

Лабораторная работа № 14.
Измерение удельного заряда
электронов с помощью магнетрона.

Цель работы: исследование зависимости
электронов в магнитном поле,
созданном внутри солениоида.

Задача: определить удельный заряд
электронов на основе исследования
зависимости диаметра тока
магнетрона от приложенного
магнитного поля.

Теоретическое введение:

На частицы с зарядом q , движущиеся со скоростью
 \vec{v} в магнитном поле с индукцией \vec{B} , со
стороны ~~магнитного~~ поля действует сила Лоренца:
 $\vec{F} = q[\vec{v}, \vec{B}]$

В камере сужал частицы являются
электроны, поэтому величина этой силы
определяется выражением $F = e v B \sin \alpha = e v B$

В проекции на xy -плоск., перпендикулярную
направлению магнитной индукции,
электроны массой m будут испытывать
окружность, радиус которой ~~можно~~ можно
определить, воспользовавшись вторым
законом Ньютона:

$$R = \frac{mv}{eB} \quad (3)$$

Действие магнитного поля на движущиеся
электроны можно увидеть на примере
магнетрона - двухэлектродной лампы,
полосчатой в магнитном поле.

Электроны в магнетроне движутся радиально,
поэтому в сечении лампы магнитного
поля электроны движутся в ней вдоль
радиуса r , под углом α к оси, и имеют
скорость v

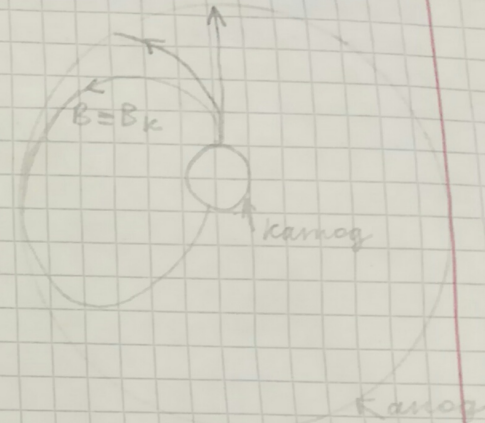
$$v = \sqrt{\frac{2e U_a}{m}} \quad (4)$$

При изменении магнитного
поля, направленного вдоль
оси магнетрона,
траектория электронов
искривляется, но ближе
длина спирали электронов
непрерывно определяется
формулой (4).

$$\frac{e}{m} = \frac{2U_a}{B^2 R^2} \quad (5)$$

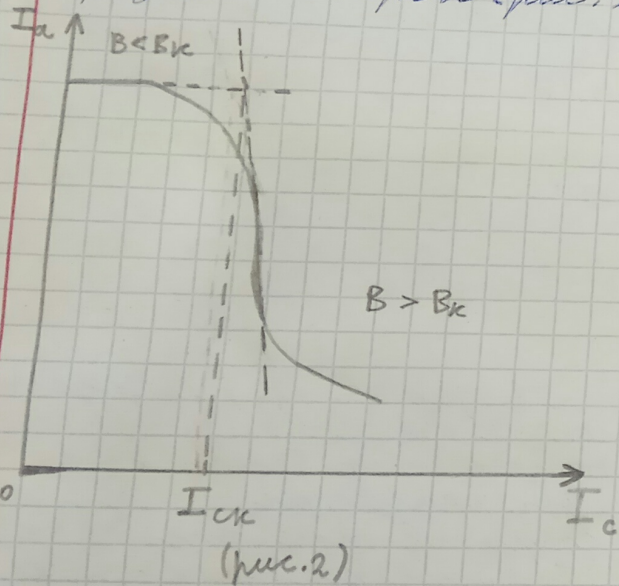
Из этой формулы видно, что при заданном
диаметре магнетрона увеличение
индукции магнитного поля ведет к
уменьшению радиуса кривизны
траектории электронов, что
приведет к $B^2 R^2 = \text{const}$.
При постоянном диаметре лампы
индукция магнитного поля B радиус
кривизны траектории электронов в точке
касания анода примерно равен половине
радиуса анода, но если $R \approx r_{\text{анод}}$,
тогда, подставив в (5) $B = B_k$, получим

$$\frac{e}{m} = \frac{8U_a}{B_k^2 r_{\text{анод}}^2} \quad (6)$$



Таблицей образом, задача определения удельного заряда электрона с помощью магнетрона сводится к определению критической скорости магнитного поля, соответствующей заданному значению анодного напряжения при известном радиусе анода r_a .

