

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

Александр Андреевич Харитонов,  
Подкидышев Алексей Сергеевич  
*Студенты факультета инноваций  
и высоких технологий  
(группа 792)*

---

## Лабораторная работа 1.3

«Эффект Рамзауэра - рассеяние медленных электронов на атомах»

---

Долгопрудный  
15 декабря 2019 г.

# Содержание

<b>1</b>	<b>Описание работы</b>	<b>3</b>
1.1	Установка . . . . .	3
1.2	Теоритическая часть . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Ход работы</b>	<b>5</b>
2.1	ВАХ тиратрона $I_a = f(U_c)$ на экране осциллографа С1-83 . . . . .	5
2.2	ВАХ в статическом режиме . . . . .	7

# 1 Описание работы

## 1.1 Установка

В нашей работе для изучения эффекта Рамзауэра используется татрон, заполненный инертным газом. Схематическое изображение татрона и его конструкция приведены на рис. 1.

Электроны, эмитируемые катодом татрона, ускоряется напряжением  $V$ , приложенным между катодом и ближайшей к нему сеткой. Затем электроны рассеиваются на атомах инертного газа. Все сетки 1, 2, 3 соединены между собой и имеют одинаковый потенциал, примерно равный потенциалу анода 6. Поэтому между первой сеткой 1 и анодом практически нет поля.

Рассеянные электроны отклоняются в сторону и уходят на сетку, а оставшаяся часть электронов достигает анода и создаёт анодный ток  $I_a$ . Таким образом, поток электронов  $N(x)$  на расстоянии  $x$  от ускоряющей сетки уменьшается с ростом  $x$  от начального значения  $N_0$  у катода до некоторого значения  $N_a$  у анода.

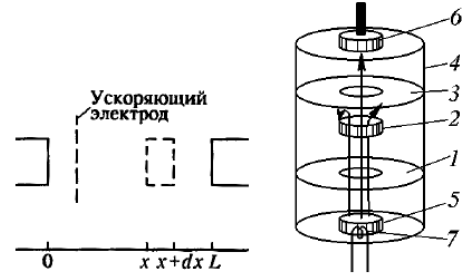


Рис. 1: Схема татрона (слева) и его конструкция (справа): 1, 2, 3 сетки, 4 внешней металлический цилиндр, 5 катод, 6 анод, 7 накаливаемая спираль

## 1.2 Теоритическая часть

**ВАХ татрона:** Выделим в газе на расстоянии  $x$  тонкий слой с площадью поперечного сечения  $S$  и толщиной  $dx$ . Этот слой содержит  $\nu = n_a S dx$  атомов газа.

Суммарная рассеивающая поверхность:  $\Delta = \nu \cdot \Delta_a$ ,  $\Delta_a$  - площадь поперечного сечения атома.

Вероятность рассеяния электрона в слое:

$$-\frac{dN}{N(x)} = n_a \Delta_a \omega(V) dx.$$

Итоговое уравнение для ВАХ:

$$I_a = I_0 \cdot e^{-C\omega(V)}, C = Ln_a\Delta_a,$$

где  $I_0 = eN_0$  ток катода,  $I_a = eN_a$  анодный ток.

Согласно классическим представлениям, сечение рассеяния электрона на атоме должно падать монотонно с ростом  $V$  (обратно пропорционально квадратному корню из энергии электрона), а значит ВАХ будет монотонно возрастающей функцией, как это показано на рис. 2а. По квантовым соображениям вероятность рассеяния электронов и соответствующая ВАХ должны иметь вид, показанный на рис. 2б.

По измеренной ВАХ татрона можно определить зависимость вероятности рассеяния электрона от его

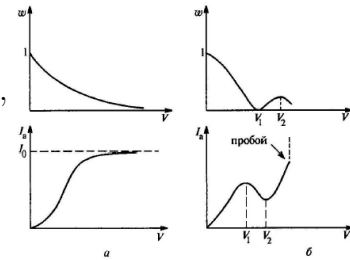


Рис. 2: Вероятность рассеяния электрона атомом инертного газа и ВАХ татрона при классическом (а) и квантовом (б) рассмотрении

энергии из соотношения:

$$w(V) = -\frac{1}{C} \ln \frac{I_a(V)}{I_0}.$$

Схема для изучения эффекта Рамзауэра приведена на рисунке. На лампу Л подается синусоидальное напряжение частоты 50 Гц от источника питания ИП, С — стабилизированный блок накала катода; исследуемый сигнал подается на электронный осциллограф (ЭО); цифрами обозначены номера ножек лампы.

