



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Брянский государственный технический университет

Кафедра «Общей физики»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № _____

(название лабораторной работы)

Выполнил студент группы _____

(Ф.И.О)

Отметка о допуске: _____

Отметка о защите: _____

Брянск 20 ____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 31

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА МЕТОДОМ МАГНИТНОЙ ФОКУСИРОВКИ

Цель работы: Определение удельного заряда электрона (отношение заряда электрона к его массе) методом магнитной фокусировки.

Теоретическое введение

Пусть электрон, имеющий постоянную скорость v , попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно его индукции. На электрон со стороны поля будет действовать сила Лоренца.

$$F = evB \sin(\nu, B), \quad (1)$$

направленная перпендикулярно как к вектору скорости, так и к вектору индукции (рис. 1). Так как работа силы Лоренца всегда равна нулю, то кинетическая энергия электрона, а, следовательно, и его скорость, остаются постоянными при движении. Сила Лоренца, будучи перпендикулярной к направлению движения, является центростремительной силой. Движение под действием постоянной по величине центростремительной силы есть движение по окружности. Таким образом, в рассмотренном случае электрон начнет двигаться по окружности, плоскость которой перпендикулярна индукции.

Радиус этой окружности определяется условием.

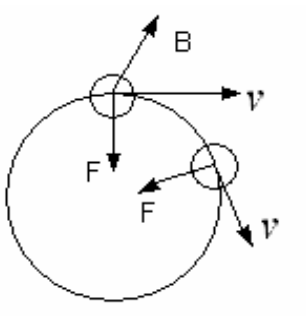


Рис.1

$$evB = \frac{mv^2}{r}; \quad (2)$$

$$r = \frac{v}{\frac{e}{m} \cdot B}; \quad (3)$$

Из формулы (3) может быть найдено время полного обращения частицы по окружности:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\frac{e}{m} \cdot B}; \quad (4)$$

Это время, мы видим, не зависит от скорости частицы. Оно определяется только величиной удельного заряда электрона e/m и индукцией магнитного поля.

Рассмотрим теперь случай, когда начальная скорость электрона v составляет с направлением поля некоторый угол $\alpha < \pi/2$. Разложим ее на две составляющие, одна из которых $v_1 = v \cos \alpha$ параллельна полю, а вторая $v_2 = v \sin \alpha$ перпендикулярна полю (рис.2). На электрон действует сила Лоренца, обусловленная составляющей v_2 , и он движется по окружности, лежащей в плоскости, перпендикулярной к полю. Составляющая v_1 не вызывает появления добавочной силы, так как сила Лоренца при движении заряженной частицы вдоль поля равна нулю (1). Поэтому в направлении поля частица движется по инерции, равномерно, со скоростью $v_1 = v \cos \alpha$.

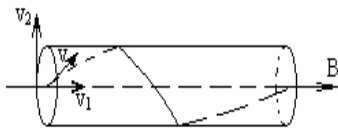


Рис. 2

В результате сложения обоих движений электрон будет двигаться по винтовой линии. Шаг винта при этом $f = v_1 T$. Учитывая формулу (4), получим:

$$f = \frac{2\pi v}{\frac{e}{m} B} \cos \alpha. \quad (5)$$

В нашей работе используется электронно-лучевая трубка, помещенная в однородное магнитное поле (рис.3). Магнитное поле создается соленоидом, по виткам которого протекает ток.

Электроны, вылетающие из раскаленного катода, ускоряются электрическим полем, созданным между катодом и анодом. Пролетев сквозь отверстие в аноде, они двигаются далее по инерции с постоянной скоростью и, попадая на экран трубки, вызывают его свечение. В случае отсутствия магнитного поля расходящийся пучок электронов дает на экране светящееся пятно значительного размера. Если же магнитное поле создано, то каждый из электронов пучка начнет двигаться по винтовой линии, шаг которой определяется формулой (5). Поскольку отверстие в аноде мало, то мал и угол α . При этом $\cos \alpha = 1$ и поэтому шаг винта у всех электронов практически один и тот же.

Таким образом, все электроны, пролетевшие сквозь отверстие в аноде под различными углами с осью пучка снова пересекут ее на расстояниях f и $2f$ и т.д. В этих точках сечение пучка будет наименьшим, т.е. в них электронный пучок будет фокусироваться. Следовательно, если изменять магнитное поле или скорость электронов, то первоначально размытое изображение пучка будет стягиваться в ярко светящееся пятнышко, когда фокусное расстояние f целое число раз укладывается на длине трубки. Условием фокусировки пучка на экране является следующее равенство:

$$L = kf; \quad (6)$$

где k – номер фокуса, L – расстояние от анода до экрана.

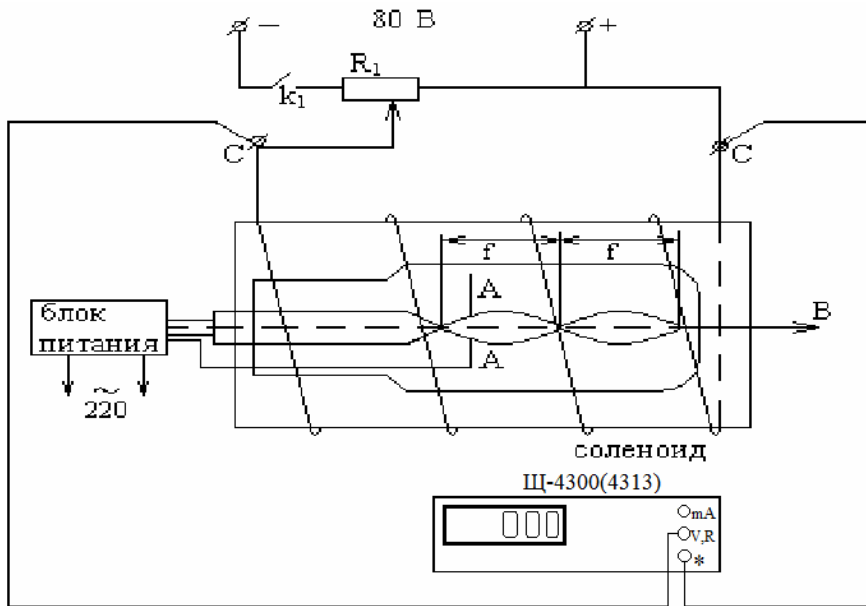


Рис. 3. Схема установки.