Если индукцию магнитного поля, в котором находится магнетрон, постепенно увеличивать, то критическое значение легко обнаруживается по сдвигу тока, идущего через магнетрон (рис. 2)



Изменение силы тока через солитонд от нуля до некоторого значения, не вызывает изменения анодного тока, так как в этих условиях все электроны, движущиеся от катода, попадают на анод. Когда I_c приближается к критическому значению $I_{ск}$, часть электронов перестает попадать на анод, а такое увеличение анодного тока существенно

меняется электроны, попадающие на анод, имеют различную скорость.

Таблица измерений:

$$L = 93 \text{ мм}, r_a = 5 \text{ мм}, r_{\text{кор}} = 51 \text{ мм}, N = 1780$$

$$U_a = 90 \text{ В}$$

$I_c, \text{ мА}$	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4
$I_a, \text{ мА}$	0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,7	2,0	2,2	2,3	2,6

$$U_a = 110 \text{ В}$$

$I_c, \text{ мА}$	2,7	2,7	2,7	2,7	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7
$I_a, \text{ мА}$	0	0,3	0,6	0,8	1,1	1,5	1,7	1,5	2,1	2,3	2,5	2,6	2,9

Обработка результатов измерений:

$$1) I_{ск1} = 0,6 \text{ мА}$$

$$I_{ск2} = 0,75 \text{ мА}$$

$$2) B_k = I_{ск} \frac{\mu_0 N}{\sqrt{L^2 + D^2}}$$

$$B_{k1} = \frac{0,6 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 1780}{\sqrt{93^2 \cdot 10^{-8} + 51^2 \cdot 10^{-6}}} = 126,6 \cdot 10^{-4} \text{ Тл},$$

$$B_{k2} = \frac{0,75 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 1780}{\sqrt{93^2 \cdot 10^{-8} + 51^2 \cdot 10^{-6}}} = 158 \cdot 10^{-4} \text{ Тл},$$

$$3) \frac{e}{m} = \frac{8U_a}{B_k^2 r_a^2}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{8 \cdot 90}{126,6^2 \cdot 10^{-8} \cdot 5^2 \cdot 10^{-6}} = 1,73 \cdot 10^{17} \text{ Кл/кг}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{8 \cdot 110}{158^2 \cdot 10^{-8} \cdot 5^2 \cdot 10^{-6}} = 1,41 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$$

$$4) \frac{e}{m} = \frac{(1,41 + 1,79) \cdot 10^{11}}{2} = 1,6 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$$

