

## Работа 5.1.3

### Изучение рассеяния медленных электронов на атомах (эффект Рамзауэра)

Работу выполнил Матренин Василий Б01-008

**Цель работы:** Исследовать рассеяние электронов на атомах инертного газа; Рассчитать размер электронной оболочки атома; Оценить глубину потенциальной ямы и потенциал ионизации газа, заполняющего лампу.

# 1 Теория

## 1.1 Установка для измерения сечения рассеяния электронов в газах

Схема установки представлена на рисунке 1.

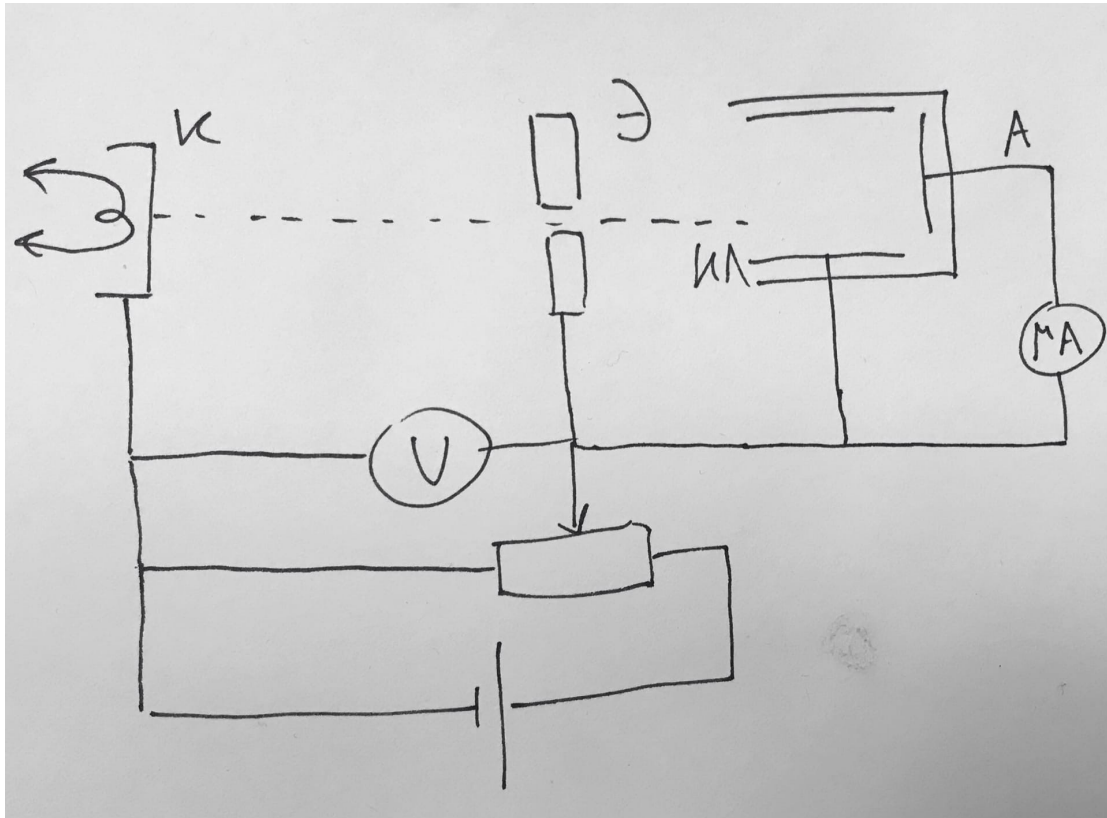


Рис 1. Установка для измерения сечения рассеяния электронов в газах

## 1.2 Теоретические выкладки

Для налетающего электрона выполняется закон сохранения энергии:

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{mv'^2}{2} + U \quad (1)$$

Следовательно, так как скорость электрона изменилась, то изменилась и длина его волны де Бройля. Следовательно атом ведет себя как преломляющая среда. Относительный показатель преломления:

$$n = \frac{\lambda}{\lambda'} = \sqrt{1 - \frac{U}{E}} \quad (2)$$

Уравнение Шредингера для потенциальной ямы:

$$\psi'' + k^2\psi = 0 \quad (3)$$

При этом:  $k^2 = k_1^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}$  для положения вне потенциальной ямы, и  $k^2 = k_2^2 = \frac{2m(E+U_0)}{\hbar^2}$  для положения в области потенциальной ямы.

Коэффициент прохождения:

$$D = \frac{16k_1^2 k_2^2}{16k_1^2 k_2^2 + 4(k_1^2 - k_2^2)^2 \sin^2(k_2 l)} \quad (4)$$

Тогда видно, что коэффициент прохождения максимален при условии:

$$k_2 l = \sqrt{\frac{2m(E + U_0)}{\hbar^2}} l = n\pi, \quad n = 1, 2, 3 \dots \quad (5)$$

Из рассуждений выше также получаем эффективный размер атома:

$$l = \frac{h\sqrt{5}}{32m(E_2 - E_1)} \quad (6)$$

При этом  $E_1 = eV_1$ , и  $E_2 = eV_2$ .

