



РАБОЧИЙ ПРОТОКОЛ И ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №5.10
"Опыт Франка Герца с неоном"

Группа: ОФ-3 ФПИ 1.1.1

Студенты: Стафеев И.А., Голованов Д.И.

Преподаватель: Середин А.А.

К работе допущен:

Работа выполнена:

Отчет принят:

1 Цель работы

1. Изучение опыта Франка и Герца;
2. Ознакомление с методикой измерения ВАХ газоразрядных приборов;
3. Экспериментальное определение энергии возбуждения атома. неона

2 Задачи

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. произвести градуировку монохроматора по известному спектру ртути;
2. Экспериментально определить длины волн водорода и определить энергию ионизация атома водорода.

3 Объект исследования

ВАХ трубки с неоном в составе установки опыта Франка-Герца.

4 Методы экспериментального исследования

Для исследования используются следующие методы:

- Графоаналитический метод - снятие показаний с экрана цифрового осциллографа и чтение ВАХ.

5 Рабочие формулы и исходные данные

1. Кинетическая энергия электрона:

$$E_k = eU, \quad (1)$$

где E_k — кинетическая энергия электрона, e — заряд электрона, U — ускоряющее напряжение.

2. Энергия возбуждения атома:

$$E_{\text{возб}} = e \cdot \Delta U, \quad (2)$$

где ΔU — расстояние между соседними минимумами (или максимумами) на ВАХ.

3. Закон сохранения энергии при неупругом соударении:

$$E_{k,\text{до}} = E_{k,\text{после}} + E_{\text{возб}}, \quad (3)$$

где $E_{k,\text{до}}$ — кинетическая энергия электрона до столкновения, $E_{k,\text{после}}$ — после столкновения.

4. Связь энергии фотона и длины волны:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad (4)$$

где h — постоянная Планка, ν — частота, c — скорость света, λ — длина волны излучения.

5. Частота излучения через энергию возбуждения:

$$\nu = \frac{E_{\text{возб}}}{h}. \quad (5)$$

6. Расчёт длины волны из энергии возбуждения:

$$\lambda = \frac{hc}{E_{\text{возб}}}, \quad (6)$$

где $E_{\text{возб}}$ выражается в джоулях.

6 Измерительные приборы:

Таблица 1 — Перечень измерительных приборов

№	Наименование	Измерение	$\Delta_{\text{и}}$
1	Электронный вольтметр	Сеточное напряжение	0.05 В
2	Электронный амперметр	Сила тока в цепи анода	0.01 А

7 Схема установки

Схема лабораторной установки представлена на рисунке 1.

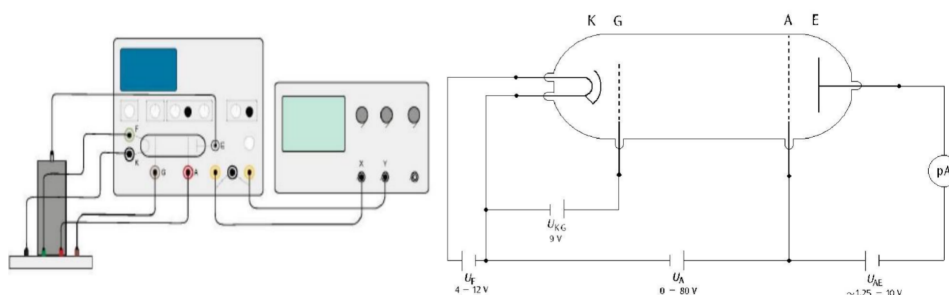


Рисунок 1 — Внешний вид монохроматора УМ-2

Установка состоит из трех функциональных частей: блока управления, осциллографа и разрядной трубки, наполненной неоном. В разрядной трубке расположена система четырех плоскопараллельных электродов: оксидированный катод косвенного подогрева, два сетчатых электрода и анод. При этом электрод при катоде служит

для экранирования прикатодной эмиссионной области и уменьшения влияния пространственного заряда на вид ВАХ, а сеточный электрод при аноде создает задерживающую разность потенциалов.

8 Прямые измерения и обработка

Таблица 2 — Прямые измерения по графику

$U_{Amax} = 80 \text{ В}; U_F = 6.4 \text{ В}; U_G = 8.9 \text{ В}; U_E = 4 \text{ В}$		
№	$U_m, \text{ В}$	$\Delta U_m = U_m - U_{m-1}, \text{ В}$
Максимумы ВАХ		
1	22	22
2	54	32
3	85	31
Минимумы ВАХ		
1	11	11
2	40	29
3	81	41
$E_{возб} = \langle U_m \rangle \pm \Delta E_{возб} = 28 \pm 3 \text{ эВ}$		

Для максимумов $\langle \Delta U_m \rangle \approx 28 \text{ В}$, для минимумов - $\langle \Delta U_m \rangle = 27 \text{ В}$

Так как погрешность меньше для разности максимумов (расчет см. ниже), это значение записано в низ таблицы.

9 Расчёт погрешностей

Для разностей максимумов:

$$\Delta E_{возб} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)n} \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta U_{\max_i} - \langle \Delta U_{\max} \rangle)^2} = 3 \text{ эВ}$$

Для разностей минимумов:

$$\Delta E_{возб} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)n} \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta U_{\min_i} - \langle \Delta U_{\min} \rangle)^2} = 9 \text{ эВ}$$



Рисунок 2 — Вольт-амперная характеристика для газоразрядной трубки с неоном

11 Окончательные результаты

Для разностей максимумов:

$$E_{\text{возб}} = (28 \pm 3) \text{ эВ}; \varepsilon_{E_{\text{возб}}} = 11\%; \alpha = 0.95$$

Для разностей минимумов:

$$E_{\text{возб}} = (27 \pm 9) \text{ эВ}; \varepsilon_{E_{\text{возб}}} = 33\%; \alpha = 0.95$$

12 Выводы и анализ результатов работы

По экспериментальной вольт-амперной характеристике определены положения трех последовательных максимумов и минимумов. Средняя энергия возбуждения атома неона получилась равной $E_{\text{возб}} = (28 \pm 3) \text{ эВ}$, $\varepsilon = 11\%$

Сравнение с табличными значениями (от 16.6 до 18.9 эВ) показывает превышение экспериментального значения примерно на 40%. Такое большое расхождение может быть обусловлено накоплением энергии электронами при многократных столкновениях, а также возбуждением более высоких энергетических уровней (к примеру, $2p^53p$). Также возможна систематическая погрешность, связанная с контактной разностью потенциалов или определением максимумов-минимумов по осциллограмме.

Несмотря на численное расхождение с теорией, эксперимент подтверждает квантовый характер энергетических уровней атома неона. Получен численный результат энергии возбуждения атома неона по характерной ВАХ, следовательно, цель работы достигнута.