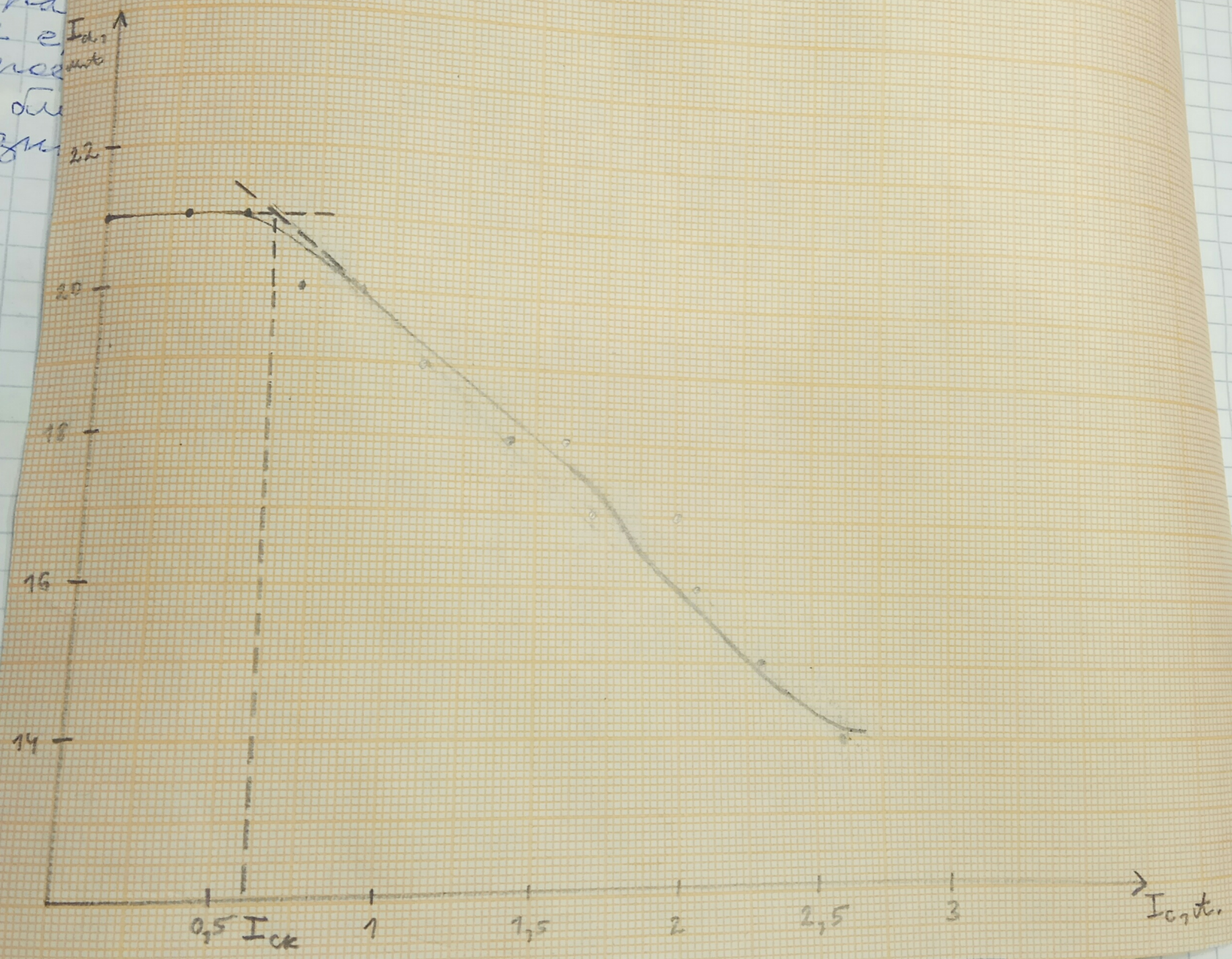
Вывод:

В ходе данной работы я получил среднее значение $e/m = 1,6 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$, которое с учётом погрешности близко к табличному значению $\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$.

