

Группа M3306

Студенты: [REDACTED]

Работа выполнена 21.11.2025

Тимофеев В. [REDACTED]

Преподаватель: Кокурина [REDACTED]

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №5.10

Опыт Франка Герца с неоном

1. Цель работы.

Экспериментально подтвердить квантовый характер возбуждения атомов неона с помощью анализа вольт-амперной характеристики, полученной в опыте Франка–Герца.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- Изучение опыта Франка и Герца
- Ознакомление с методикой измерения ВАХ газоразрядных приборов
- Экспериментальное определение энергии возбуждения атома неона

3. Объект исследования.

Вольт-амперная характеристика неоновой лампы в опыте Франка–Герца

4. Метод экспериментального исследования.

1. Снять вольт-амперную характеристику неоновой лампы при различных напряжениях.
2. Определить положения максимумов и минимумов на ВАХ.
3. Вычислить энергию возбуждения атома неона по разности между соседними экстремумами.
4. Сравнить экспериментальные данные с табличными значениями и оценить погрешности.
5. Сделать вывод о квантовом характере взаимодействия электронов с атомами неона.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Связь между энергией возбуждения атома и разностью потенциалов между соседними экстремумами ВАХ:

$$E_{\text{возб}} = \Delta U = U_{i+1} - U_i$$

где: U_i - напряжение, соответствующее i -му экстремуму (максимуму или

минимуму) на ВАХ

U_{i+1} - напряжение следующего экстремума того же типа (например, между двумя соседними минимумами)

6. Измерительные приборы.

<i>Наименование</i>	<i>Измерения</i>	<i>Погрешность прибора</i>
Электронный вольтметр	Сеточное напряжение	0,005 В

7. Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1).

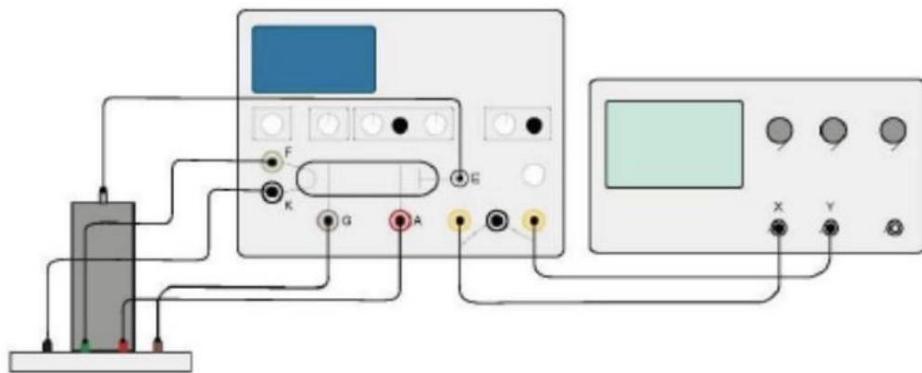
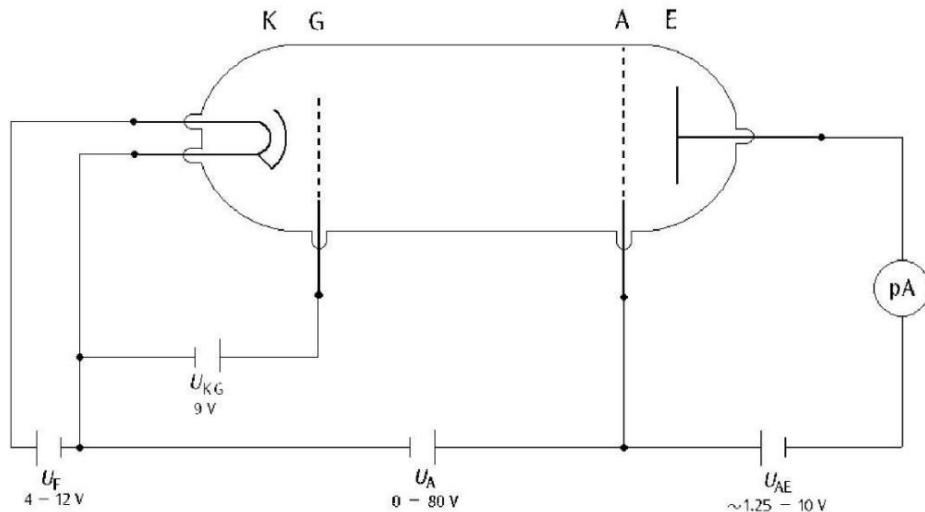


Рис. 1 и Рис. 2: Схема экспериментальной установки

Экспериментальная установка лабораторной работы представляет собой специализированный прибор из 3 функциональных частей (см. рис. 2), блока управления, осциллографа и разрядной неоновой трубки в защитном корпусе.

