

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 25.09.2022 14:42:04  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba4765fd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор –  
проректор по учебной работе  
Е.А. Кудряшов  
«18» мая 2012 г.



### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКИ

Методические указания к выполнению лабораторной  
работы № 39 по разделу "Электричество и магнетизм"

Курск 2012 г.

УДК 534.2

Составители: А.Г. Беседин, А.М.Стороженко

Рецензент

Кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры ТиЭФ ЮЗГУ П.А.Красных

**Определение удельного заряда электрона с помощью электронно-лучевой трубки** : методические указания к лабораторной работе № 39 по разделу „Электричество и магнетизм” / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.Г. Беседин, А.М. Стороженко Курск, 2012. 7 с.: ил. 3. Библиогр.: 3 назв.

Излагаются методические рекомендации по выполнению лабораторной работы №39, в которой определяется удельный заряд электрона с помощью электронно-лучевой трубки. Содержится краткое теоретическое введение. Указываются порядок выполнения работы, задания и вопросы для контроля знаний.

Методические указания соответствуют требованиям Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (2010 год) и рабочих учебных планов технических специальностей ЮЗГУ.

Предназначены для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60 x 84 1/16.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Лабораторная работа № 39

### Определение удельного заряда электрона с помощью электронно-лучевой трубки

Цель работы: 1) изучение закономерностей движения частиц в электрическом и магнитном полях 2) определение удельного заряда электрона.

Приборы и принадлежности: ЭЛТ, соленоид, магазин сопротивлений, амперметр, источник постоянного тока 24 В, соединительные провода.

#### ВВЕДЕНИЕ

Рассмотрим движение электрона в однородном магнитном поле, когда его начальная скорость составляет некоторый угол  $\alpha$  с направлением поля (рис.1.)

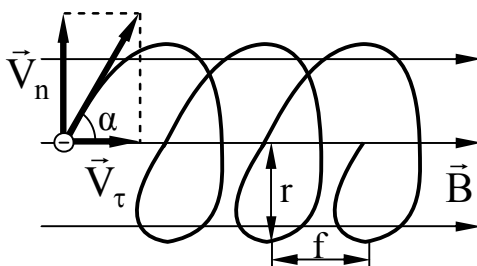


Рис. 1

Со стороны магнитного поля на электрон будет действовать сила Лоренца  $\vec{F}_L$ , равная, как известно,

$$\vec{F}_L = e[\vec{V} \times \vec{B}],$$

где  $e$  – заряд электрона;  $\vec{V}$  – скорость электрона;  $\vec{B}$  – индукция магнитного поля. Для того, чтобы установить форму траектории электрона, удобно разложить скорость  $\vec{V}$  на две составляющие, одна из которых  $V_\tau = V \cos \alpha$  параллельна полю, а другая  $V_n = V \sin \alpha$  – перпендикулярна полю. Очевидно, что сила Лоренца, действующая со стороны магнитного поля на электрон, обусловлена только перпендикулярной составляющей  $V_n$ . Действительно,

$$F_L = eVB \sin \alpha = eV_n B.$$

Совершая перемещение только со скоростью  $V_n$ , электрон двигался бы равномерно по дуге окружности, плоскость которой перпендикулярна полю. С составляющей  $V_\tau$  не связаны никакие добавочные силы, поэтому составляющее перемещение со скоростью  $V_\tau$  будет равномерным и прямолинейным.

В результате сложения указанных перемещений электрон будет двигаться по цилиндрической спирали (рис.1.). Рассчитаем радиус и шаг этой спирали. Радиус, согласно второму закону Ньютона, можно определить из соотношения

$$m \frac{V_n^2}{r} = eV_n B.$$

Отсюда следует, что

$$r = \frac{V_n}{\left(\frac{e}{m}\right)B}.$$

Шаг спирали  $f$ , очевидно, будет равен

$$f = V_\tau T, \quad (1)$$

где  $T$  – период обращения.

Оказывается, что периоду  $T$  присуща одна важная особенность: он не зависит от перпендикулярной составляющей скорости частицы  $V_n$ . Действительно,

$$T = \frac{2\pi r}{V_n} = \frac{2\pi V_n}{V_n \left(\frac{e}{m}\right)B} = \frac{2\pi}{\left(\frac{e}{m}\right)B}. \quad (2)$$

### ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Установка представляет собой осциллографическую трубку, помещенную в соленоид (рис.2.).