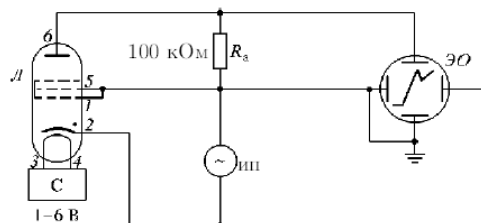


Рис. 3: Схема включения тиратрона

Реально на экране ЭО удастся наблюдать лишь один (первый) минимум в сечении рассеяния электронов и следующий за ним максимум. Дело в том, что уже при  $n = 2$  напряженность поля очень высока и происходит пробой тиратрона.

Схема экспериментальной установки, изображенная на рис. 8 в нашей работе конструктивно осуществлена следующим образом. Лампа-тиратрон ТГ3001/1.3Б, заполненная инертным газом, расположена непосредственно на корпусе блока источника питания (БИП). Напряжение к электродам лампы подается от источников питания, находящихся в корпусе прибора. Регулировка напряжения и выбор режима работы установки производится при помощи ручек управления, выведенных на лицевую панель БИП (рис. 4).

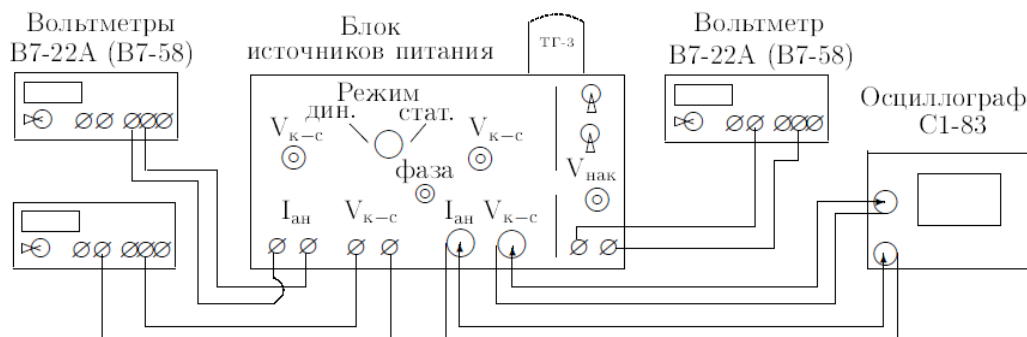


Рис. 4: Блок-схема экспериментальной установки

## 2 Ход работы

### 2.1 ВАХ тиратрона $I_a = f(U_c)$ на экране осциллографа С1-83

1. Поставим переключатель «РЕЖИМ» в положение «ДИНАМИЧ».
2. Установим напряжение накала лампы  $V_{\text{накала}} = 2,95 \text{ В}$ .
3. Измерим на экране осциллографа напряжение между катодом и сеткой, соответствующее первому минимуму и максимуму на осциллограмме, при максимальном ускоряющем напряжении. Также оценим напряжение пробоя.

$$\Delta V = 60 \text{ мВ}, V_{\text{пробоя}} = 18 \text{ В}.$$

4. Чувствительность канала X:  $2 \text{ В/дел}$ .

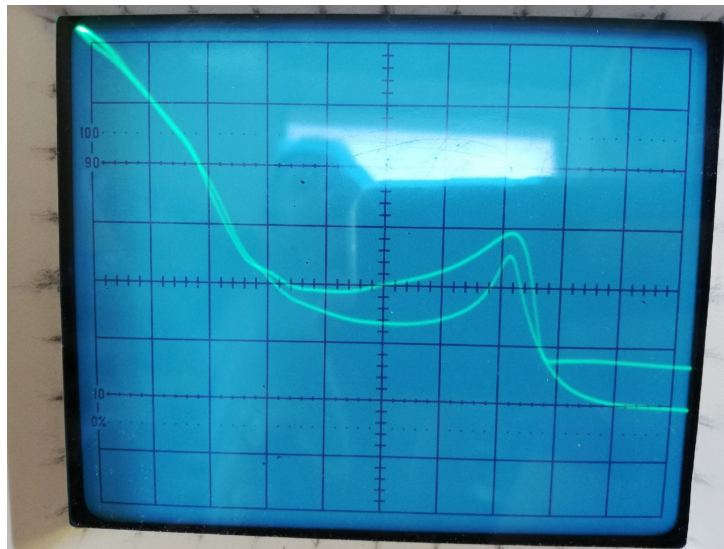


Рис. 5: Осциллограмма при  $V_{\text{накала}} = 2,95 \text{ В}$

5. Повторим измерения при  $V_{\text{накала}} = 2,56 \text{ В}$  :

