

Московский физико-технический институт

Лабораторная работа 5.2.1

Эффект Франка–Герца

Бертол Наталия
Б01-005

Долгопрудный, 2022 г

Цель работы

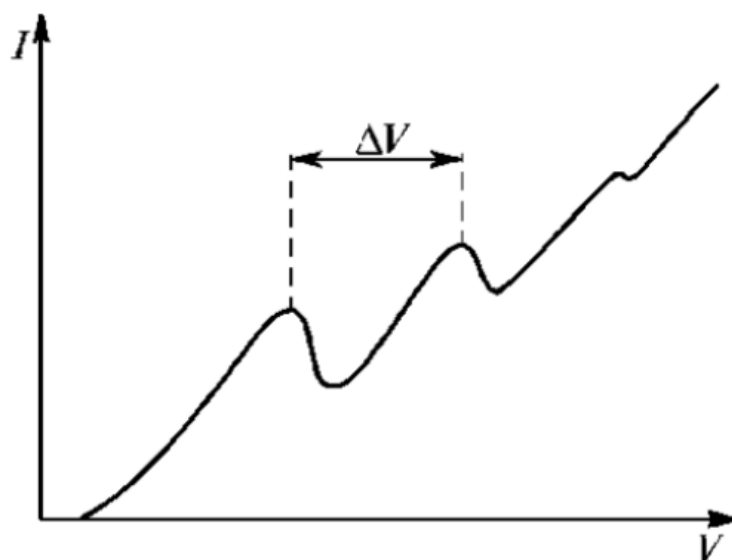
В данной работе проводится измерение энергии первого уровня атома гелия методом электронного возбуждения в динамическом и статическом режимах.

Теоретическая часть

Разреженный одноатомный газ (в нашем случае – гелий) 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. 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.



Кинетическая энергия электрона 1 уровня равна:

$$E = \bar{e}\Delta V \text{ эВ}$$

где ΔV – разность между двумя пиками.

Рис. 1: Характер зависимости $I(U)$

Оборудование

Схема экспериментальной установки отображена на рис. 2 и 3.

