения:

$$\Delta V_{max} = 6.83 \pm 1.04(\text{дел}) \pm 15.2\% \quad \Delta V_{min} = 7.5 \pm 1.12(\text{дел}) \pm 14.9\%$$

Усредним эти значения:

$$V = 7.17 \pm 1.52(\text{дел}) \pm 21.3\%$$

5.2 Получение ВАХ $I_k = f(V_a)$ в статическом режиме

1. Переведем переключатель "Режим" в положение "Статич"
2. Установим максимальный накал
3. Установим задерживающее напряжение на 4В
4. Включим в сеть подсветку микроамперметра и вольтметр.
5. Плавное увеличение ускоряющего напряжения V_a снимем ВАХ зависимость коллекторного тока от анодного напряжения. Результаты занесем в таблицы на рисунках 8, 9, 10.

U, В	I, мкА
0	0
4	20
8,1	39,5
12,12	65
16,09	85
20,01	93,5
22,05	90
23,17	60
24,08	57,5
24,98	65
26	75
27	85
28,02	93
29,4	102,5
30,15	115
31,92	132,5
34,21	152,5
36,04	167,5
37,99	170
40,02	162,5
41,2	155
43,05	150
45,03	150
47,08	155
49	165
51,16	175
53,2	187,5
55	200
56,91	212,5
59,18	225
61,04	230
65,22	235
69,16	240
72,28	250
74,56	255
76,2	260

Рис. 8: Задерживающее напряжение 4 В

U, В	I, мкА
0	0
4	12
8,1	37
12,03	64
16,09	89
20	102,5
21,06	97,5
22,03	90
23,04	55
24,08	40
25,04	35
26,07	40
27,08	50
28	65
29	75
30	85
32,03	107,5
35,09	140
36	145
38	150
40	140
41	135
42	127,5
43,05	120
44	120
46	112,5
48	115
50	120
53	135
57	155
61	170
65	175
69	175
73	175
79,5	190

Рис. 9: Задерживающее напряжение 6 В

U, В	I, мкА
0	0
4	0
8	25
12	50
16	80
20	95
22	90
23	55
24	30
25	15
26	15
28	25
30	45
34	95
38	120
39	120
40	115
42	100
43	95
44	90
46	80
48	75
50	75
52	80
54	90
58	110
60	115
64	120
68	115
72	110
76	115
78	115

Рис. 10: Задерживающее напряжение 8 В

6. Построим графики $I_k = f(V_a)$ при разных задерживающих напряжениях.

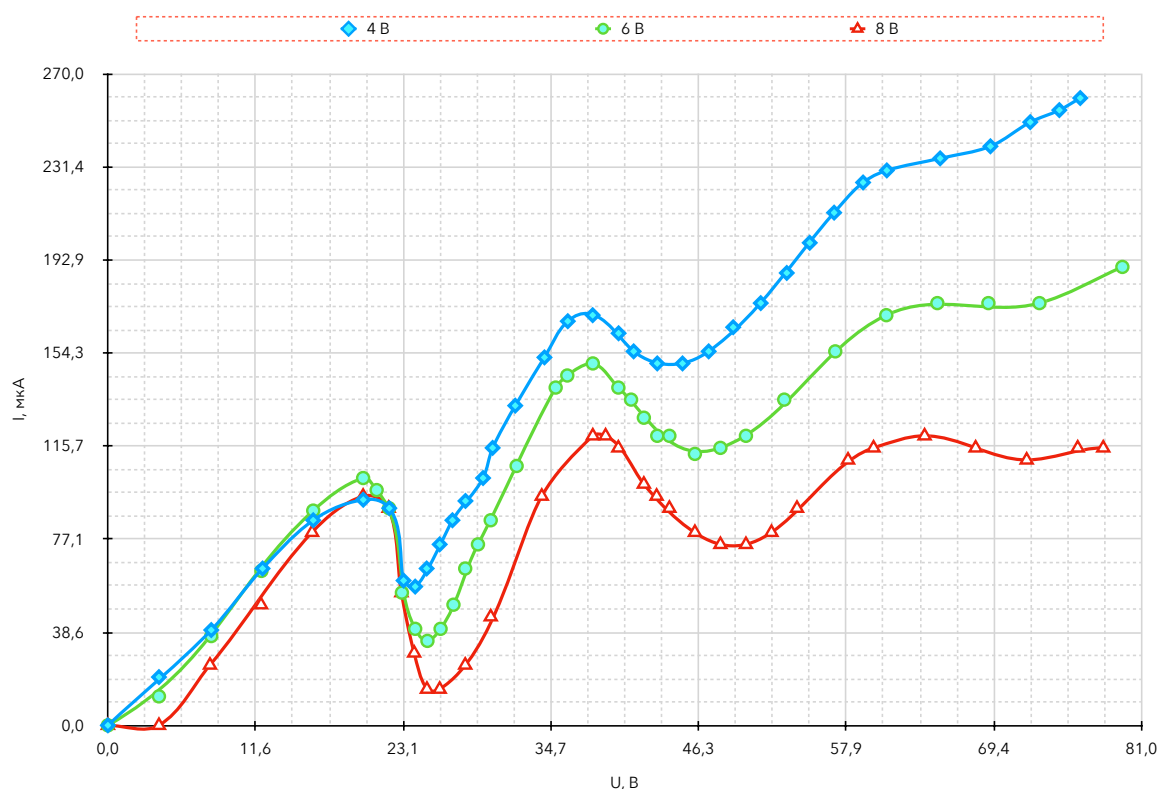


Рис. 11: ВАХ трехэлектронной вакуумной лампы при разных запирающих напряжениях.

7. По графикам определим энергию возбуждения первого уровня атома гелия и занесем в таблицу ниже

Задерж. напряжение, В	$V_{max1}, В$	$V_{max2}, В$	$V_{min1}, В$	$V_{min2}, В$	Погрешность, В	$\Delta V_{max}, В$	$\Delta V_{min}, В$
4	20.5	37.6	23.83	49.2	1	17.1	25.37
6	20.3	37.86	24.55	46.3	1	17.56	21.75
8	21.01	37.33	25.73	44.85	1	16.32	19.12

Определим средние значения:

$$\Delta V_{max} = 22.08 \pm 3.14(B) \pm 14.2\% \quad \Delta V_{min} = 16.99 \pm 0.63(B) \pm 3.7\%$$

Усредним эти значения:

$$V = 19.53 \pm 2.87(B) \pm 14.67\%$$

6 Вывод

В ход еработы был воспроизведен опыт Франка-Герца, подтверждающий наличие дискретных уровней возбуждения атомов. ВАХ трехэлектронной лампы была измерена двумя способами - динамическим и статическим. По этим ВАХ были жкспериментально определены потенциалы возбуждения атомов гелия.