Так же можно получить формулу для эффективной глубины потенциальной ямы атома:

$$U_0 = \frac{4}{5}E_2 = \frac{9}{5}E_1 \quad (7)$$

## 2 Схема установки

Схема установки представлена на рисунке 2.

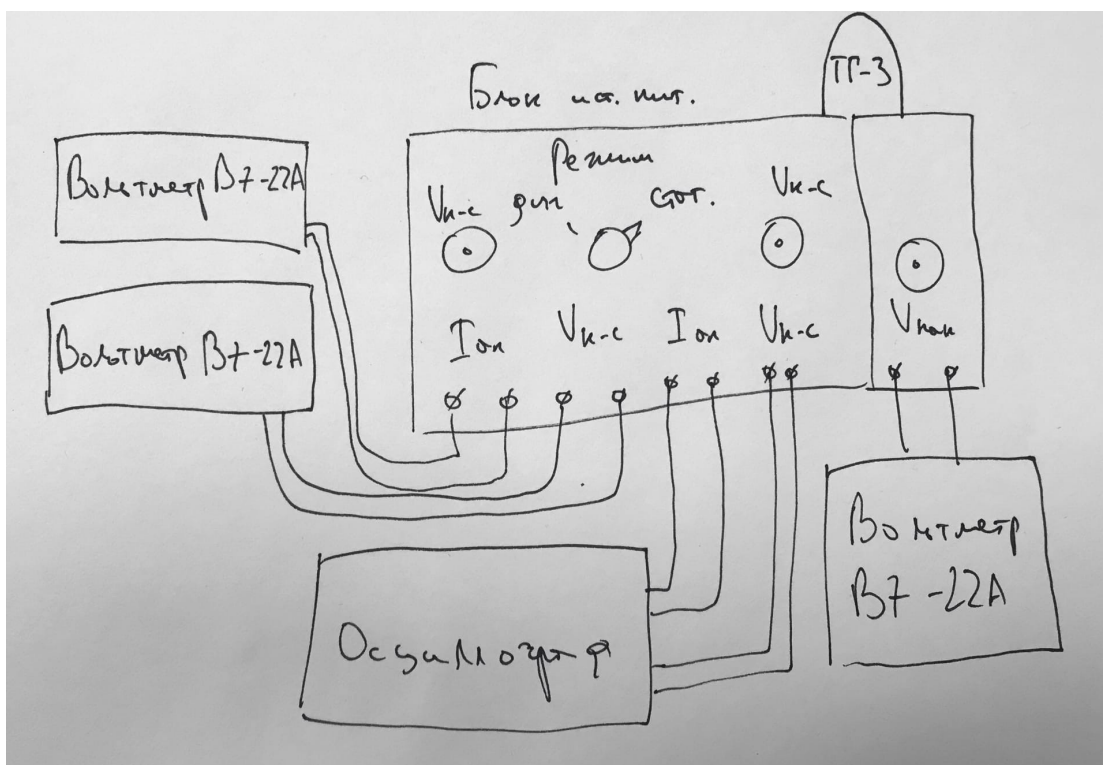


Рис 2. Схема установки

### 3 Ход работы

#### 3.1 Вольт-амперная характеристика тиратрона в динамическом режиме

Пронаблюдали ВАХ для двух различных напряжений лампы накала:

$$V_{\text{накала}} = (2,90 \pm 0,05) \text{ В}$$

$$V_{\text{накала}} = (2,65 \pm 0,05) \text{ В}$$

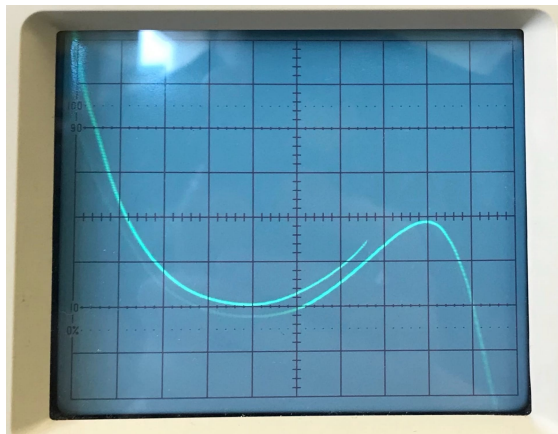


Рис 3. ВАХ для 2,90 В

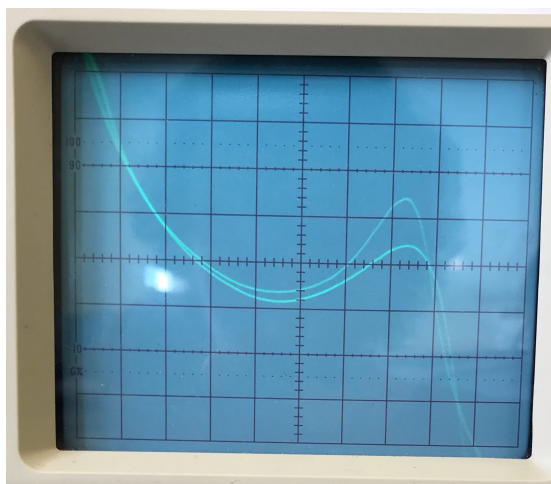


Рис 4. ВАХ для 2,65 В

Получил напряжение пробоя для обоих значений  $V_{\text{накала}}$ :  $(11,0 \pm 0,5) \text{ эВ}$  и  $(12,0 \pm 0,5) \text{ эВ}$  соответственно. Достаточно большая величина погрешности обусловлена неполным совпадением графиков для прямого и обратного хода характеристик.

#### 3.2 Вольт-амперная характеристика тиратрона в статическом режиме

Произвели измерение ВАХ тиратрона для двух напряжений накала (2,90 В и 2,65 В). Собранные данные представлены на рисунках 5 и 6.

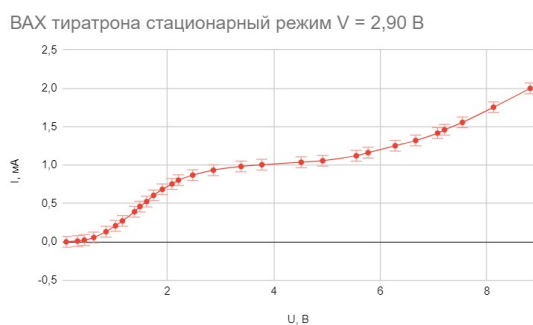


Рис 5. ВАХ для 2,90 В

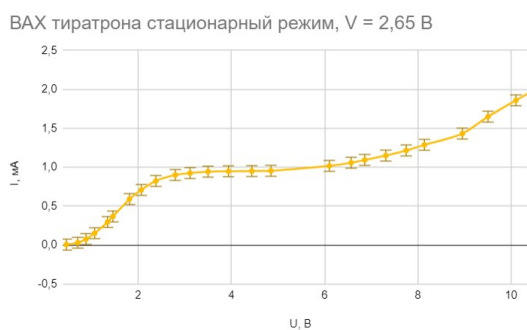


Рис 6. ВАХ для 2,65 В

### 3.3 Обработка результатов

Расчеты погрешностей см. на листочке с расчетами.

### 3.4 Вольт-амперная характеристика тиратрона в динамическом режиме

Полученные значения для напряжения пробоя соответствуют табличному значению напряжения пробоя для **ксенона**.

Снял значения с осциллограммы:

Для 2,90 В:  $E_1 = (2,0 \pm 0,2)$  В и  $E_1 = (6,0 \pm 0,2)$  В

Для 2,65 В:  $E_1 = (1,6 \pm 0,2)$  В и  $E_1 = (4,6 \pm 0,2)$  В

Из формулы (6) получил эффективный размер атома:

$$l = (3,7 \pm 0,2) \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Так же посчитал  $U_0$  по формуле (7):

Для 2,90 В:  $U_0 = (1,2 \pm 0,5)$  В.

Для 2,65 В:  $U_0 = (0,8 \pm 0,5)$  В.

### 3.5 Вольт-амперная характеристика тиратрона в статическом режиме

Полученные в статическом режиме графики ВАХ не соответствуют как теоретической картине, так и результатам, полученным в динамическом режиме.

Поэтому делать расчеты, связанные с этими значениями не имеет особого смысла.

## 4 Вывод

В ходе данной лабораторной работы хорошо показал себя динамический метод. А при исследовании в статике, получились несогласующиеся с теорией и практикой данные.

Проблемы с динамическим методом могли возникнуть из-за достаточно сильной инертности и нестабильности в работе лампы накаливания. В ходе работы напряжение на ней продолжало достаточно существенно флуктуировать в течении более чем 30 минут после поворота регулирующей ручки.

Данная особенность не повлияла на динамический метод, данные для которого снимаются достаточно быстро.

Повысить точность измерений в статическом методе можно путем повышения стабильности работы и скорости отклика лампы накаливания.

Повысить точность измерений в динамическом методе можно путем увеличения точности шкалы осциллографа (все погрешности в динамическом методе обусловлены точностью снятия напряжений с этой шкалы).