$$\Delta V = 12 \text{ мВ}, V_{\text{пробоя}} = 20 \text{ В}.$$

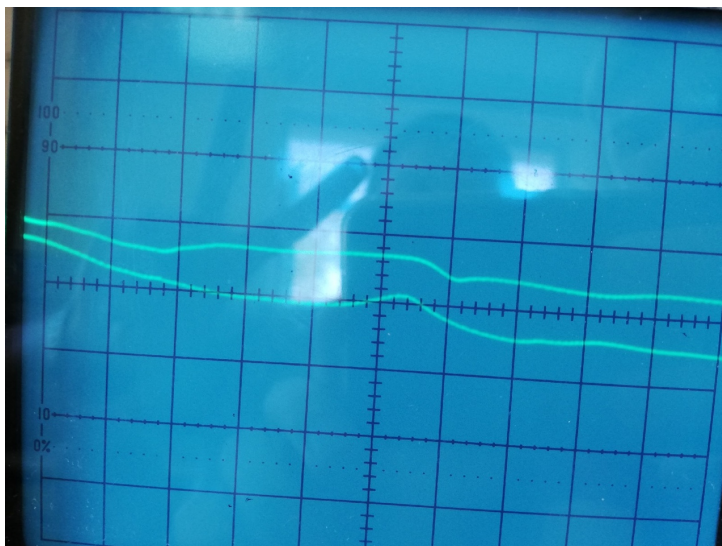


Рис. 6: Осциллограмма при  $V_{\text{накала}} = 2,56 \text{ В}$

Расчитаем размер электронной оболочки по формуле:

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

Получим  $l = 2,8 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ,  $\varepsilon_l = 7\%$ .

## 2.2 ВАХ в статическом режиме

$V_{\text{катода}}$	$I_{\text{анода}}, 10^{-6}$	$V_{\text{катода}}$	$I_{\text{анода}}, 10^{-6}$
1,50	0,10	1,60	0,1
1,74	1,07	1,83	1,09
1,98	4,07	1,85	1,20
2,01	5,30	2,03	2,70
2,20	7,46	2,10	3,70
2,40	8,40	2,24	3,78
2,64	7,82	2,46	3,74
2,80	6,70	2,64	3,30
3,08	5,58	2,70	3,23
3,38	5,00	2,92	2,80
3,78	4,42	3,20	2,40
4,20	4,00	3,50	2,06
4,74	3,75	4,18	1,84
5,47	3,70	4,54	1,74
6,34	3,60	5,25	1,57
7,34	3,50	6,10	1,45
8,20	3,53	6,46	1,42
8,90	3,77	7,37	1,35
9,70	3,93	8,10	1,39
10,10	4,44	9,60	1,54

