

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5.2.1

Эффект Франка–Герца

Гришаев Григорий С01-119

1 Аннотация

В данной работе проводится измерение энергии первого уровня атома гелия методом электронного возбуждения в динамическом и статическом режимах.

2 Теоретические сведения

Разреженный одноатомный газ (в нашем случае – гелий) заполняет трёхэлектродную лампу. Электроны, испускаемые разогретым катодом, ускоряются в постоянном электрическом поле, созданным между катодом и сетчатым анодом лампы. Передвигаясь от катода к аноду, электроны сталкиваются с атомами гелия. Если энергия электрона, налетающего на атом, недостаточна для того, чтобы перевести его в возбуждённое состояние (или ионизовать), то возможны только упругие соударения, при которых электроны почти не теряют энергии, так как их масса в тысячи раз меньше массы атомов.

По мере увеличения разности потенциалов между анодом и катодом энергия электронов увеличивается и, в конце концов, оказывается достаточной для возбуждения атомов. При таких – неупругих – столкновениях кинетическая энергия налетающего электрона передаётся одному из атомных электронов, вызывая его переход на свободный энергетический уровень (возбуждение) или совсем отрывая его от атома (ионизация).

При увеличении потенциала анода ток в лампе вначале растёт, подобно тому как это происходит в вакуумном диоде (рис. 2). Однако, когда энергия электронов становится достаточной для возбуждения атомов, ток коллектора резко уменьшается. Это происходит потому, что при неупругих соударениях с атомами электроны почти полностью теряют свою энергию и не могут преодолеть задерживающего потенциала между анодом и коллектором. При дальнейшем увеличении потенциала анода ток коллектора вновь возрастает: электроны, испытавшие неупругие соударения, при дальнейшем движении к аноду успевают набрать энергию, достаточную для преодоления задерживающего потенциала.

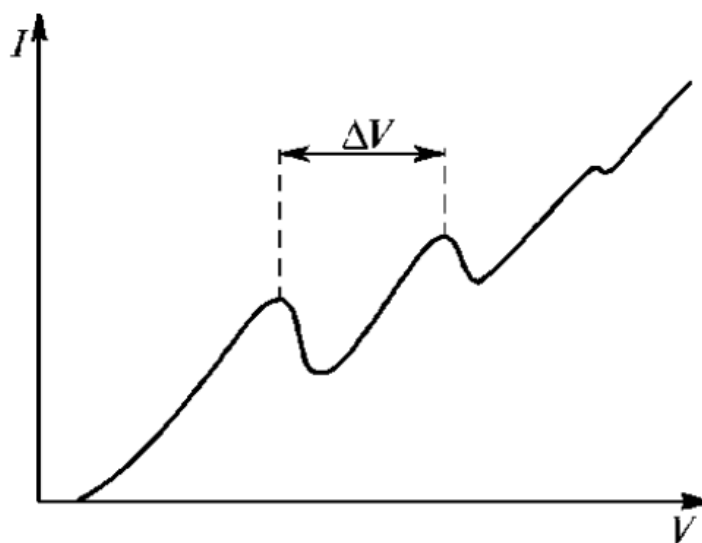


Рис. 1: Характер зависимости $I(U)$

3 Оборудование и инструментальные погрешности

Схема экспериментальной установки отображена на рис. 2 и 3.