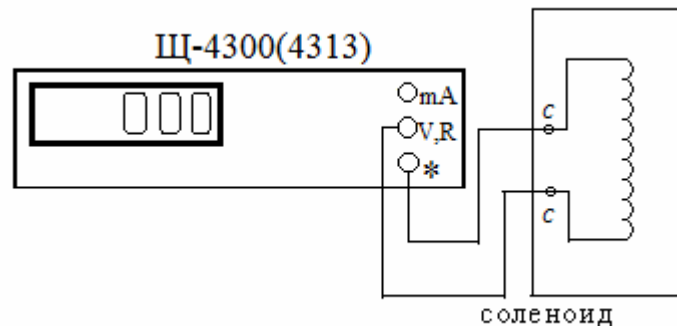


Рис. 4. Схема для определения сопротивления соленоида

Из уравнений (5) и (6) находим

$$\frac{e}{m} = \frac{2\pi vk}{LB}; \quad (7)$$

Скорость электронов определяется разностью потенциалов между катодом и анодом. Так как электроны приобретают кинетическую энергию за счет работы электрического поля, то

$$eU = \frac{mv^2}{2}.$$

Отсюда

$$v = \sqrt{2 \frac{e}{m} U}; \quad (8)$$

Индукция магнитно поля может быть рассчитана по формуле:

$$B = nI\mu\mu_0; \quad (9)$$

где n – число витков на единицу длины соленоида;

I – величина тока;

μ_0 – магнитная проницаемость вакуума. ($4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м);

μ – магнитная проницаемость воздуха. ($\mu=1$).

Из формул (7),(8) и (9) окончательно получим

$$\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U k^2}{L^2 I^2 n^2 \mu^2 \mu_0^2} ; \quad (10)$$

Для питания трубки на одной панели с ней смонтирован блок питания. Он состоит из повышающего трансформатора и выпрямителя. При включении блока питания в сеть переменного тока на катод трубки подается напряжение накала и одновременно на анод – ускоряющее напряжение. Величину тока I находим из формулы (11). Измеряя напряжение U_c и сопротивление соленоида R_c :

$$I = \frac{U_c}{R_c} . \quad (11)$$

Техника безопасности

Перед сборкой схемы убедитесь, что отключено постоянное напряжение на пакетном переключателе.

После включения питания электроустановки запрещается прикасаться к токоведущим частям.

Порядок выполнения работы

Часть 1. Измерение напряжения на соленоиде при трех первых фокусировках электронного луча магнитным полем.

1. Собрать схему согласно рис.3.

Подготовка комбинированного прибора Щ4300 (или Щ4313) к работе и измерению постоянного напряжения.

1. Подключить прибор к сети переменного тока. (220U)
2. Включить клавишу «СЕТЬ».
3. Включить клавишу прибора «V».
4. Включить четвертую кнопку предела измерений «200».
2. Включить блок питания электронной трубки в сеть переменного тока.
3. Убедиться в том, что при отсутствии магнитного поля соленоида светящееся пятно на экране трубки имеет форму прямоугольника.
4. Замкнуть цепь питания соленоида.
5. Установить движок потенциометра R1 в такое положение, при котором на индикаторном табло вольтметра будет «000».

6. Перемещая движок потенциометра, добиться фокусировки электронного пучка. Записать соответствующее значение напряжения.
7. Аналогично получить второй и третий фокусы, отмечая при этом соответствующие значения напряжений. Опыт повторить три раза, занести данные в таблицу.

k	U1	U2	U3	U _{ср}	R _с	I	e/m	e/m ср	e/m табл
1									
2									
3									

8. Выключить питание соленоида (80 В) и отсоединить от щитка шнур блока питания трубки, после чего разобрать схему.

Часть 2. Измерение сопротивления соленоида.

Подготовка комбинированного прибора Щ4300 (или Щ4313) к измерению активного сопротивления:

1. Включить клавишу прибора «R».
2. Включить первую кнопку предела измерений(200).
9. Собрать схему (рис. 4).
10. Измерить сопротивление соленоида.(R_с)
11. Выключить цифровой вольтметр и питание установки.
12. Рассчитать три значения тока соленоида по формуле (11).
13. По формуле (10) рассчитать удельный заряд электрона для каждого фокуса, среднее значение, сравнить с табличным значением и сделать вывод об эффективности данной методики измерения удельного заряда электрона.

Контрольные вопросы

1. Какова траектория электрона, влетевшего в однородное магнитное поле перпендикулярно полю?
2. Какова траектория электрона, если его начальная скорость составляет острый угол с направлением индукций однородного магнитного поля?
3. Как рассчитать индукцию магнитного поля внутри соленоида, в каких единицах она измеряется?
4. Почему магнитное поле фокусирует электронный пучок?
5. Выведите формулу для определения удельного заряда электрона.

Список рекомендуемой литературы

1. Савельев И.В. Курс общей физики. - М.: Наука, 1978, т.2, § 43, 72, 74.
2. Калашников С.Г. Электричество. - М.: Наука, 1985., § 88, 179, 181.