



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 № 32 ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА

Цель работы: определение удельного заряда электрона (отношение заряда к его массе).

Теоретическое введение

Эта задача решается с помощью схемы, приведенной на рис.1, основной частью которой является двухэлектродная лампа с цилиндрическим анодом и прямолинейным катодом, расположенным по оси анода. Диод помещен в магнитное поле.

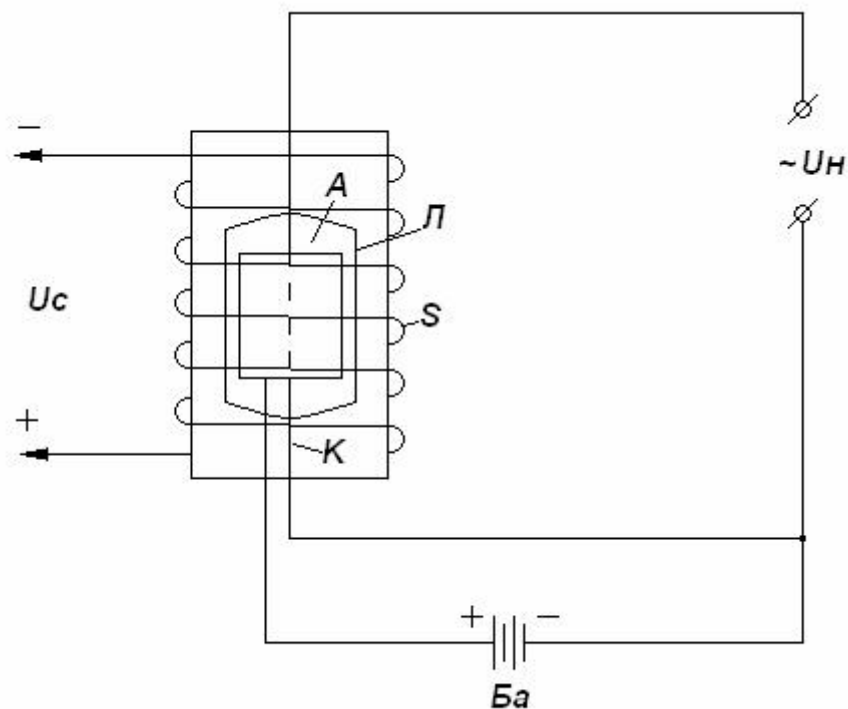


Рис. 1

Магнитное поле с силовыми линиями параллельными катоду создается с помощью соленоида S, охватывающего диод. Батарея Ba создает между катодом и анодом электрическое поле, которое при используемой форме электродов является радиальным. Электроды, покидающие катод вследствие эмиссии, под действием радиального электрического поля летят к аноду (рис. 2а). При наложении магнитного поля, направленного перпендикулярно электрическому (нормально скорости электронов), под действием силы Лоренца траектория электронов искривляется. На рис. 2б показана траектория электрона при слабом магнитном поле. При такой величине магнитного поля все электроны достигают анода.

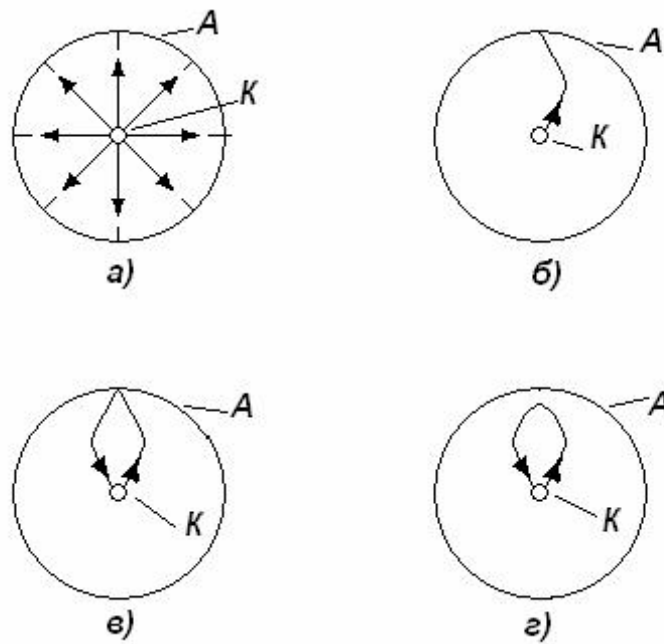


Рис.2

С увеличением индукции магнитного поля B радиус кривизны траектории уменьшается.

