

РАБОТА 20 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА

Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является изучение движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях и определение удельного заряда электрона.

Экспериментальное оборудование, приборы и принадлежности

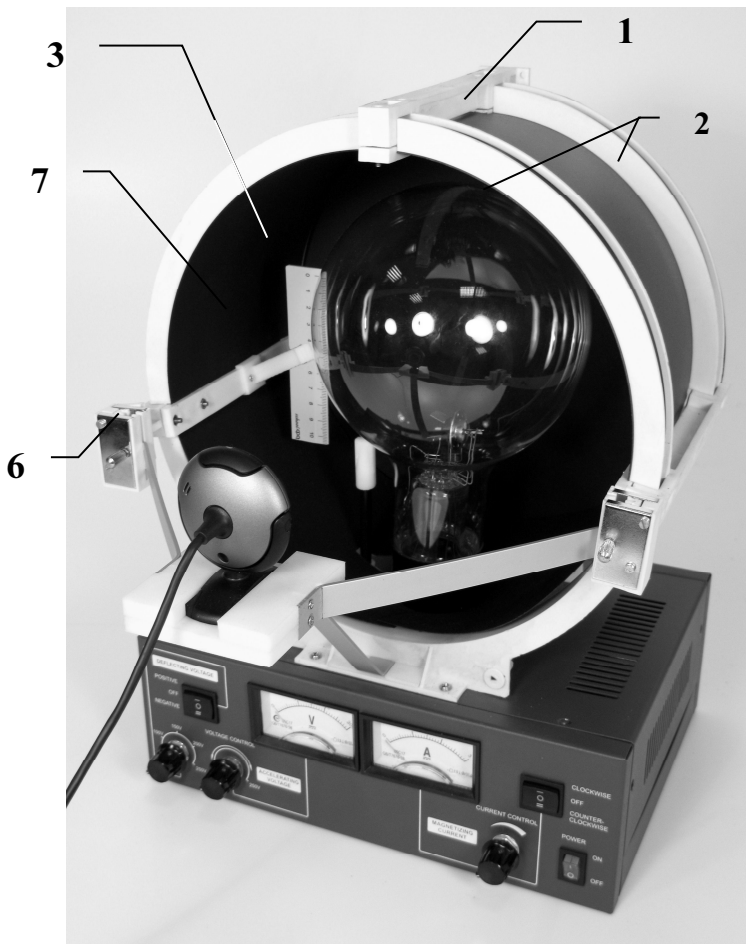


Рис.1

Лабораторный стенд (рис.1) представляет собой заключенные в непрозрачный кожух 1 систему катушек Гельмгольца 2, внутри которой установлена электронная лампа 3 с электронной пушкой. В установку входят блок питания электронной пушки и катушек Гельмгольца 4. *Катушки Гельмгольца содержат $n = 180$ витков. Радиус катушки $R = 135$ мм.*

Исследуемые закономерности

Катод 1 электронной пушки (рис.2 а, в), подключенный к источнику питания, при пропускании по нему электрического тока, накаливается и, в результате термоэлектронной эмиссии, испускает электроны со средней кинетической энергией

$$\frac{mv_0^2}{2} \approx \frac{3}{2}kT$$

Между катодом и анодом приложена разность потенциалов U , ускоряющая электроны. По закону сохранения энергии скорость v электронов, достигающих анода, определяется формулой

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = eU \quad (1)$$

При $U \sim 10^2 - 10^4$ В $\frac{mv_0^2}{2} \ll eU$ и с достаточной степенью точности можно полагать, что

$$\frac{mv^2}{2} = eU \quad (2)$$

Отсюда скорость вылета электронов из электронной пушки равна:

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad (3)$$

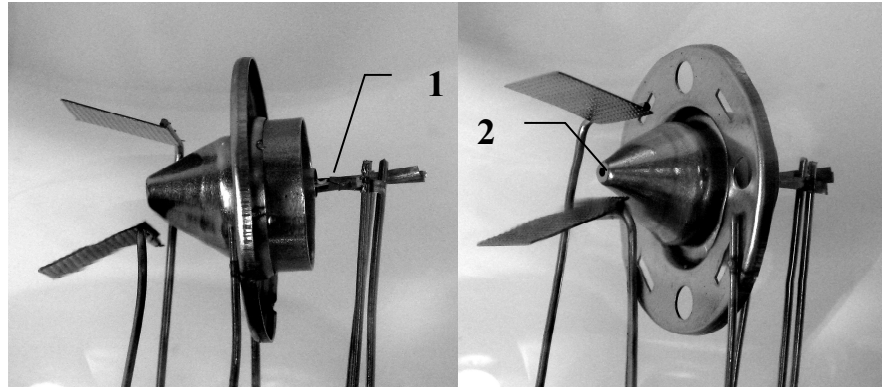


Рис.2

а)

в)

Анод 2 электронной пушки (рис.2) – металлический конус с узким отверстием. Это отверстие выделяет тонкий пучок «монохроматических», т.е. обладающих практически одинаковыми по величине и направлению скоростями, электронов. Так устроена электронная пушка или электронный прожектор в лабораторной установке.



Рис.3

Газ низкого давления, находящейся в стеклянной колбе лампы (рис.3), в которой располагается электронная пушка, под действием пучка электронов ионизируется и испускает заметное зеленоватое свечение в месте локализации пучка электронов.

