

Г У А П
Кафедра №3

Отчёт записан с оценкой: 100

Преподаватель:

Викторетт
должность, и.о. имени

15.10.22
подпись, дата

Тасманова М.Д.
инициал, фамилия

Отчёт о лабораторной работе №10

Определение удельного заряда электрона

по курсу: Общая физика

Студент гр. №

4128
полн. группа

BT
подпись, дата

Брадел В.А.
инициал, фамилия

САНКТ - ПЕТЕРБУРГ

2022

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ
Лабораторная работа №10
Определение удельного заряда электрона

Студент группы №

9/28

№ группы

Ворожков В.А.

Фамилия, имя, отчество

Преподаватель каф. №

3

№ кафедры

Колесова Ю.А.

Фамилия, имя, отчество

Параметры приборов

Прибор	Тип	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематическая погрешность
Амперметр	M1001M	2 A	0,1 A	1,5	
Вольтметр	-	150 В	10 В	1,5	
Миллиамперметр	Прибор комб-ий Ц4313	20 мА	0,01 мА	-	0,005 мА

Результаты измерений

$U_a = 100 \text{ В}$		$U_a = 75 \text{ В}$		$U_a = 50 \text{ В}$	
$I_c, \text{ A}$	$I_a, \text{ mA}$	$I_c, \text{ A}$	$I_a, \text{ mA}$	$I_c, \text{ A}$	$I_a, \text{ mA}$
0,1	4,73	0,6	3,32	0,6	2,07
0,2	4,89	0,8	3,22	0,8	1,92
1,0	4,42	1,0	1,47	1,0	0,3
1,2	0,82	1,2	0,42	1,2	0,03
1,4	0,4	1,4	0,04	1,4	0,04
1,6	0,07	1,6	0,02	1,6	0
1,8	0,03	1,8	0,01	1,8	0
2,0	0,02	2,0	0	2,0	-
2,2	0,01	2,2	-	2,2	-
2,4	0	2,4	-	2,4	-
2,6	0	2,6	-	2,6	-

Параметры установки:

Дата 13 «09» 2022 г.

Подпись студента

Подпись преподавателя

1. Цель работы.

- Изучение действия заряженной частицы в средах с электрическим и магнитным полем;
- Ознакомление с работой электровакуумной лампы 6Ж32П;
- Измерение удельного заряда электрона ($\frac{e}{m}$) методом Лави-Миллера.

2. Описание лабораторной установки.

Основным элементом экспериментальной установки ~~(см. рис. 1)~~, содержащим соленоид и двухэлектродную электровакуумную лампу 6Ж32П, является модуль ФПЭ-03. Заряд электрона, и потенциалу подпитывается модуль ИП, включенный в сеть источник питания, вольтметр и амперметр и измерительный прибор ИУ-4313. На рис. 1 дана принципиальная электрическая схема установки.

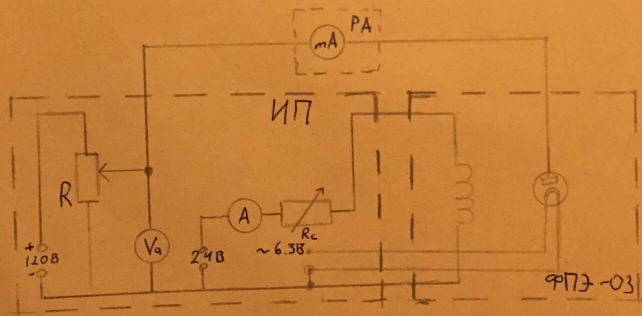


Рис. 1

Параметры приборов:

Таблица 1- Параметры приборов

Прибор	Тип	Предел измерения	Цена деления	Класс точности	Сист. погрешности
Амперметр	M100IM	3A	0,1A	1,5	0,05 A
Вольтметр	—	150 В	10 В	1,5	2,5 В
Миллиамперметр	прибор класс 0,01 Ш.43/3	20mA	0,01mA	—	0,005 mA

Параметры установки:

1) Аксиальная часть катушки:

1. радиус оси катушки $r_a - 6 \text{ мм}$
2. радиус катушки катушки $r_k - 0,3 \text{ мм}$

2) Часть соленоида:

1. число витков соленоида - 2006 витков
2. длина катушки соленоида - 167 мм
3. средний диаметр катушки - 62 мм

3. Расчетные формулы:

3.1 Индукция магнитного поля соленоида, длина L которого соизмерима с диаметром D :

$$B_{кр.} = \frac{\mu_0 N I_{кр}}{\sqrt{L^2 + D^2}}, \quad (1)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ - магнитная постоянная;

~~$n = \frac{N}{L}$ - число витков соленоида на единицу его длины;~~

$L = 167 \text{ мм}$ - длина катушки соленоида;

D - диаметр катушки;

N - число витков соленоида.

3.2 Формула удельного заряда электрона:

$$\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{e V_a}{(B_{кр} \cdot r_a)^2}, \quad (2)$$

где V_a - анодное напряжение;

$B_{кр}$ - индукция магнитного поля;

r_a - радиус анода лампы.

3.3 Формула среднего значения удельного заряда электрона

$$\left(\frac{e}{m}\right)_{cp} = \frac{\sum_i^N \left(\frac{e}{m}\right)_i}{N}, \quad (3)$$

где N - кол-во измерений.