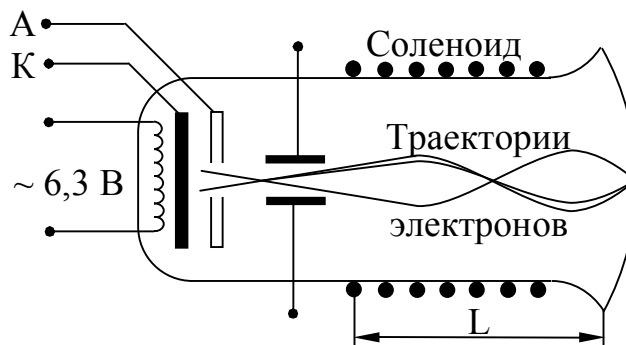


Рис. 2

Термоэлектроны, покинувшие раскаленный катод К электронно-лучевой трубки в виде узкого расходящегося пучка, проходят ускоряющую разность потенциалов  $U$ , приложенную между катодом и анодом, приобретают примерно одинаковую скорость, параллельную силовым линиям магнитного поля, создаваемого соленоидом. Обозначим эту скорость  $V_\tau$ . Перед соленоидом электроны проходят между отклоняющимися пластинами, на которые подано переменное напряжение. Поперечное электрическое поле модулирует перпендикулярную составляющую скорости электронов  $V_n$ , не меняя  $V_\tau$ . Поэтому электроны, двигаясь вдоль различных спиралей с одинаковым шагом и периодом (см. формулы (1-2)), фокусируются в точках пространства на расстояниях, кратных шагу траектории  $\ell = kf$  (3), где  $k=1,2,3\dots$ . Подставив в (3) значение  $f$  из (1-2), получим

$$\ell = kV_\tau T = \frac{2\pi k V_\tau}{(e/m)\omega} \quad (3).$$

Параллельную составляющую скорости  $V_\tau$  находим из следующих соображений: работа электрического поля в ускоряющем промежутке  $A=eU$  должна быть равна изменению кинетической энергии электронов

$$eU = \Delta E_K = \frac{mV_\tau^2}{2},$$

так как начальная скорость примерно равна нулю. Отсюда

$$V_\tau = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad \text{и} \quad f = \frac{2\pi k}{B} \sqrt{2(m/e)U}. \quad (4)$$

Меняя ток соленоида, подбираем индукцию магнитного поля  $B$  такой, чтобы длина соленоида  $L$ , то есть расстояние от отклоняющих пластин до экрана ЭЛТ, было кратным шагу витка спирали. В этом случае пятно на экране ЭЛТ фокусируется в точку. Магнитное поле соленоида, а его в первом приближении можно считать бесконечно длинным, рассчитываем по формуле

$$B = \mu n i, \quad (5)$$

где  $n$  - число витков соленоида на единицу длины,  $i$  - сила тока в соленоиде. Учитывая (4) и (5), будем иметь:

$$L = \frac{2k\pi}{\mu n i} \sqrt{2U(m/e)}.$$

Удельный заряд электрона, очевидно, будет равен

$$\frac{e}{m} = \frac{8k^2\pi^2U}{\mu_0 n^2 i^2 L^2}. \quad (6)$$

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать цепь, изображенную на рис.3.

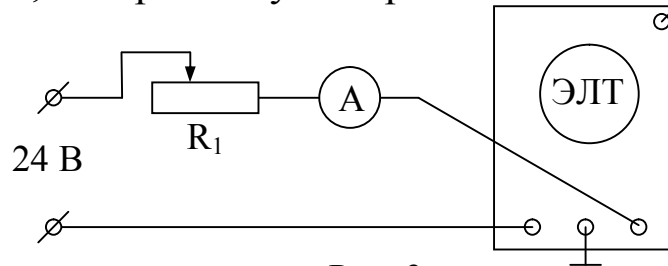


Рис. 3

2. Выставить на магазине сопротивлений  $R_1$  максимальное сопротивление, включить тумблером 2 питание ЭЛТ и ток в соленоиде.

3. Уменьшая сопротивление магазина, добиться минимальных размеров пятна на экране. Записать показания амперметра.

4. Продолжая уменьшать сопротивление (при этом пятно расфокусируется), добиться повторной фокусировки. Записать новое значение тока.

5. Вычислить по (6) удельный заряд электрона  $e/m$ , принимая в первом изменении  $k=1$ , во втором  $k=2$ . Рассчитать погрешности измерения.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие величины характеризуют магнитное поле?
2. Что такое сила Лоренца? Как определить направление силы Лоренца?
3. По какой траектории будет двигаться заряженная частица, влетающая в однородное магнитное поле под углом  $\alpha$  к силовым линиям?
4. Нарисуйте принципиальную электрическую схему установки.
5. Выведите формулу для  $e/m$ .
6. Выведите формулу для расчета погрешности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полунин В.М. Физика. Основные понятия и законы. [Текст]: учебно-методическое пособие / В.М.Полунин, Г.Т.Сычев. Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2002.
2. Савельев, И.В. Курс физики: Учебное пособие в 3-х тт. Т.2 / И.В.Савельев. – СПб: Из-во «Лань», 2007. – 352 с.
3. Федосеев В.Б. Физика: Учебник / В.Б.Федосеев. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 669 с.
4. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие. 7-е изд., стер. / Т.И.Трофимова. – М.: Высшая школа, 2003. – 542 с.
5. Детлаф А.А. Курс физики: Учебное пособие. 4-е изд., испр. / А.А.Детлаф, Б.М.Яворский. - М.: Высшая школа, 2002. – 718 с.