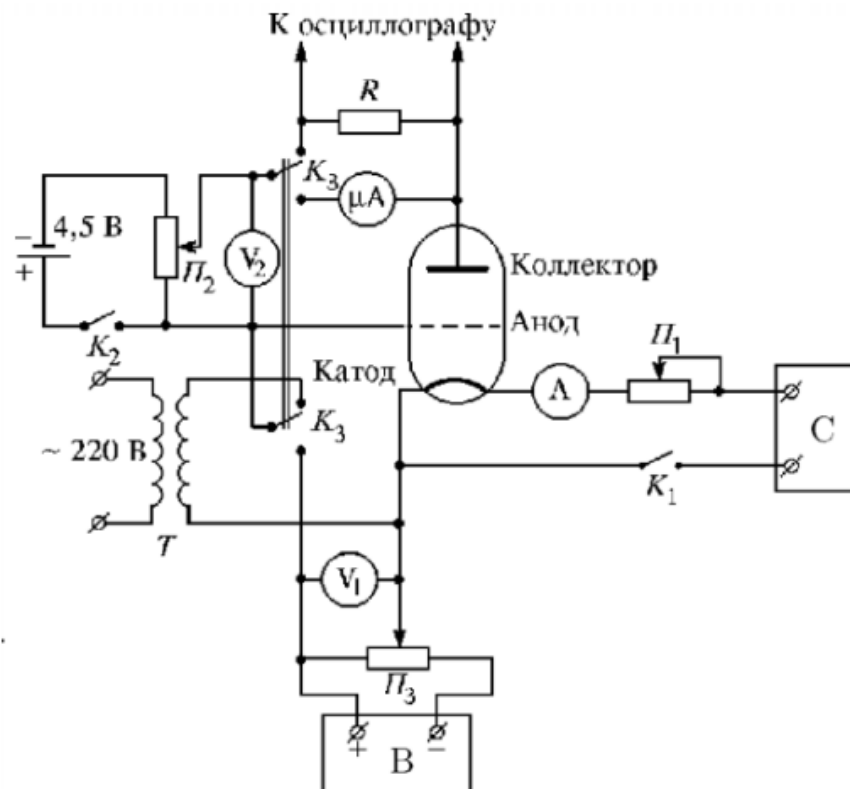


Рис. 2: Принципиальная схема установки

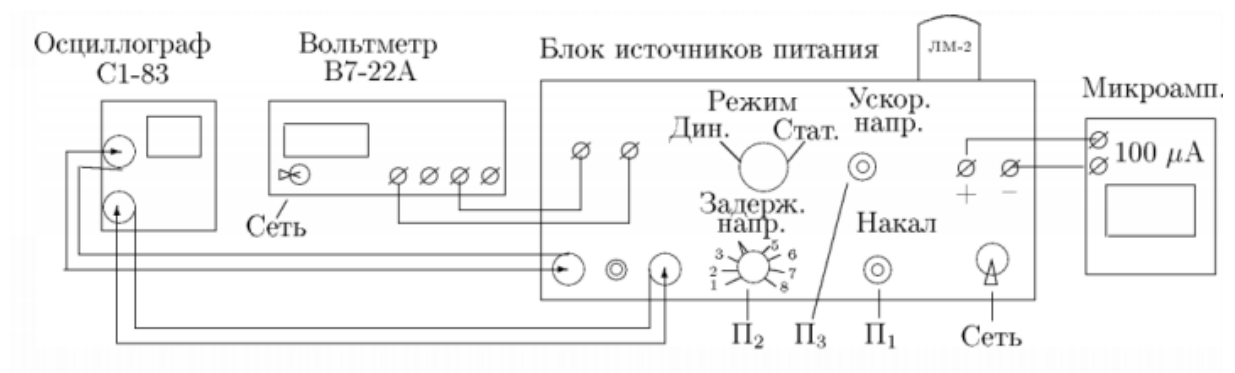


Рис. 3: Блок-схема экспериментальной установки

Результаты измерений и обработка данных

По результатам, полученным на экране осциллографа (рис. 4, 5, 6) получим

$V_3, \text{В}$	$\Delta V, \text{В}$	$E, \text{эВ}$
4	14 ± 2	14 ± 2
6	17 ± 2	17 ± 2
8	17 ± 2	17 ± 2