4. Результаты измерений и вычислений

$U_a = 100 \text{ В}$		$U_a = 75 \text{ В}$		$U_a = 50 \text{ В}$	
$I_c, \text{ А}$	$I_a, \text{ МА}$	$I_c, \text{ А}$	$I_a, \text{ МА}$	$I_c, \text{ А}$	$I_a, \text{ МА}$
0,6	4,89	0,6	3,32	0,6	2,02
0,8	4,89	0,8	3,22	0,8	1,92
1,0	4,38	1,0	1,47	1,0	0,3
1,2	0,88	1,2	0,48	1,2	0,03
1,4	0,4	1,4	0,04	1,4	0,04
1,6	0,07	1,6	0,02	1,6	0
1,8	0,03	1,8	0,01	1,8	—
2,0	0,02	2,0	0	2,0	—
2,2	0,01	2,2	—	2,2	—
2,4	0	2,4	—	2,4	—
2,6	0	2,6	—	2,6	—

U_a, B	$I_{кр}, A$	$B_{кр}, T_A$	$(\frac{e}{m})_{кр}, K_A / кг$	$(\frac{e}{m})_{ср}, K_A / кг$	$\Delta(\frac{e}{m})_{ср}, K_A / кг$	$(\frac{e}{m})_{ТАВА}, K_A / кг$
50	0,92	0,013 T _A	0,66 · 10 ¹¹			
75	1,04	0,014 T _A	0,85 · 10 ¹¹	0,83 · 10 ¹¹	0,1 · 10 ¹¹	1,76 · 10 ¹¹
100	1,08	0,015 T _A	0,98 · 10 ¹¹			

5. Примеры вычислений:

5.1. По формуле (1):

$$B_{кр} = \frac{\mu_0 N I_{кр}}{\sqrt{L^2 + D^2}} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2006 \cdot 0,92}{\sqrt{0,167^2 + 0,062^2}} \approx 0,013 T_A$$

5.2. По формуле (2):

$$(\frac{e}{m}) = \frac{8 U_a}{(B_{кр} \cdot r_a)^2} = \frac{8 \cdot 50}{(0,013 \cdot 0,006)^2} \approx 0,65 \cdot 10^{11} K_A / кг$$

5.3. По формуле (3):

$$(\frac{e}{m})_{ср} = \frac{\sum (\frac{e}{m})_i}{N} = \frac{0,66 + 0,85 + 0,98}{3} \cdot 10^{11} \approx 0,83 \cdot 10^{11} K_A / кг$$

6. Вычисление погрешностей:

6.1 Систематическая погрешность:

6.1.1 $\Theta_I = 0,05 A$

6.1.2 $\Theta_u = 2,5 B$

6.1.3. Вывод формулы для систематической погрешности индукции магнитного поля соленаида:

$$B_{кр} = \frac{\mu_0 N I_{кр}}{\sqrt{L^2 + D^2}}; \Theta_{B_{кр}} = \cancel{\frac{\partial B_{кр}}{\partial I_{кр}}} \cdot \frac{\Theta_{I_{кр}}}{I_{кр}} = 0,014 \cdot \frac{0,05}{1,04} \approx 7 \cdot 10^{-4}$$

6.1.4 Вывод формулы для систематической погрешности удельного заряда электрона:

$$(\frac{e}{m}) = \frac{8 U_a}{(B_{кр} r_a)^2}; \Theta_{(\frac{e}{m})} = (\frac{e}{m}) \cdot \left(\frac{\Theta_u}{u} \cdot \frac{2 \Theta_{B_{кр}}}{B_{кр}} \right) =$$

$$= 0,83 \cdot 10^{11} \cdot \left(\frac{2,5}{75} + \frac{2 \cdot 7 \cdot 10^{-4}}{0,014} \right) \approx 91 \cdot 10^{11} K_A / кг$$

6.2 Случайная погрешность

6.2.1 Среднее квадратическое отклонение удельного заряда e .

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left(\left(\frac{e}{m} \right)_i - \left(\frac{e}{m} \right)_1 \right)^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{(0,8) \cdot 10^{-10} - 0,66 \cdot 10^{-10})^2 + (0,83 \cdot 10^{-10} - 0,67 \cdot 10^{-10})^2 + (0,81 \cdot 10^{-10} - 0,63 \cdot 10^{-10})^2}{3 \cdot 2}}$$

$$\approx 0,03 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/кг}$$

6.3 Полная погрешность

В данной работе производятся измерения неслучайным по своей природе величин:

$$S_{\frac{e}{m}} < \Theta_{\frac{e}{m}}$$

Так как неравенство выполняется, полная погрешность равна систематической:

$$\Delta \left(\frac{e}{m} \right) = \Theta_{\frac{e}{m}} = 0,1 \cdot 10^{-10}$$

7. Выводы:

1) Определён удельный заряд электрона:

$$\left(\frac{e}{m} \right) = (0,8 \pm 0,1) \cdot 10^{-10} \text{ Кл/кг}$$

Значение, полученное экспериментальным путём, не совпадает с табличным ($1,76 \cdot 10^{-10}$) в пределах погрешности по причине несовершенства измерительного прибора $\chi_{\text{ин}}$ ^{ошибка} _{ошибки} при измерении.