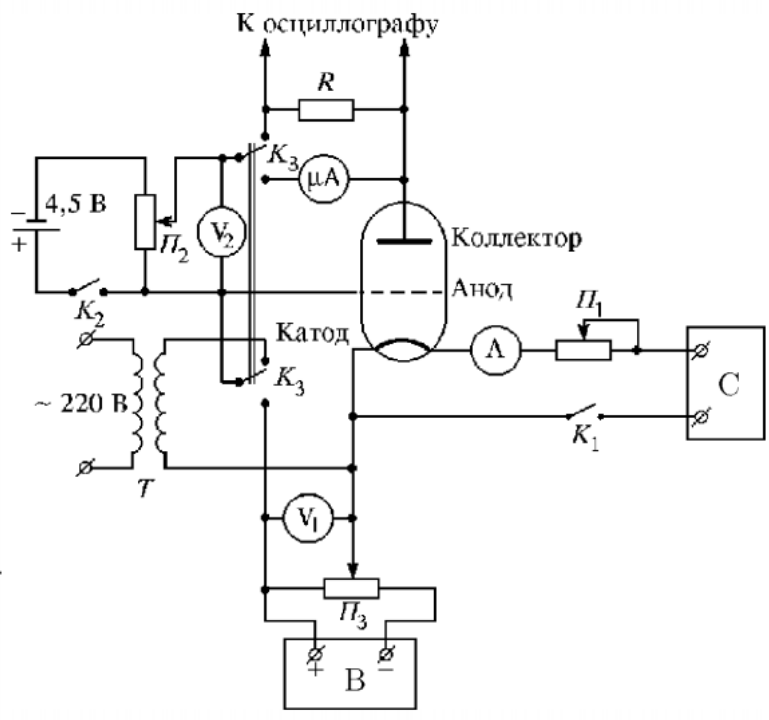


Рис. 2: Принципиальная схема установки

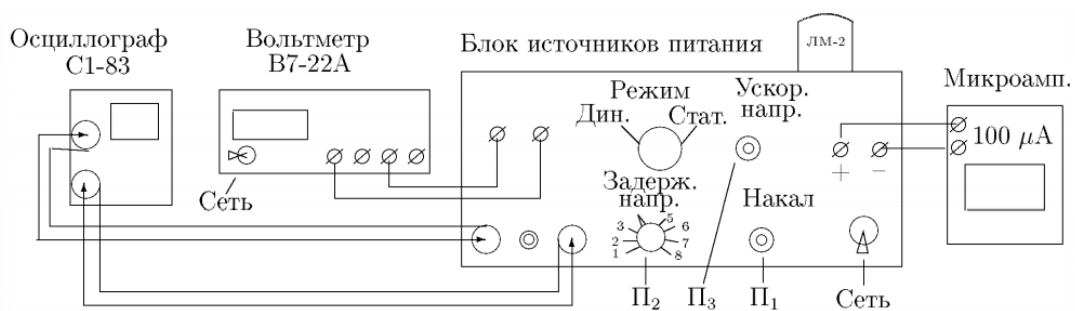


Рис. 3: Блок-схема экспериментальной установки

4 Результаты измерений и обработка данных

4.1 Динамический метод

По результатам, полученным на экране осциллографа (рис. 4, 5, 6. Везде на фото $VOLTS/DIV(x) = 5$; $VOLTS/DIV(Y) = 5mV$):

V_3 , В	ΔV , В	E , эВ
4	17 ± 2	17 ± 2
6	16 ± 2	16 ± 2
8	17 ± 2	17 ± 2

Таблица 1: Результаты динамического измерения

По итогу,

$$E \approx 16.7 \pm 2 \text{ эВ.}$$

Итоговая погрешность равна инструментальной погрешности измерений, т.к. случайная погрешность много меньше.

4.2 Статический метод

Полученные статическим методом результаты отобразим на графиках (Рис.7).

V_3 , В	ΔV , В	E , эВ
4	16.49	16.49
6	17.34	17.34
8	17.04	17.04

Таблица 2: Результат измерения статическим методом

$$E \approx 16.96 \pm 0.25 \text{ эВ.}$$

Оценим погрешность:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum (x - \langle x \rangle)^2},$$

Итоговая погрешность равна случайной, т.к. инструментальная чрезвычайно мала (0.03%).

5 Вывод

Полученное динамическим методом значение энергии 1 уровня:

$$E \approx 16.7 \pm 2 \text{ эВ.}$$

Полученное статическим методом значение энергии 1 уровня:

$$E \approx 16.96 \pm 0.25 \text{ эВ.}$$

Референсное значение энергии 1 уровня:

$$E = 19,5 \text{ эВ.}$$

И динамический, и статический методы являются достаточно грубыми, но второй метод в целом менее точен, так как следует заранее знать, в окрестности какой точки измерения надо проводить более тщательно. Приближенное значение, которое мы получили, является достаточно адекватным.