Регистрация ВАХ осуществляется с помощью осциллографа, который подключен к трубке с неоном и блоком управления в режиме XY.

8. Результаты прямых измерений и их обработка (таблицы, примеры расчетов).

8.1. Таблица №1 (Форма протоколирования результатов лабораторной работы)

$U_{A_{max}} = 80 \text{ В};$	$U_F = 6,7 \text{ В};$	$U_G = 9 \text{ В};$	$U_E = 4 \text{ В};$
$\underline{\text{№}}$	$U_m, \text{ В}$	$\Delta U_m = U_{m_{i+1}} - U_{m_i}$	
Максимумы ВАХ			
1	5	-	
2	24	19	
3	44	20	
Минимумы ВАХ			
1	11	-	
2	28	17	
3	48	20	

Разность ускоряющих напряжений между соседними экстремумами:

Минимумы:

$$\Delta U_{m_1} = U_{m_2} - U_{m_1} = 24 - 5 = 19 \text{ В}$$

$$\Delta U_{m_2} = U_{m_3} - U_{m_2} = 44 - 24 = 20 \text{ В}$$

Максимумы:

$$\Delta U_{m_1} = U_{m_2} - U_{m_1} = 28 - 11 = 17 \text{ В}$$

$$\Delta U_{m_2} = U_{m_3} - U_{m_1} = 48 - 28 = 20 \text{ В}$$

Вычислим энергию возбужденного атома:

$$E_{\text{возб}} = \overline{\Delta U} = \frac{19 + 20 + 17 + 20}{4} = 19 \text{ В}$$

9. Расчет погрешностей измерений.

Для вычисления погрешности энергии возбужденного атома воспользуемся формулами погрешности прямых многократных измерений:

1. Так как среднее уже посчитано вычислим среднеквадратичное отклонение:

$$S_{\overline{\Delta U}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta U_i - \overline{\Delta U})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(19-19)^2 + (20-19)^2 + (17-19)^2 + (20-19)^2}{4(4-1)}} = \sqrt{\frac{6}{12}} = 0,707 \text{ В}$$

Полученное значение соответствует доверительной вероятности $\alpha = 1$

2. Для доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ и $n = 4$:

$$t_{\alpha,n} = 3,18 \rightarrow \Delta_{\overline{\Delta U}} = t_{\alpha,n} \cdot S_{\overline{\Delta U}} = 3,18 \cdot 0,707 = 2,248 \text{ В}$$