Рис. 7: ВАХ в статическом режиме

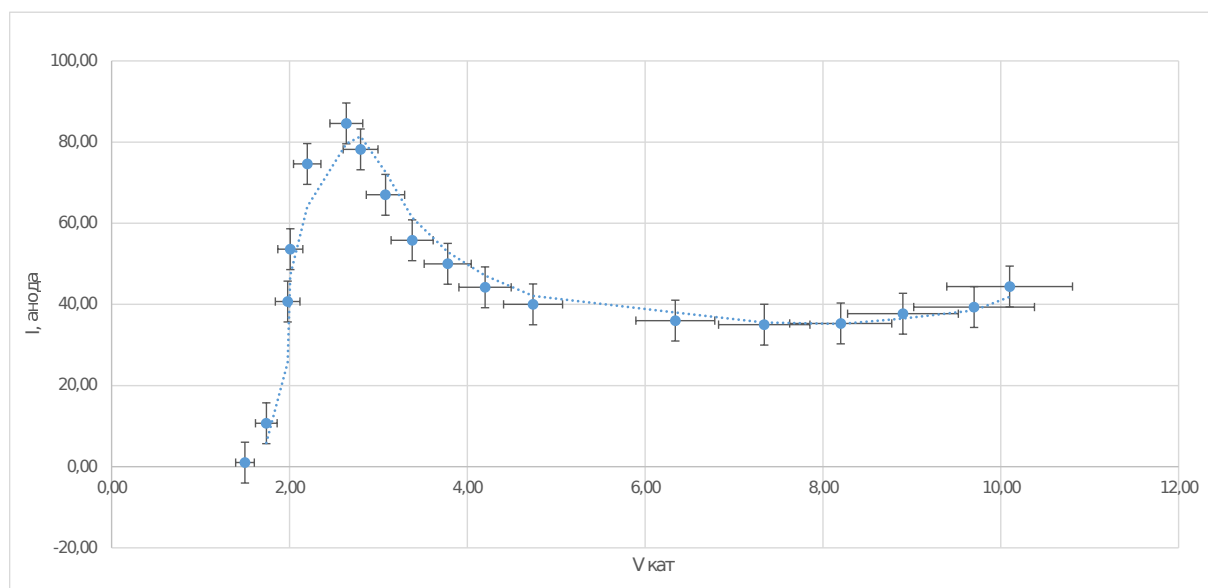


Рис. 8: ВАХ в статическом режиме при  $V_{накала} = 2,95$  В

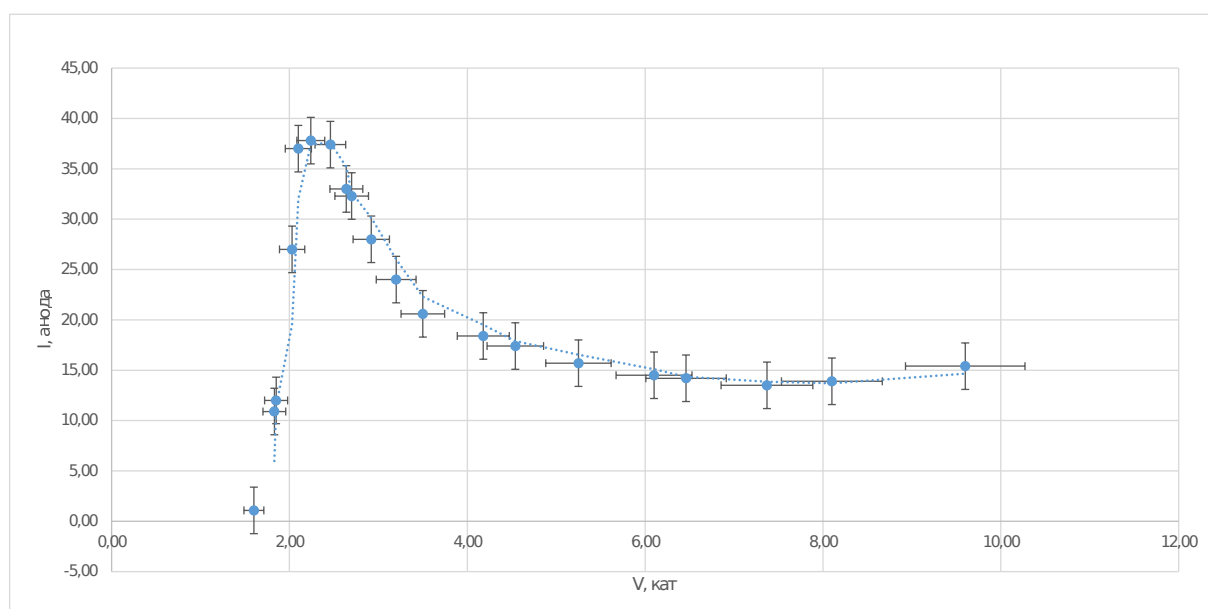


Рис. 9: ВАХ в статическом режиме при  $V_{накала} = 2,56$  В