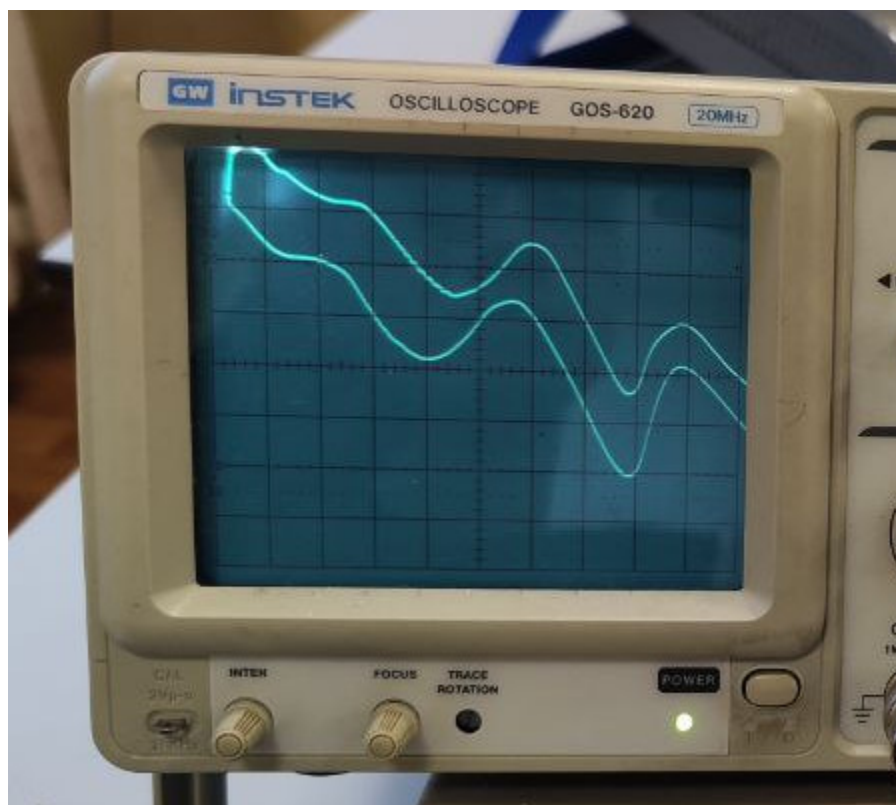


Рис. 4: Результат для $V_3 = 4 \text{ В}$

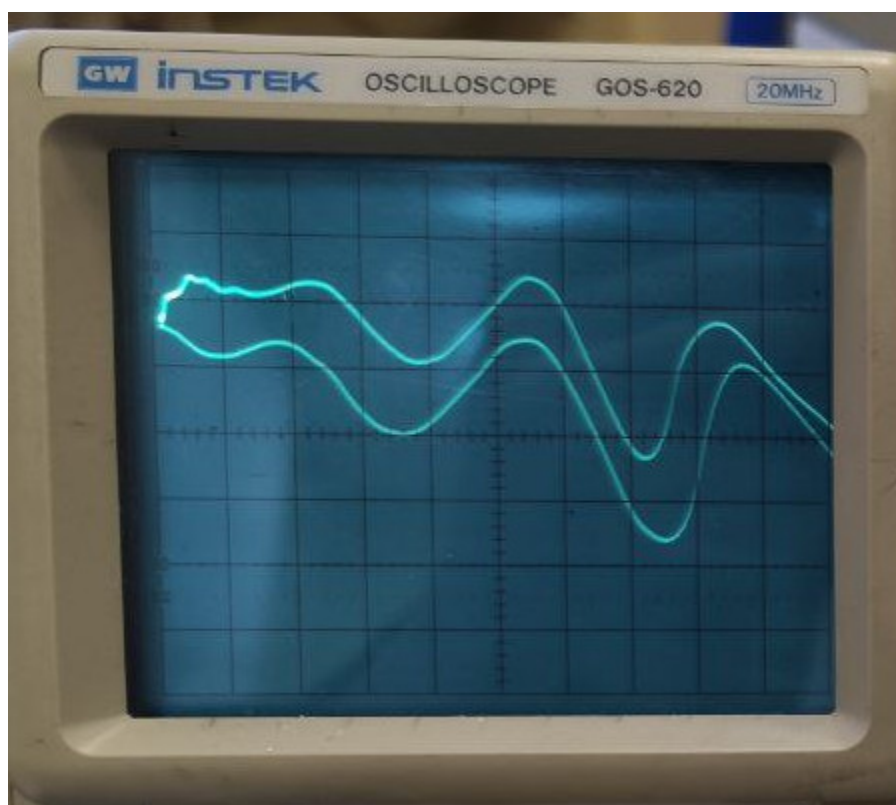


Рис. 5: Результат для $V_3 = 6 \text{ В}$

