

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №62

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА
МЕТОДОМ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа № 62

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА
МЕТОДОМ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Цель работы – определить удельный заряд электрона с помощью магнетрона.

Приборы и принадлежности: электронная лампа – магнетрон, соленоид, источники питания электронной лампы и соленоида, амперметр, миллиамперметр, вольтметр, реостат, потенциометр.

Общие положения

Удельным зарядом электрона называется отношение заряда к его массе. В данной работе для определения удельного заряда электрона используют магнетрон. Магнетрон представляет собой вакуумную электронную лампу (диод) с цилиндрическим анодом и коаксиальным к нему катодом. Лампа помещается в однородное магнитное поле, направленное параллельно оси анода. Магнитное поле создается соленоидом, питаемым постоянным током. С помощью этого поля осуществляется управление анодным током магнетрона.

В отсутствие внешнего магнитного поля ($B=0$, рис. 1) электроны, испускаемые раскаленным катодом, под действием электрического поля движутся на анод по радиальным траекториям. В режиме насыщения диода все электроны, вылетающие с поверхности катода, достигают анода.

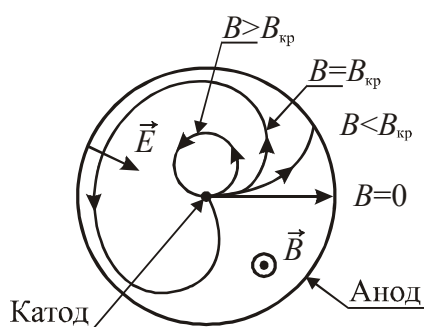


Рисунок 1

В магнитном поле траектории электронов искривляются под действием силы Лоренца. Магнитное поле отклоняет электроны в направлении, перпендикулярном направлению вектора скорости электронов. Движение электрона приобретает сложный характер, т.е. его траектория представляет собой линию с изменяющейся кривизной (рис. 1).

При возрастании индукции магнитного поля траектории электронов будут всё больше искривляться и, начиная с некоторого критического значения индукции магнитного поля $B_{кр}$, они не будут достигать анода. При этом электроны возвращаются на катод, и анодный ток резко уменьшается. На рис. 2 приведена примерная зависимость анодного тока магнетрона от тока соленоида, определяющего индукцию магнитного поля.

Следует отметить, что на зависимости $I_a=f(I_c)$ не наблюдается вертикального спада анодного тока при $B=B_{кр}$, а имеет место лишь крутой спад этой кривой. Крутизна спада анодного тока обусловлена как неодинаковой скоростью термоэлектронов, так и другими факторами (отклонение электродов от правильной цилиндрической формы, нарушение их симметрии, а также краевые

эффекты, возникающие вследствие того, что соленоид, катод и анод лампы имеют конечную длину).

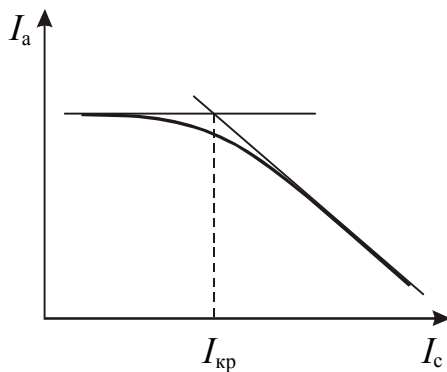


Рисунок 2

Будем считать, что электрическое поле между катодом и анодом однородно. Электрическое поле совершает работу по перемещению электрона. При этом он получает кинетическую энергию, которая численно равна работе поля.

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

На электрон со стороны магнитного поля действует сила Лоренца

$$F = evB.$$

Эта сила сообщает электрону центростремительное ускорение. По второму закону Ньютона

$$evB = \frac{mv^2}{R}, \quad (2)$$

где R – радиус кривизны траектории электронов; e – заряд электрона.

Исключив из равенств (1) и (2) скорость электрона v , получим

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{R^2 B^2}. \quad (3)$$

Полагая, что радиус катода r значительно меньше радиуса анода ($r \ll R_a$), можно считать, что при $B = B_{кр}$ электрон движется по окружности, радиус которой равен половине радиуса анода, $R = \frac{R_a}{2}$.

Индукцию магнитного поля соленоида можно рассчитать по формуле:

$$B_{кр} = \mu_0 \frac{I_{кр} N}{l} \quad (4)$$

где N – число витков соленоида; l – длина соленоида; $I_{кр}$ – сила тока через соленоид, соответствующая $B_{кр}$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная.

Подставив значения R и $B = B_{кр}$ в выражение (3), получим формулу для расчёта удельного заряда электрона:

$$\frac{e}{m} = \frac{8U l^2}{\mu_0^2 I_{кр}^2 N^2 R_a^2}. \quad (5)$$

Описание экспериментальной установки

На рис. 3 представлена электрическая схема установки, с помощью которой выполняется измерение удельного заряда электрона.