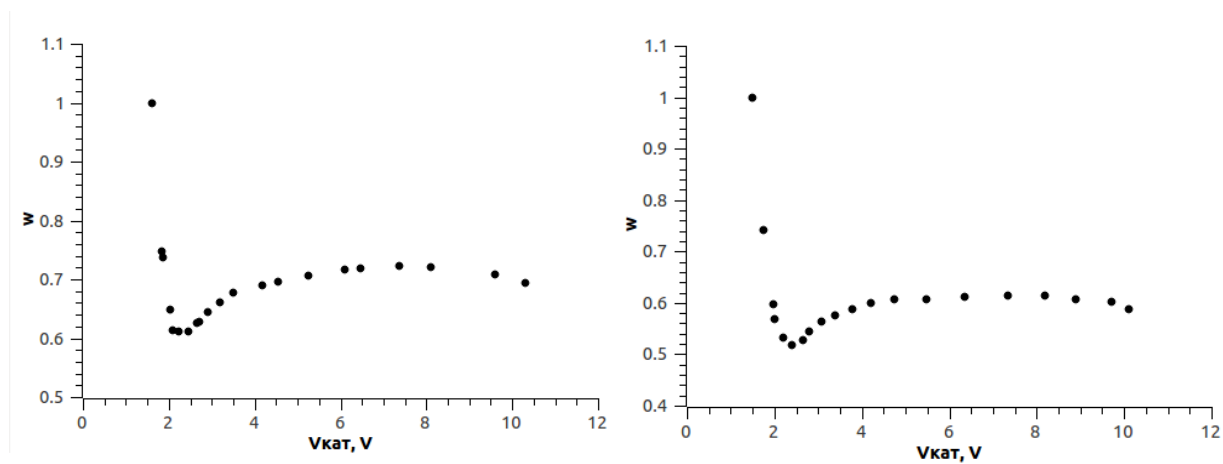


Рис. 10: Зависимости вероятности рассеяния электронов от энергии

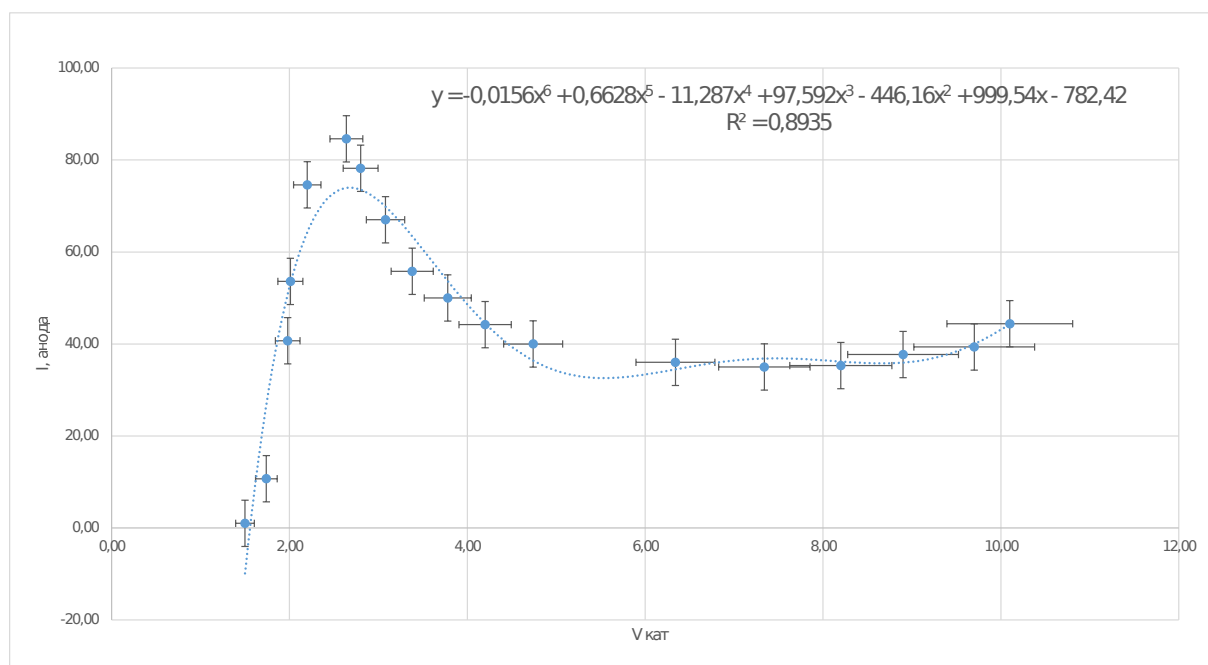


Рис. 11: Зависимости вероятности рассеяния электронов от энергии