где $E = 16 \pm 3 \text{ эВ}$

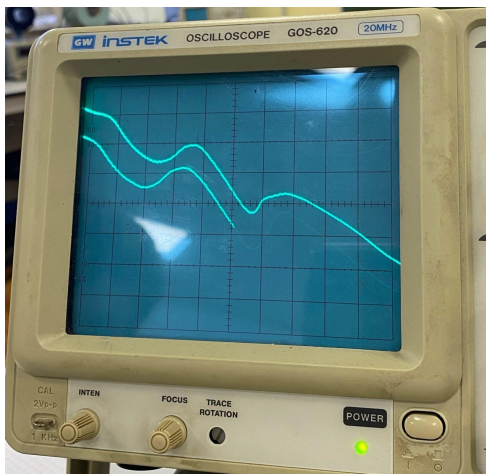


Рис. 4: Результат для $V_3 = 4 \text{ В}$

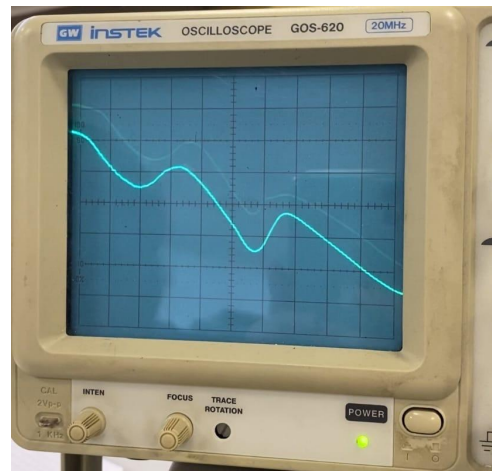


Рис. 5: Результат для $V_3 = 6 \text{ В}$

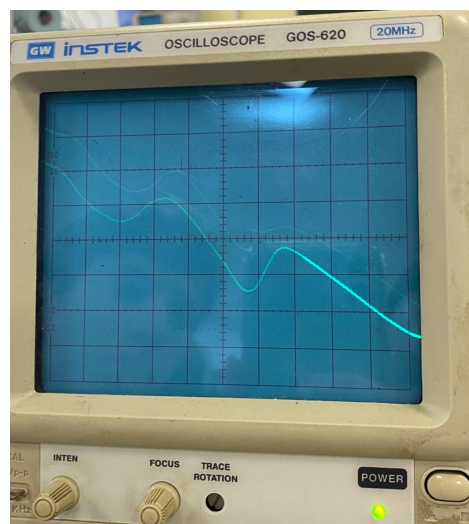
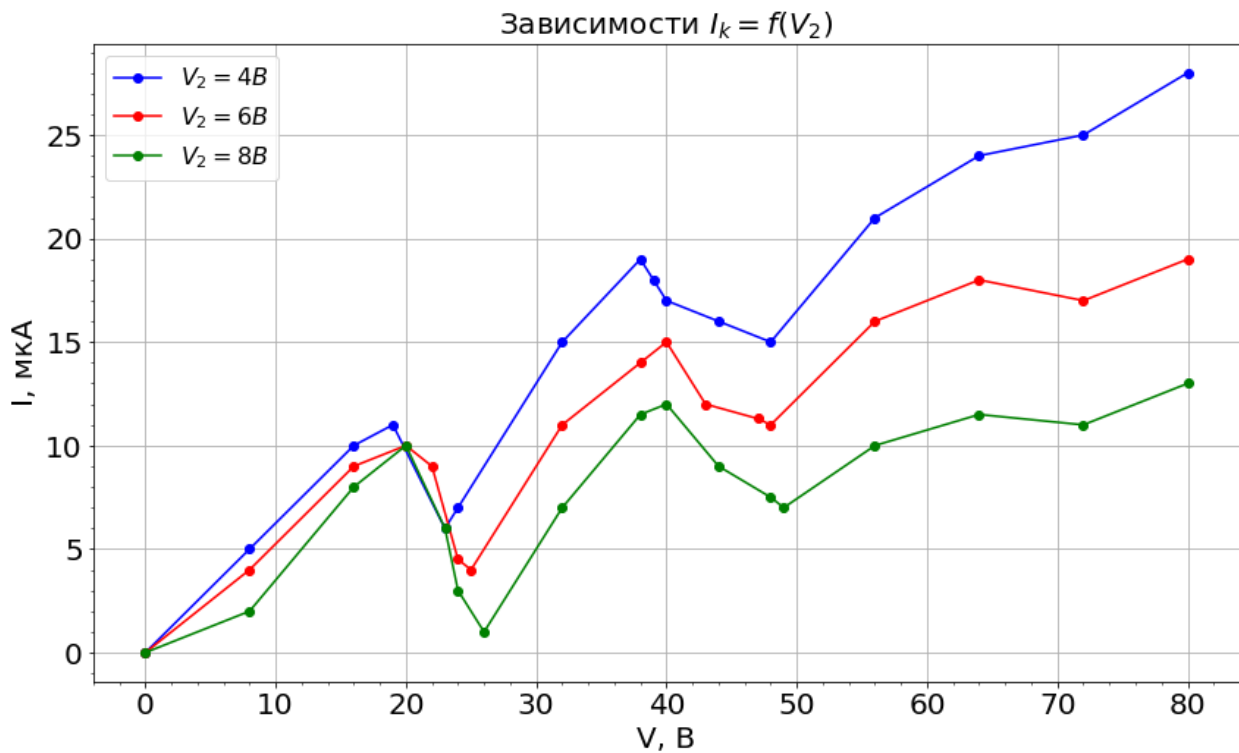


Рис. 6: Результат для $V_3 = 8 \text{ В}$

Оценка погрешностей

В случае динамического метода, учитываются как случайные так и систематические погрешности.

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



значение энергии 1 уровня: $E = 20.3 \text{ эВ}$.

Вывод

В ходе работы был воспроизведён опыт Франка-Герца, подтверждающий наличие дискретных уровней возбуждения атомов. Вольт-амперная характеристика трёхэлектродной вакуумной лампы была измерена двумя способами - динамическим и статическим.