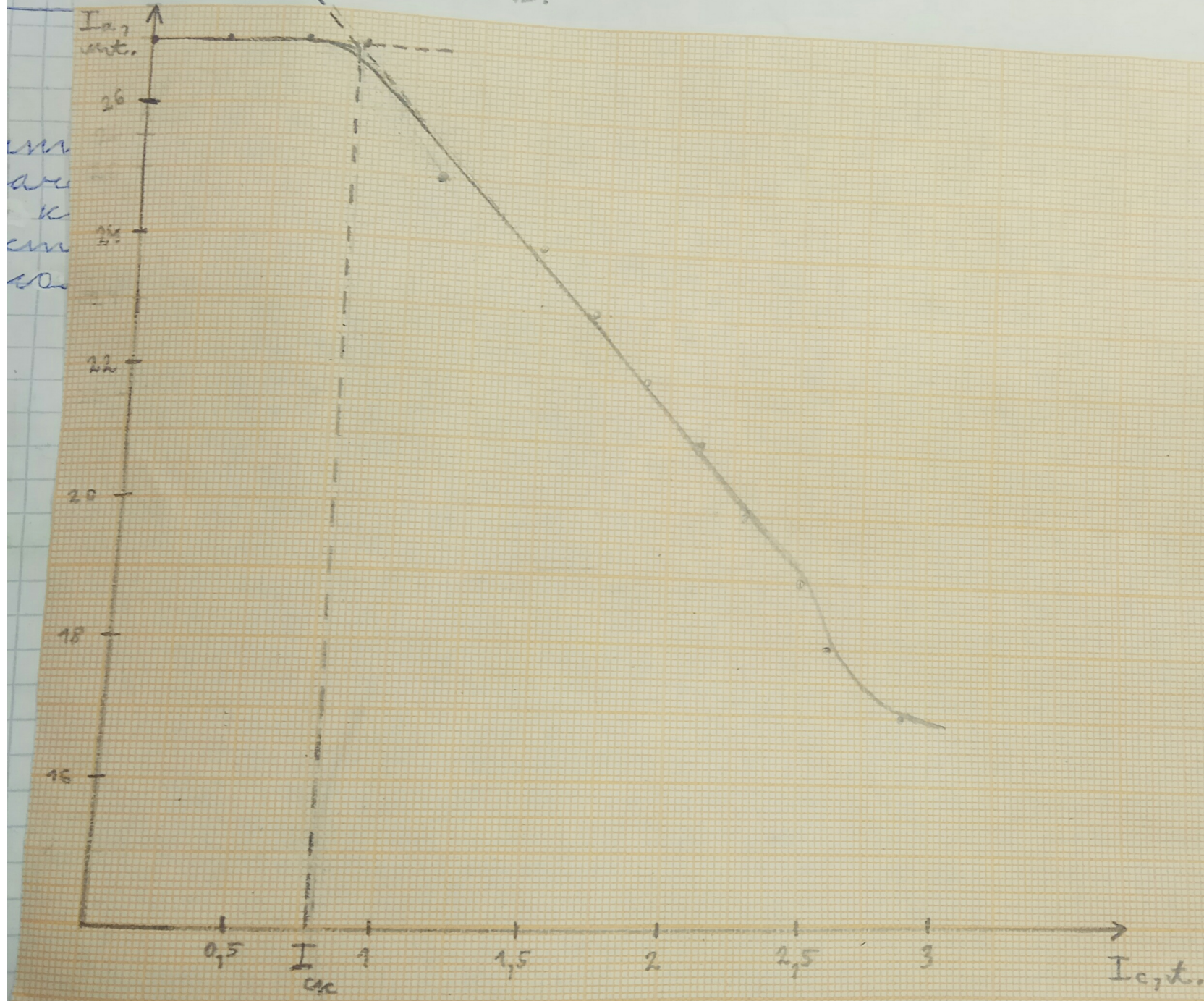
3) 170

График №1 $U = 90\text{В}$.

на
е $I_{\text{дс}}$
определ
дл
зм



1 + 1
График №2 $U = 110 \text{ В.}$



Контрольные вопросы:

1) Это сила, действующая на частицу с зарядом q , движущуюся со скоростью \vec{v} в магнитном поле с индукцией \vec{B} .

$$\vec{F} = q [\vec{v}, \vec{B}]$$

- 2) 1) ^{будет} двигаться по окружности
2) ^{будет} двигаться по винтовой линии.

3) Кинетическая энергия будет убывать

4) Это ~~большая катушка~~ вихревой индукции, у которого цилиндрические катушки и одно из двух соседних витков, при этом радиус катушки значительно меньше радиуса одно.

5) Он движется в ней вдоль радиуса.

$$6) \quad v = \sqrt{\frac{2e \cdot U}{m}}$$

7) Увеличение индукции магнитного поля ведёт к уменьшению радиуса кривизны траектории.

8) Это значение индукции магнитного поля при котором радиус кривизны становится настолько малым, что электрон, описывая кривую, близко подходит к внутренней об-тк анода, и попадает на него.

9) Если индукцию магнитного поля постепенно увеличивать, то достигнутые критического значения некое количество электронов, исходящих от анода, и движущихся через магнетрон, не попадет на катод.

10) Магнитное поле направлено по прямой. Электрическое поле заставляет электроны лететь по спирали.

10) Максимальное поле - вблизи оси,
~~и~~ электрическое - между анодом и
катодом.

11) Индукция противодействует
убыванию анодного тока.

$$12) \frac{e}{m} = 1,758820174 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$$