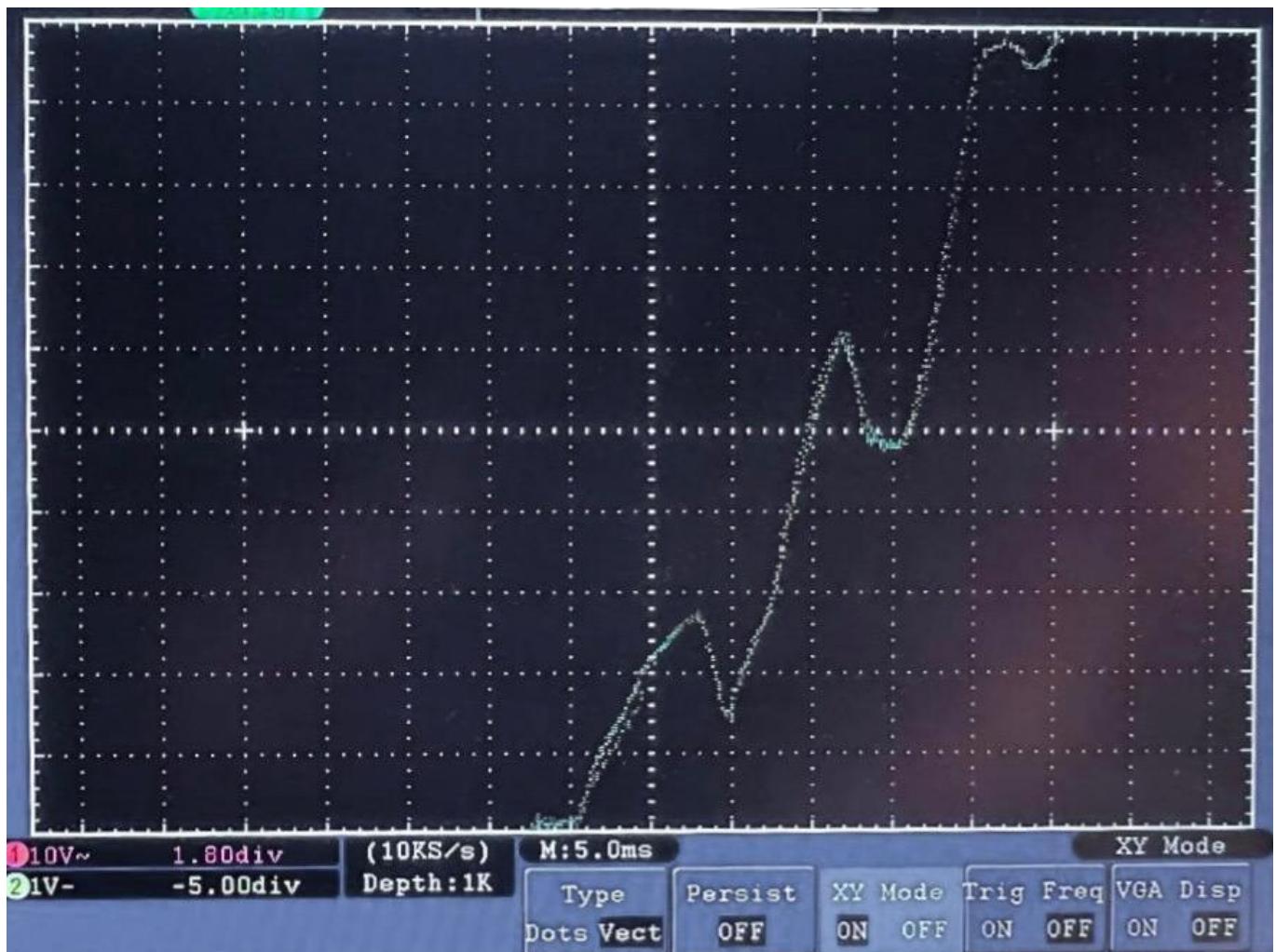
3. Тогда:

$$\Delta E_{\text{возб}} = \sqrt{\Delta_{\overline{\Delta U}}^2 + \left(\frac{2}{3} \Delta_{U, \text{инст}}\right)^2} = \sqrt{2,248^2 + \left(\frac{2}{3} \cdot 0,005\right)^2} = 2,2 \text{ В}$$

4. Относительная погрешность $\varepsilon_{E_{\text{возб}}} = \frac{\Delta E_{\text{возб}}}{E_{\text{возб}}} \cdot 100\% = 11,6\%$

10. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).

10.1. Вольт-амперная характеристика неоновой лампы (зависимость анодного тока от ускоряющего напряжения)



12. Окончательные результаты работы.

Энергия возбуждения атома неона:

$$E_{\text{возб}} = (19,0 \pm 2,2) \text{ В}, \varepsilon_{E_{\text{возб}}} = 11,6\%$$

Данное значение согласуется с табличным в рамках допустимой погрешности

13. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе лабораторной работы была снята вольт-амперная характеристика неоновой лампы. График показывает, что ток анода изменяется неравномерно - появляются пики и провалы. Это показывает, что электроны при движении сталкиваются с атомами неона и отдают им энергию порциями, то есть процесс имеет квантовый характер.

Из разностей напряжений между соседними максимумами и минимумами получено среднее значение, что соответствует энергии возбуждения атома неона $E_{\text{возб}} = (19,0 \pm 2,248) \text{ В}$, $\varepsilon = 11,6\%$

Результат совпадает с табличным значением (~18.4–19.0 эВ).

Таким образом, проведённый опыт подтверждает, что при столкновениях электроны передают атомам неона энергию только определенными порциями, что является наглядным доказательством квантовой природы атома.