

010305. Определение удельного заряда электрона с помощью ЭЛТ, помещенной в поперечное магнитное поле

Цель работы: изучение характера движения заряженных частиц в однородном магнитном поле и определение удельного заряда электрона в поперечном магнитном поле.

Требуемое оборудование:

Приборы:

- | | |
|--|-------|
| 3. Амперметр-вольтметр АВ1 | 1 шт. |
| 2. Блок для определения удельного заряда электрона ЕМ1-2 | 1 шт. |
| 4. Комплект проводников | 1 шт. |

Краткое теоретическое введение

На движущуюся заряженную частицу действуют сила Кулона (со стороны электрического поля) и сила Лоренца (со стороны магнитного поля).

$$\vec{F}_r = -e\vec{E} \quad (1)$$

$$\vec{F}_L = -e[\vec{V}, \vec{B}] \quad (2)$$

где e – заряд электрона, E - индукция электрического поля, B - индукция магнитного поля, V - скорость электрона.

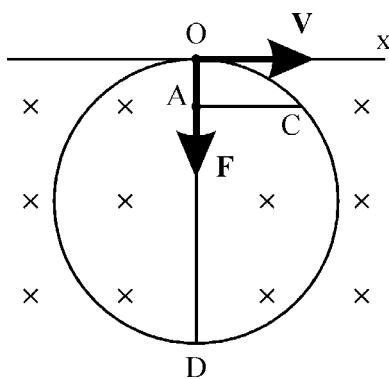


Рис. 1.

Рассмотрим движение электрона в однородном магнитном поле (рис.1). Линии индукции поля направлены перпендикулярно чертежу, от нас. Допустим, что движение электрона происходит в плоскости чертежа (в точке О его скорость совпадает с осью ОХ).

$$F_L = e \cdot B \cdot V \quad (3)$$

Эта сила перпендикулярна скорости движения электрона и поэтому является центростремительной. Она изменяет скорость только по направлению и создаёт центростремительное ускорение $a = V^2/R$. В силу этого электрон будет перемещаться по окружности радиуса R .

Второй закон Ньютона в данном случае запишется в виде:

$$F = m \cdot a \quad (4)$$

следовательно:

$$e \cdot B \cdot V = \frac{m \cdot V^2}{R}, \text{ откуда}$$

$$R = \frac{m \cdot V}{e \cdot B} \quad (5)$$

Величину отклонения ОА (рис.1) электрона от оси ОХ, полученную благодаря действию магнитного поля, легко определить, если использовать теорему о том, что перпендикуляр АС, опущенный из точки С окружности на диаметр ОД, является средним пропорциональным между отрезками ОА и АД диаметра ОД, то есть

$$(AC)^2 = (OA) \cdot (AD) \quad (6)$$

Или, обозначая $OA = y$; $AC = L$; $OD = 2R$, имеем:

$$L^2 = y \cdot (2R - y) \quad (7)$$

Отсюда получаем:

$$R = \frac{L^2 + y^2}{2y} \quad (8)$$

В эксперименте электроны до влета в магнитное поле разгоняются в электрическом поле, имеющем разность потенциалов U , в котором приобретают кинетическую энергию,

$$m \cdot V^2/2 = e \cdot U \quad (9)$$

Формулы (5) и (10) не учитывают того обстоятельства, что масса электрона возрастает с увеличением его скорости, согласно теории относительности. Из расчётов получается, что для ускоряющих напряжений меньше 5000 В, приобретённая скорость будет изменять массу меньше 1%. Следовательно можно не учитывать поправку на изменение массы.

Из формул (5) и (9), учитывая (8) получим

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 \cdot R^2} = \frac{2U}{B^2 \cdot \left(\frac{L^2 + y^2}{2y}\right)^2} = \frac{8U \cdot y}{B^2 \cdot (L^2 + y^2)^2} \quad (10)$$

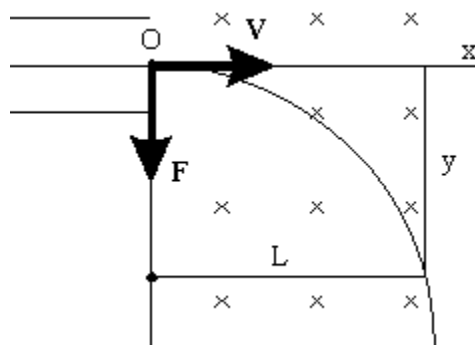


Рис. 2.

Методика проведения экспериментов

В данной работе используется электронно-лучевая трубка осциллографа, помещенная внутри соленоида, создающего магнитное поле, направленное поперёк оси трубки. Соленоид выполнен в форме катушек Гельмгольца и расположен на участке между ускоряющим анодом и экраном.

Электроны, эмитируемые раскалённым катодом трубки, ускоряются вдоль её оси приложенным напряжением U до энергии выражения (9). И приобретают скорость

$$V = \sqrt{\frac{2e \cdot U}{m}} \quad (11)$$

Зная расстояние между отклоняющими пластинами и экраном L , а также отклонение луча y на экране, можно определить удельный заряд электрона.

Проследим, как будет смещаться линия на экране при появлении магнитного поля, направление которого перпендикулярно оси трубки осциллографа (рис. 1, приложение). По мере увеличения магнитного поля уменьшается радиус R (формула (5)), по которой электроны движутся в магнитном поле до экрана.

Индукция магнитного поля соленоида определяется по формуле:

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot I \cdot \frac{N}{l} = \mu \cdot \mu_0 \cdot I \cdot n \quad (12)$$

где $\mu = I$ – относительная магнитная проницаемость воздуха;

$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м- магнитная постоянная;

I – ток в катушке, А;

N – число витков в катушке;

l – длина катушки, м;

n – плотность намотки, витков/м;

Так как данная формула справедлива для бесконечно длинного соленоида, то в расчетах будем использовать $n_{экр}$, учитывающую конечные размеры катушек.

Рекомендуемое задание к работе

1. Собрать схему. Регуляторы «Уст. I» и «Смещение луча» вывести в крайнее левое положение.
2. Включить прибор и амперметр-вольтметр. Через 1-2 минуты (после прогрева) регуляторами «Яркость» и «Фокусировка» получите четкое изображение линии на экране. Регулятором «Смещение луча» вывести линию в центр экрана.
3. Снять зависимость $y(I)$. Для этого регулятором «Уст. I» добейтесь смещения линии на 1 риску.
4. Аналогично пункту 3, через каждую риску провести замеры, до края экрана.
5. Рассчитать B по формуле 15.
6. По формуле 10 рассчитать e/m для всех значений y .
7. Вычислить среднее значение e/m , сравнить с теоретическим значением.

февраль 2011

НГТУ, НИЛ ТЭ: 630092 г. Новосибирск, пр. К. Маркса 20,

тел./факс (383) 346-06-77 сот. 89139145981

E-mail: info@opprib.ru

Сайт: www.opprib.ru