

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА

Цель работы: определение удельного заряда электрона при помощи электронно-лучевой трубки и электронной лампы.

Методические указания

Удельным зарядом называется величина, измеряемая отношением электрического заряда электрона к его массе q/m .

На движущийся в магнитном поле заряд действует магнитная сила Лоренца

$$\vec{F}_L = q[\vec{v}, \vec{B}], \quad (1)$$

где q – заряд; \vec{v} – его скорость; \vec{B} – индукция магнитного поля.

В случае движения электрона ($q=e$) перпендикулярно магнитному полю уравнение (1) в скалярной форме имеет вид:

$$F_L = evB \quad (2)$$

или

$$F_L = \mu_0 evH,$$

так как $B = \mu_0 H$. В вакууме и в воздухе относительная магнитная проницаемость $\mu = 1$.

Поскольку сила \vec{F}_L перпендикулярна \vec{v} и \vec{H} , то движение электрона будет происходить по дуге окружности в плоскости, перпендикулярной \vec{H} .

Сила Лоренца играет роль центростремительной силы $\vec{F}_L = \vec{F}_Ц$ и, следовательно,

$$\mu_0 evH = \frac{mv^2}{R}, \quad (3)$$

где m – масса электрона; R – радиус дуги окружности.

Скорость электрона можно определить, зная ускоряющую разность потенциалов U и работу электрического поля A , в котором электрон разгоняется, приобретая кинетическую энергию:

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

Тогда скорость электрона

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}. \quad (4)$$

Из формул (3) и (4) получаем

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{\mu_0^2 H^2 R^2}. \quad (5)$$

Формула (5) может быть использована для расчета удельного заряда электрона.

Описание лабораторной установки

Определение удельного заряда электрона производится с помощью электронной лампы, помещенной в магнитное поле.

Схема установки представлена на рис. 1. Внутри соленоида находится вакуумная электронная лампа с катодом цилиндрической формы, расположенным коаксиально аноду и параллельно магнитным силовым линиям; БП_С, БП_А, БП_{нити накала} – источники питания соленоида, анода и накала соответственно; А – амперметр для контроля тока в соленоиде; мкА – микроамперметр для измерения тока в баллоне электронной лампы. Он включен в схему под панелью, наружные клеммы отсутствуют. Изменения токов и подаваемого напряжения производится с помощью рукояток на панелях источников питания. Источник питания соленоида имеет две рукоятки для точной и грубой установки силы тока.

При наличии разности потенциалов между анодом и катодом в анодной цепи устанавливается некоторый ток (ток насыщения). Ток насыщения обусловлен электронами, летящими от катода

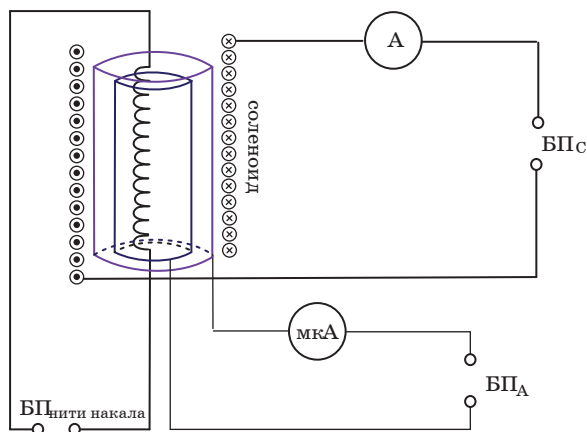


Рис. 1

к аноду по радиальным направлениям. При включении тока в цепи соленоида электроны оказываются в магнитном поле, вектор напряженности которого \vec{H} перпендикулярен вектору скорости движения электрона \vec{v} . Напряженность магнитного поля H пропорциональна величине тока соленоида I_C . Траектории движения каждого электрона искривляются и при некоторой силе тока в соленоиде I_C превращаются в замкнутые окружности. Электроны в этом случае на анод не попадают, и анодный ток резко уменьшается (теоретически до нуля). Зная расстояние от катода до анода, можно определить радиус кривизны R траектории электрона (радиус лоренцевой орбиты)

$$R = \frac{r_a - r_k}{2}. \quad (8)$$

Определив экспериментально силу тока в соленоиде I_C , при которой анодный ток резко уменьшается, можно рассчитать критическое значение напряженности магнитного поля H_K

$$H_K = n_0 I_C, \quad (9)$$

где n_0 – число витков на единицу длины соленоида. Подставляя значения R и H_K в (5), получим расчетную формулу

$$\frac{e}{m} = \frac{8U}{\mu_0^2 (r_A - r_K)^2 n_0^2 I_C^2}. \quad (10)$$

Порядок выполнения работы

1. Изучить электрическую схему (рис. 3) и сопоставить ее с лабораторной установкой. Проверить, правильно ли она собрана.

2. Включить источники питания накала B_H , анода B_A , и соленоида B_C и дать им прогреться 1–2 минуты.

3. Установить на B_A анодное напряжение U_{A1} .

4. Изменяя ток в соленоиде I_C с помощью переключателей, ручки которых выведены на лицевую панель источника тока B_C , снять зависимость тока анода I_A от тока в соленоиде (8–10 точек)

$$I_A = f(I_C).$$

Результат занести в табл. 2

Таблица 2

$U_a = 9 \text{ В}$		$U_a = 10 \text{ В}$		$U_a = 11 \text{ В}$	
$I_C, \text{ А}$	$I_A, \text{ мА}$	$I_C, \text{ А}$	$I_A, \text{ мА}$	$I_C, \text{ А}$	$I_A, \text{ мА}$

5. Повторить измерения при другом напряжении на аноде лампы U_{A2} . Напряжение изменить на $\pm(1-2)$ В (не больше!).

6. Построить графики зависимости $I_A = f(I_C)$ (сбросовые характеристики) для каждого значения U_A . Определить по точкам резкого спада кривой критические значения токов в соленоиде I_C .

7. По формуле (10) определить e/m для каждого опыта в критических точках.

8. Вычислить погрешности измерения e/m .

Контрольные вопросы

1. Назовите какие силы, действуют на движущуюся заряженную частицу в электрическом и магнитном полях?

2. Как вычисляется сила Лоренца?

3. Как определяется направление силы Лоренца?

4. Выведите формулы для радиуса R и периода T при движении заряженной частицы по окружности.

5. Выведите формулы для радиуса R , периода T и шага спирали h при движении заряженных частиц по спирали.

6. Сформулируйте теорему о циркуляции вектора B .

7. Выведите формулу для магнитной индукции B соленоида.

8. Объясните принцип действия цилиндрического магнетрона.

9. Выведите формулу для определения e/m методом магнетрона.