$$r = \frac{m * v}{e * B}$$

При некотором значении B , которое называется критическим, т.е. $B=B_{кр}$ траектории электронов имеют вид кривой, показанной на рисунке 2в, то есть касающиеся поверхности анода. При этом еще все электроны достигают анода. Дальнейшее увеличение индукции приведет к уменьшения радиуса кривизны траектории настолько, что электроны, не долетая до анода, будут возвращаться к катоду (рис. 2г), анодный ток при этом прекратиться. Как известно, при движении заряженной частицы в магнитном поле с постоянной скоростью, направленной перпендикулярно силовым линиям, траектория движения электрона имеет более сложный вид, чем окружность (рис. 2г). Причиной отступления электрона по величине. Величина скорости по мере приближения электрона к аноду под действием радиального электрического поля возрастает до некоторого V_{max} , зависящего от напряжения U между анодом и катодом.

Зависимость анодного тока I_a от тока в соленоиде I_c , т.е. $I_a=f(I_c)$, в случае, если бы все электроны имели одинаковые скорости, должна была бы предоставлять прямую СД (рис. 3), параллельную оси абсцисс. В точке Д, абсцисса которой $I_{кр}$, характеристика должна обрываться, т.е. анодный ток должен стать равным нулю.

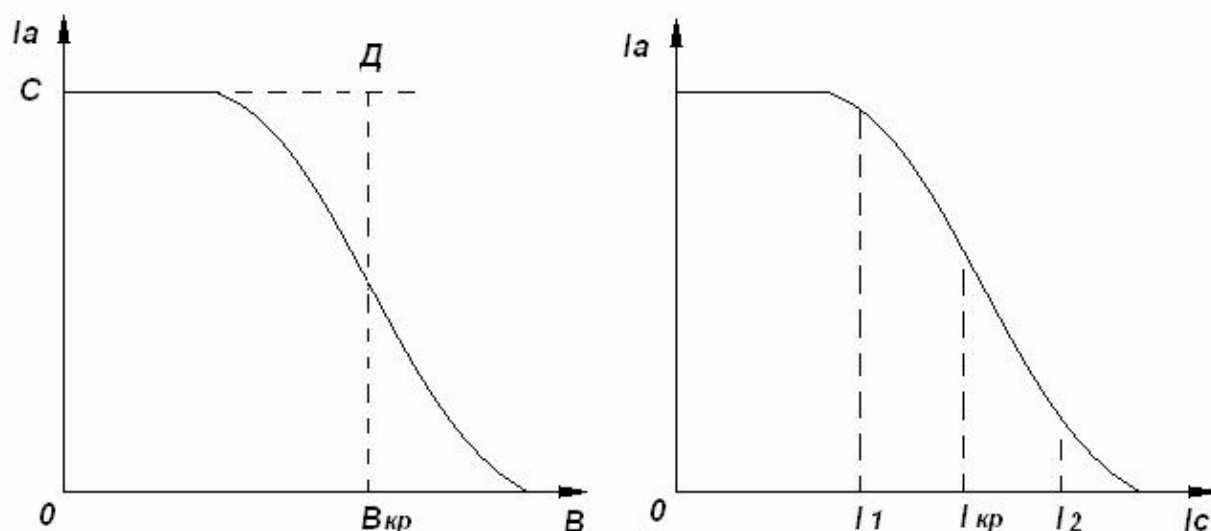


Рис. 3

Однако на практике получаются кривые $I_a = f(I_c)$, которые не имеют резкого спада вниз, они монотонно убывают. Это объясняется тем, что электроны, движущиеся от анода к катоду, имеют разные скорости. Более медленные электроны перестают попадать на анод при меньших значениях B , чем быстрые. Кроме того, есть некоторое отступление от симметрии в расположении электродов, которое тоже является причиной размытости спада характеристики. Определим зависимость между отношением заряда электрона к этой массе e/m и критической индукцией магнитного поля $B_{кр}$. На заряд e , движущийся со скоростью v в магнитном поле с индукцией B , действует сила Лоренца:

$$F = evB \sin \alpha ; (2)$$

где α - угол между направлениями скорости v и индукции B магнитного поля. В данном случае $v \perp B$, следовательно $\sin \alpha = 1$, тогда:

$$F = evB ; (3)$$

Сделаем следующие упрощающие допущения:

1. Нить катода очень тонка, и ее диаметром можно пренебречь по сравнению с диаметром анода.
2. Электрон движется с постоянной скоростью. Тогда траектория движущегося электрона будет представлять окружность, по которой движется электрон под действием силы Лоренца, являющейся центростремительной силой.
3. Величина скорости, приобретенной электроном, определяется величиной напряжения между катодом и анодом.

Сделанные допущения позволяют написать следующие равенства:

$$eUB = \frac{mv^2}{r} \quad (4)$$

где r – радиус окружности, по которой движется электрон; m – масса электрона. Скорость электрона определим из условия, что кинетическую энергию он приобретает за счет работы сил электрического поля.

$$\frac{mv^2}{2} = eU \quad (5)$$

где U – напряжение между катодом и анодом. Решая систему уравнений (4) и (5), получаем:

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 B^2} \quad (6)$$

При значении магнитного поля в соленоиде, определяемой величиной магнитной индукции равной $B_{кр}$, радиус кривизны траектории будет критическим (рис. 2в). Из рисунка видно, что $r_{кр}$ можно с небольшой ошибкой принять равным половине радиуса ввода, т.е.

$$r_{кр} = r/2 \quad (7)$$

Сделав подстановку выражения (7) в формулу (6), получим:

$$\frac{e}{m} = \frac{8U}{R^2 B_{кр}^2} \quad (8)$$

Для длинного соленоида индукция магнитного поля определяется формулой:

$$B = \mu\mu_0 I_{кр} n \quad (9)$$

где μ_0 – магнитная постоянная в единицах СИ, равная

$$4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$$

μ – относительная магнитная проницаемость среды, $I_{кр}$ – сила тока в соленоиде и n – число витков на единицу длины соленоида.

Подставляя значение $B_{кр}$ из выражения (9) в формулу (8), получим:

$$\frac{e}{m} = \frac{8U}{I_{кр}^2 R^2 \mu_0^2 \mu^2 n^2} \quad (10)$$

Электрическая схема установки

Напряжение между анодом и катодом лампы U_2 подается через потенциометр R_a и измеряется вольтметром V . Величина анодного тока измеряется микроамперметром AI . U_n – напряжение в цепи накала. Ток накала измеряется амперметром A_3 . Ось соленоида S должна совпадать с осью лампы (катодом). Ток к соленоиду подводится через реостат R_c и измеряется миллиамперметром A_2 .

