

# Изучение рассеяния медленных электронов на атомах. Эффект Рамзауэра.

Дедков Денис, Маслов Артём  
группа Б01-108а  
27.11.2023

## Цель и задачи работы:

1. Исследовать энергетические зависимости вероятности рассеяния электронов атомами инертного газа.
2. Определить энергии электронов, при которых наблюдается просветление инертного газа.
3. Оценить размер внешней электронной оболочки инертного газа.
4. По значению измеренного ионизационного потенциала определяется, каким газом заполнен тиратрон.

## Описание экспериментальной установки

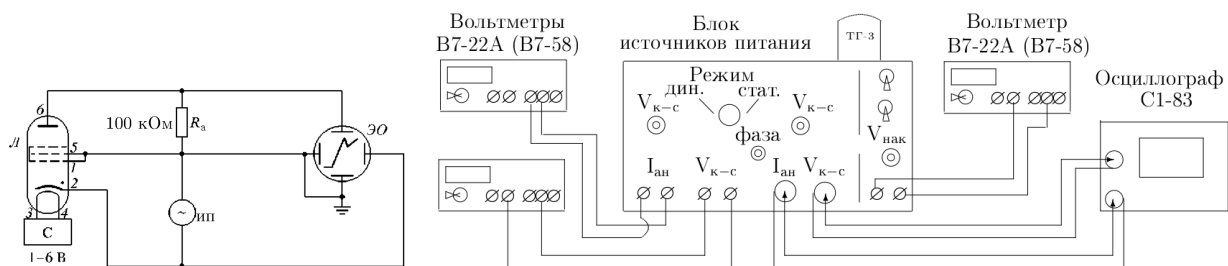


Рис. 1: Слева схема подключения тиратрона. Справа блок-схема экспериментальной установки.

В работе для наблюдения эффекта Рамзауэра используется тиратрон ТГЗ-01/1.3Б, заполненный инертным газом (рис. 2). Электроны, эмитируемые катодом тиратрона, ускоряются напряжением  $V$ , приложенным между катодом и ближайшей к нему сеткой. Затем электроны рассеиваются на атомах инертного газа. Рассеянные электроны отклоняются в сторону и уходят на сетку, а оставшаяся часть электронов достигает анода и создаёт анодный ток  $I_a$ .

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1. Лампа тиратрона расположена на корпусе блок источников питания. Напряжение к электродам лампы подаётся от источников питания, находящихся в корпусе прибора. Регулировка напряжения и выбор режима работы установки производится при помощи ручек управления, выведенных на лицевую панель блока источников питания.

## Оборудование и приборы

Стенд с экспериментальной установкой номер 1.3.1.

1. Тиратрон ТГЗ-01/1.3Б.
2. Вольтметры GDM-8145. Инвентарный номер вольтметра, измеряющего напряжение, пропорциональное току анода, №210104003098. Инвентарный номер вольтметра, измеряющего напряжение катод-сетка, №210104003102. Инвентарный номер вольтметра, измеряющего напряжение накала тиратрона, №210104003100. Все вольтметры измеряют в пределах 20 В. Погрешность измерения  $\sigma = \pm(0.03\% \text{ rdg} + 4 \text{ digits})$ .
3. Блок источников питания. Заводской номер №606-502. Инвентарный номер №410134125767.
4. Осциллограф GOS-620. Инвентарный номер №210104000620. Коэффициент отклонения 4% в диапазоне  $5 \frac{\text{мВ}}{\text{дел}} \div 5 \frac{\text{В}}{\text{дел}}$

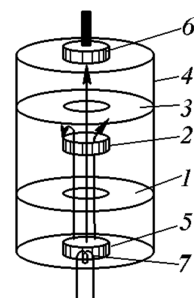


Рис. 2: Схема тиратрона: 1, 2, 3 – сетки с одинаковым потенциалом, 4 – внешний металлический цилиндр, 5 – катод, 6 – анод, 7 – накаливаемая спираль.

Рис. 3: График зависимости  $1/N(\theta)$  от  $(1 - \cos \theta)$ .

## Первичные экспериментальные данные

Первичные экспериментальные данные приведены в таблице:

## Обработка экспериментальных данных

Согласно теории, распределение рассеянных на углы  $\theta$  гамма-квантов вследствие комптоновского рассеяния определяется соотношением:

$$\frac{1}{\varepsilon(\theta)} - \frac{1}{\varepsilon_0} = 1 - \cos \theta$$

Номер канала, зарегистрировавший гамма-квант пропорционален его энергии, тогда

$$\frac{1}{N(\theta)} - \frac{1}{N(0)} = A(1 - \cos \theta)$$

Построим график зависимости  $1/N(\theta)$  от  $(1 - \cos \theta)$ .

По пересечению графика с осью ординат определим  $N(0)$ :

$$N(0) = 846 \pm 11$$

Погрешность оценим по формуле косвенных измерений:

$$y_{\text{аппрокс}} = ax + b$$

$$N(0) = \frac{1}{b}$$

$$\varepsilon_{N(0)} = \frac{\sigma_b}{b}$$

По пересечению графика с прямой  $\cos \theta = 0$  определим  $N(90)$ :

$$N(90) = 384 \pm 4$$

Погрешность оценим по формулам:

$$y_{\text{аппрокс}} = ax + b$$

$$N(90) = \frac{1}{b + a}$$

$$\sigma_{N(90)} = \frac{1}{(a + b)^2} \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_a^2}$$

Определим энергию покоя электрона, на котором происходило рассеяние гамма-квантов:

$$mc^2 = E_\gamma \frac{N(90)}{N(0) - N(90)} = 550 \pm 16 \text{ кэВ}$$

где  $E_\gamma = (662 \pm 1) \text{ кэВ}$  – энергия гамма-лучей, испускаемых источником. Оценим погрешность определения  $mc^2$ :

$$\sigma_{mc^2} = \sqrt{\left(\frac{N(90)}{N(0) - N(90)} \sigma_{E_\gamma}\right)^2 + \left(\frac{N(90)E_\gamma}{(N(0) - N(90))^2} \sigma_{N(0)}\right)^2 + \left(E_\gamma \frac{N(0)}{(N(0) - N(90))^2} \sigma_{N(90)}\right)^2}$$

## Обсуждение результатов и выводы

В работе был проверен закон комптоновского рассеяния:

$$\frac{1}{\varepsilon(\theta)} - \frac{1}{\varepsilon_0} = 1 - \cos \theta$$

Экспериментальные точки ложатся на прямую в пределах  $2\sigma$ .

Определено значение энергии покоя электрона

$$mc^2 = 550 \pm 16 \text{кэВ}$$

.

Табличное значение энергии покоя электрона

$$mc_{\text{табл}}^2 = 510.998 \text{кэВ}$$

.