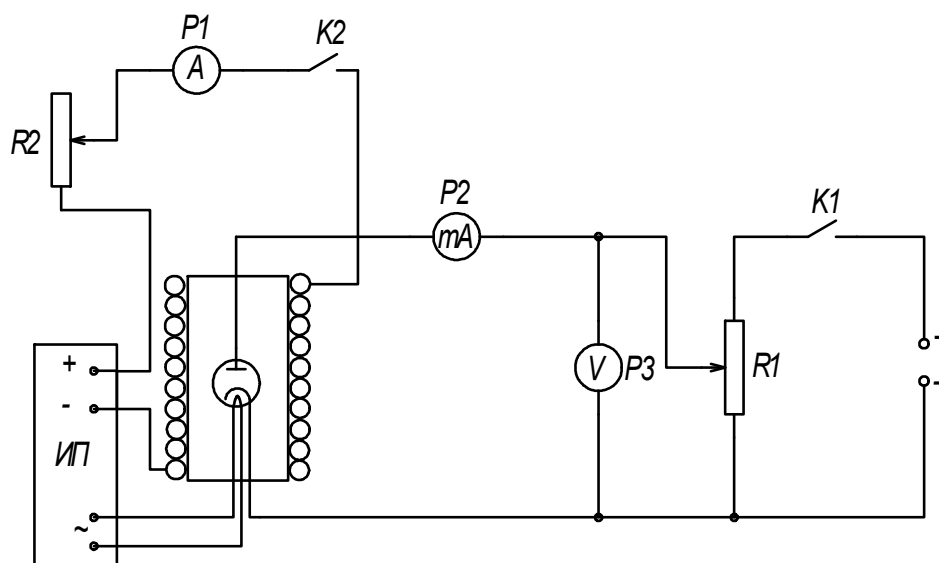


Рисунок 3

В схеме использован цилиндрический диод с катодом косвенного подогрева переменным током. Питание магнетрона (анодное напряжение U_a) осуществляется от источника питания постоянного тока. Потенциометр $R1$ и вольтметр V ($P3$) служат для регулировки и измерения анодного напряжения. Анодный ток измеряется с помощью миллиамперметра mA ($P2$). Цепь соленоида состоит из источника питания, амперметра A ($P1$) и реостата $R2$, предназначенного для изменения тока в соленоиде.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие физические величины измеряются непосредственно?
3. По какой формуле Вы будете рассчитывать удельный заряд электрона? Поясните смысл обозначений.
4. Какие графики необходимо построить по результатам работы?
5. Как, пользуясь графиком $I_a=f(I_c)$, определить критическое значение тока соленоида?

Выполнение работы

1. Определить цену деления приборов (вольтметра, амперметра и миллиамперметра). Записать значения радиуса анода R_a , длины соленоида l , количества витков N , которые указаны на установке.
2. Включить электропитание установки.

3. Установить реостатом $R1$ анодное напряжение $U_a=5$ В (если другое значение не указано преподавателем), измерить ток анодной цепи I_a . Затем включить в цепь соленоид и, повышая реостатами $R2$ и $R3$ ток соленоида с наименьшим шагом, который позволяет установка, фиксировать величину тока анода I_a для каждого значения тока соленоида I_c . Ток соленоида изменять во всем диапазоне его изменения, получив 12-15 точек.
4. Повторить опыт для анодного напряжения $U_a=6$ В и $U_a=7$ В (если другие значения не указаны преподавателем).

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Построить график зависимости анодного тока от тока соленоида $I_a=f(I_c)$ для каждого значения анодного напряжения.
2. По графику определить значение критического тока $I_{кр}$ (см. рис. 2) для каждого анодного напряжения.
3. Рассчитать удельный заряд электрона e/m по формуле (5) для каждого анодного напряжения.
4. Рассчитать среднее значение удельного заряда электрона.
5. Рассчитать абсолютную погрешность $\Delta\left(\frac{e}{m}\right)$ как для прямых измерений.
6. Найти относительную погрешность измерений. Окончательный результат записать в стандартном виде

$$\frac{e}{m} = \left(\frac{e}{m}\right)_{\text{ср}} \pm \Delta\left(\frac{e}{m}\right)$$

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Что называется удельным зарядом?
2. Что представляет собой магнетрон?
3. Какая сила действует на электрон, движущийся в магнитном поле? Запишите соответствующую формулу. Как определяется направление этой силы?
4. Какую траекторию описывает электрон при различных значениях индукции магнитного поля в магнетроне?
5. Сравните полученное значение удельного заряда электрона с табличным значением. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 62

Выполнил(а) _____

Группа _____

Определение цены деления приборов

№ п/п	Прибор	Предел подключения с указанием единицы измерения	Число делений на шкале прибора	Цена деления с указанием единицы измерения
1	Вольтметр			
2	Миллиамперметр			
3	Амперметр			

Радиус анода $R_a =$ _____Длина соленоида $l =$ _____Число витков соленоида $N =$ _____

№ п/п	$U_a =$		$U_a =$		$U_a =$	
	I_c, A	I_a, mA	I_c, A	I_a, mA	I_c, A	I_a, mA
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

Дата _____

Подпись преподавателя _____