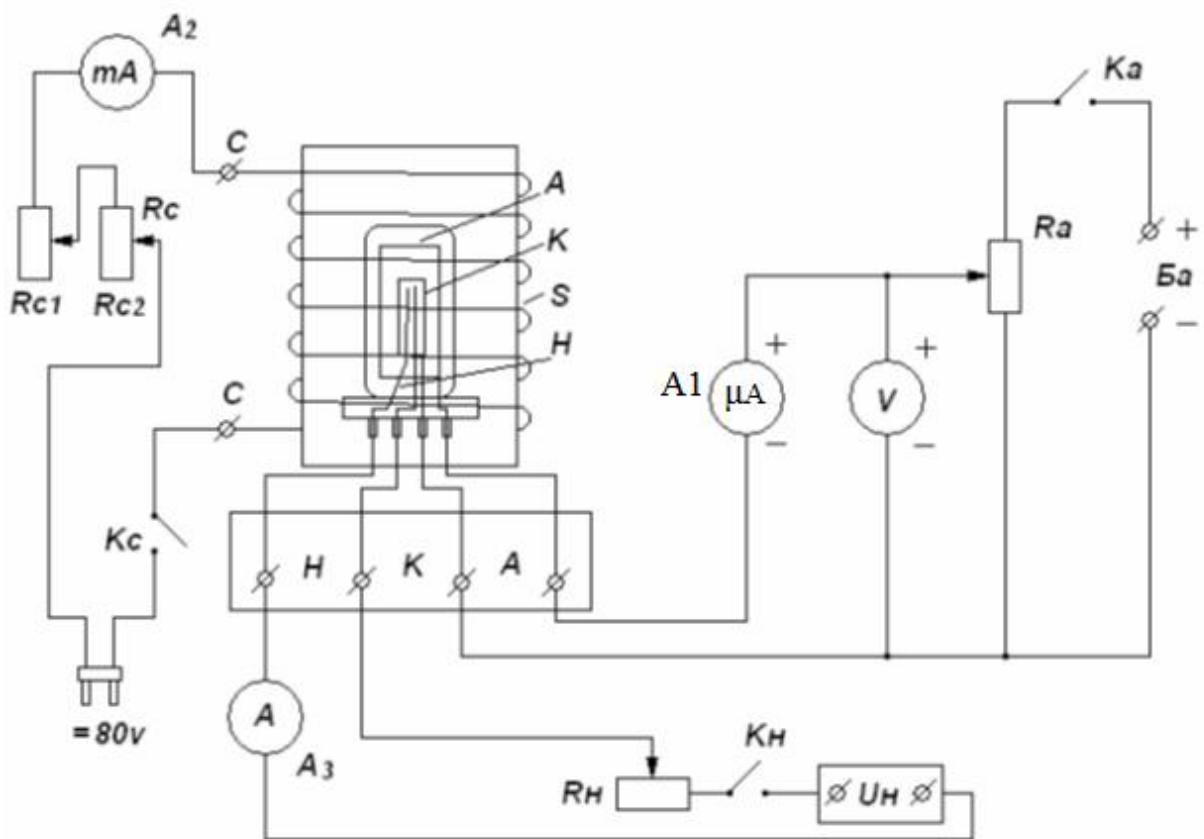


Рис. 4

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме (рис. 4). Реостаты R_{c1} и R_{c2} поставить на наибольшее сопротивление, потенциометр R_a в среднее положение.
2. Ключом K_n включить накал лампы, реостатом R_n установить необходимый ток накала.
3. Ключом K_a замкнуть анодную цепь. Потенциометром R_a установить анодное напряжение U_a , которое во все время опыта должно оставаться неизменным. Стрелка микроамперметра A_1 , измеряющего анодный ток, будет отклоняться, а через некоторое время (когда температура катода перестанет повышаться) анодный ток примет большее значение.
4. Ключом K_c включить ток в цепи соленоида и менять его величину с помощью реостатов R_c от 0 до $I_c = 600 \mu A$ через $50 \mu A$, записывая при этом значение силы тока как в цепи соленоида, так и в анодной цепи, произвести измерение в обратном направлении. Найти среднее значение тока соленоида I_c .
5. Выключить питание электроустановки.

6. По полученным данным построить график зависимости силы анодного тока I_a от силы тока в соленоиде I_c . График построить на миллиметровой бумаге, откладывая по оси абсцисс I_c , а по оси ординат I_a .
7. По полученной кривой определяют $I_{кр}$. Для этого находят на характеристики такой участок, на котором крутизна наибольшая, и проектируют его на ось абсцисс. Проекция этого участка кривой на ось абсцисс представляет собой разброс значений тока $\Delta I_{кр}$, а спроецировав среднюю точку этого участка на ось абсцисс, получим $I_{кр}$.
8. Подставить найденное по графику значение $I_{кр}$ в формулу (10) и подсчитать удельный заряд электрона e/m .
9. Полученное значение удельного заряда электрона сравнить с табличным.
10. Вычислить погрешность измерения.

Техника безопасности

После включения питания электроустановки запрещается прикасаться к токоведущим частям.

Контрольные вопросы

1. Почему Ларинцева сила является центростремительной?
2. Каковы особенности вида траектории электрона в двухэлектродной лампе, помещенной в магнитное поле?
3. Объяснить вид графика зависимости анодного тока от тока в цепи соленоида.
4. Чем определяется скорость электрона в лампе?
5. Является ли удельный заряд e/m величиной постоянной?
6. Указатель недостатка метода, применяемого в данной работе для определения удельного заряда.

Список рекомендуемой литературы

1. Савельев И.В. Курс общей физики. - М.: Наука, 1978, т.2., § 41, 72.
2. Калашников С.Г. Электричество. - М.: Наука, 1985, § 88, 179, 182, 184.