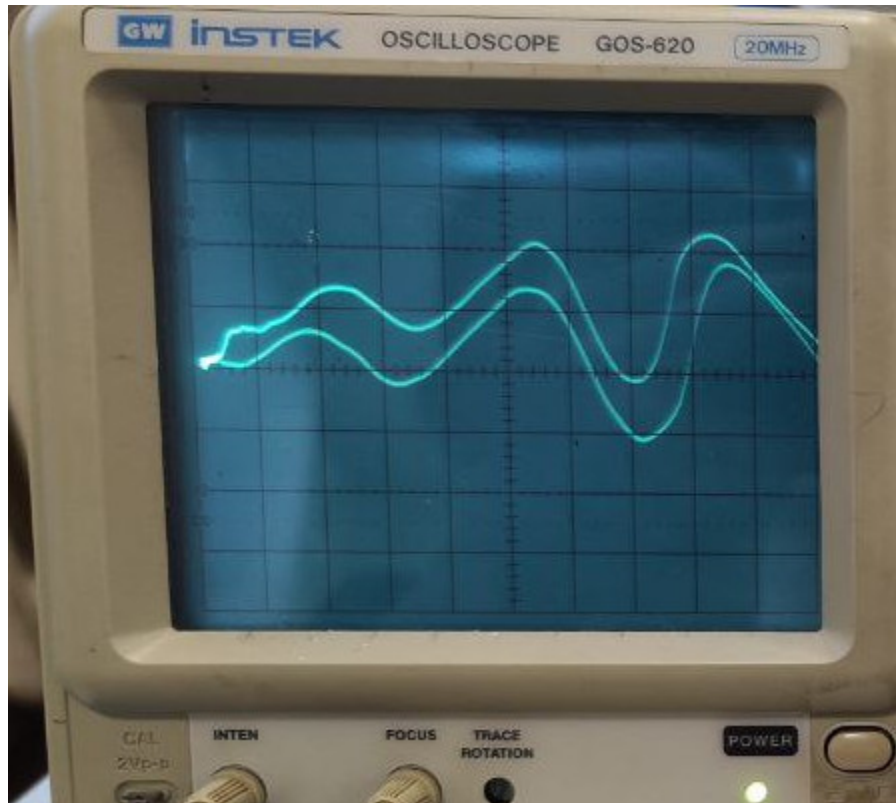


Рис. 6: Результат для $V_3 = 8 \text{ В}$

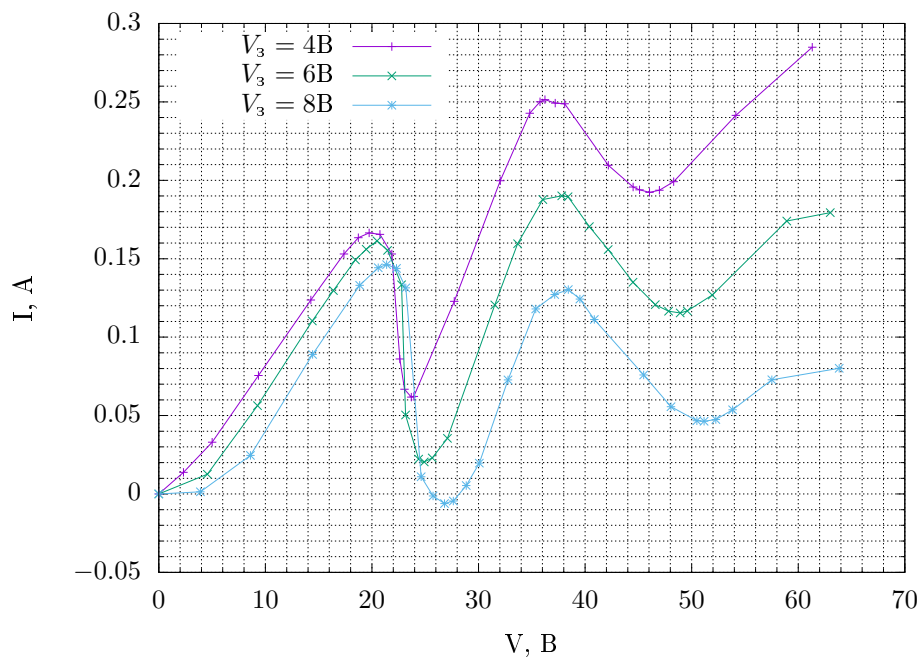


Рис. 7: Результаты статического измерения для $V = 4,6,8 \text{ В}$