Лампа с электронной пушкой помещена в центр системы катушек Гельмгольца и находится в области с однородным магнитным полем. Магнитная индукция, ориентированная вдоль оси катушек, направлена перпендикулярно электронному пучку, генерируемому

пушкой.

На заряд e , движущийся со скоростью v в однородном магнитном поле с индукцией B , магнитное поле действует с силой Лоренца

$$\vec{F} = [\vec{v}, \vec{B}] e \quad (4)$$

В соответствии с формулой (4) сила Лоренца направлена перпендикулярна плоскости, в которой расположены векторы \vec{v} и \vec{B} , и, как следствие, не совершает работы над частицей и не меняет ее скорости. Ее модуль равен

$$F_n = evB \sin \varphi, \quad (5)$$

где φ – угол между векторами v и B .

При движении заряда e перпендикулярно направлению однородного магнитного поля заряд приобретает постоянное по модулю нормальное ускорение

$$a_n = \frac{F_n}{m} = \frac{e}{m} v B \quad (6)$$

При этом траекторией движения электрона будет окружность. Согласно второму закону Ньютона

$$e v B = m \frac{v^2}{r}, \quad (7)$$

Из уравнения (7) можно выразить радиус окружности r , по которой движется электрон

$$r = \frac{m v}{e B} \quad (8)$$

Из формул (3) в (8) получается выражение для удельного заряда - отношения заряда частицы к ее массе – e/m :

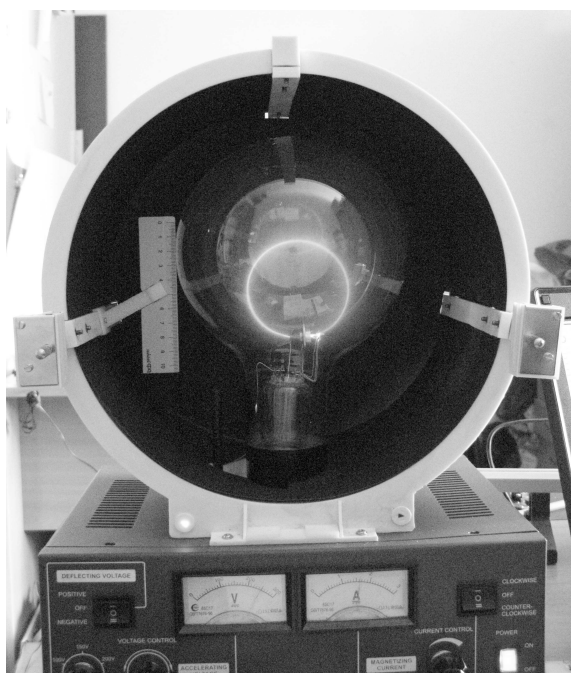


Рис.4

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 B^2}, \quad (9)$$

откуда

$$\frac{1}{r} = \frac{e B^2}{2mU} \quad (10)$$

Как следует из формулы (10) радиус окружности r , по которой изгибается электронный пучок в магнитном поле (рис.4), зависит от ускоряющего напряжения U , магнитной индукции B поля и удельного заряда частицы (отношения заряда частицы к ее массе – e/m).

Описание лабораторной установки

Кроме перечисленных в разделе 3 компонентов, в состав лабораторной установки входит линейка с миллиметровой шкалой 7 (рис. 1). Она предназначена для определения диаметра окружности, образованной светящимся газом на пути электронного пучка.

Порядок проведения лабораторной работы

1. Установите переключатель направления тока в катушках переключатель отклоняющее напряжение в нейтральное положение. Включите прибор (переключатель «сеть») и дайте ему прогреться в течение 10 минут.
2. Установите максимальное значение ускоряющего напряжения на электронной пушке, повернув соответствующий регулятор на передней панели корпуса установки вправо до упора (250В). При этом будет четко виден электронный пучок в магнитном поле.
3. Переключатель (направление тока) в катушках установите в положение «вниз», что соответствует направлению тока в катушках против часовой стрелки, на что указывают стрелки на панели прибора рядом с выключателем. С помощью регулятора тока в катушках, изменяя его значение от 0,7 А до 1,5 А наблюдаем изменение радиуса окружности, по которой изгибается электронный пучок в магнитном поле.
4. Установите силу тока в катушках 1,5 А. Для трех значений ускоряющего напряжения в диапазоне от 150 В до 250 В с помощью линейки измерить значение диаметра траектории электронного пучка. Результаты наблюдений занести в протокол и оформить в виде таблицы.
5. Измерения согласно пункта 4 повторите еще для трех значений силы тока, изменяя ее в диапазоне от 0,7 А до 1,5 А.

Обработка результатов измерений

1. Зная параметры катушек Гельмгольца и величину измеренного тока, по формуле
$$B = \frac{2\mu_0 nIR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} = \frac{2\mu_0 nIR^2}{2(R^2 + (R/2)^2)^{3/2}} = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 nI}{R}$$
 рассчитайте значение индукции магнитного поля.
2. Для рассчитанных значений индукции магнитного поля построить экспериментальную зависимость $1/r^2$ от $(B^2/2U)$.
3. По построенной линейной зависимости определить значение удельного заряда электрона.
4. Оценить погрешность изменения удельного заряда.

Контрольные вопросы

1. Как определить величину и направление силы Лоренца?
2. Как определить радиус движения электрона в однородном магнитном поле?
3. Как определить величину и направление силы, действующей на частицу, движущуюся в электрическом и магнитном полях?
4. Как определить траекторию движения частицы в электрическом и магнитном полях?