

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

КАФЕДРА №3

ОТЧЕТ ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ 75 (силь)

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

доцент, к.ф.-м.н. 27.09.22 Подсков Б.В.  
должность, уч. степень, звание подпись дата инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 10

Определение удельного заряда  
электрона

наименование лабораторной работы

по курсу: ОБЩАЯ ФИЗИКА

СТУДЕНТ ГР. № 4134 К  
номер группы

Подсков  
подпись дата

Костяков Н.А  
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург  
2022

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ  
Лабораторная работа №10  
Определение удельного заряда электрона

Студент группы № 4134 К  
№ группы

Костяков Н.А.  
Фамилия, инициалы

Преподаватель каф. № 3  
№ кафедры

Аббасов Б.В.  
Фамилия, инициалы

Параметры приборов

Прибор	Тип	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематическая погрешность
Амперметр	M1001M	3 А	0,1 А	1,5	0,45 = 0,5 А
Вольтметр	-	15 В	0,5 В	1,5	0,2 В
Миллиамперметр	Прибор комб-ый Ц4313	20 мА	0,02	-	0,1 мА

Результаты измерений

$U_a = 100 \text{ В}$		$U_a = 75$		$U_a = 50$	
$I_c, \text{ А}$	$I_a, \text{ мА}$	$I_c, \text{ А}$	$I_a, \text{ мА}$	$I_c, \text{ А}$	$I_a, \text{ мА}$
0,8 А	5,58 мА	0,7 А	4,09 мА	0,5 А	2,6 мА
0,9 А	5,28 мА	0,8 А	3,95 мА	0,6 А	2,6 мА
1 А	4,74 мА	0,9 А	3,54 мА	0,7 А	2,54 мА
1,03 А	3,89 мА	1 А	2,2 мА	0,8 А	2,34 мА
1,1 А	2,54 мА	1,1 А	0,71 мА	0,9 А	1,24 мА
1,2 А	0,95 мА	1,2 А	0,61 мА	1 А	0,37 мА
1,3 А	0,88 мА	1,3 А	0,25 мА	1,1 А	0,29 мА
1,4 А	0,50 мА	1,4 А	0,06 мА	1,2 А	0,04 мА
1,5 А	0,10 мА	1,5 А	0,05 мА		
1,6 А	0,07 мА				
1,7 А	0,05 мА				

Параметры установки:

- Анодная цепь лампы:
- Радиус анода лампы  $r_a$ , усредненн. - 6 мм
  - $r_k$  - 0,3 мм

- Цепь соленоида:
- N витков - 2006
  - $r$  намотки - 167 мм
  - средний диаметр: 62 мм

Дата 13 сентября 2022 г.  
~~« » апреля 2020 г.~~

Подпись студента  
Подпись преподавателя

1. Цель работы – изучение движения заряженных частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях; ознакомление с работой электровакуумной лампы 6Ж32П; измерение удельного заряда электрона методом магнетрона.  $\left(\frac{e}{m}\right)$

## 2. Описание лабораторной установки

Основным элементом экспериментальной установки, содержащим соленоид и двухэлектродную электровакуумную лампу 6Ж32П, является модуль ФПЭ-03 «Заряд электрона», к которой подключается модуль ИП, включающий в себя источник питания, вольтметр и амперметр, и измерительный прибор Ц4313.

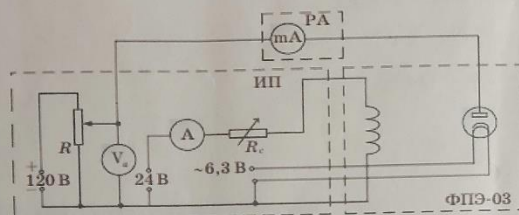


Рис. 5.

## Параметры приборов

Прибор	Тип	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематическая погрешность
Амперметр	И1001М	3 А	0,1 А	1,5	0,5 А
Вольтметр	-	15 В	0,5 В	1,5	0,2 В
Миллиамперметр	Ц4313	20 МА	0,01	-	0,1 мА

## Параметры установки

Анодная цепь лампы:

- радиус анода лампы  $r_a$  6 мм  
 - радиус катода лампы  $r_k$  0,3 мм

Цепь соленоида:

- число витков соленоида 2000  
 - длина намотки соленоида 165 мм  
 - средний диаметр намотки 62 мм



### 3. Рабочие формулы:

3.1. Индукция магнитного соленоида, длина  $l$  которого соизмерима с диаметром  $D$

$$B_{кр} = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I_{кр}}{\sqrt{L^2 + D^2}}, \quad \text{где } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{ГН}}{\text{м}}$$

$N$  - число витков  
 $I_{кр}$  - критическое значение тока  
 $L = 167 \text{ мм}$ , длина катушки  
 $D = 62 \text{ мм}$  диаметр катушки

3.2 Формула для удельного заряда электрона:

$$\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{8 V_a}{(B_{кр} \cdot r_a)^2}, \quad \text{где } V_a - \text{анодное напряжение}$$

$B_{кр}$  - индукция магн. поля  
 $r_a$  - радиус анода

3.3 Формула для определения среднего значения удельного заряда электрона:

$$\left(\frac{e}{m}\right)_{\text{сред}} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{e}{m}\right)}{n}, \quad \text{где } n - \text{кол-во измерений}$$

4. Результаты измерений и вычислений:

Ua, В	Iкр, А	Вкр, Тл	$\frac{e}{m}, \frac{Кл}{Кг}$	$\frac{e}{m}, \frac{Кл}{Кг}$	$A \frac{e}{m}, \frac{Кл}{Кг}$	$\frac{e}{m} \Gamma a \Delta u$
50	0,9	0,0127	$6,8 \cdot 10^{10}$			
75	1	0,0147	$7,7 \cdot 10^{10}$	$7,6 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$	$1,76 \cdot 10^{11}$
100	1,15	0,0162	$8,4 \cdot 10^{10}$			

5. Пример вычислений

$$5.1 \quad B_{кр} = \frac{\mu_0 I_{кр} N}{\sqrt{L^2 + D^2}} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2000 \cdot 0,9}{\sqrt{0,167^2 + 0,062^2}} = 0,927 \text{ Тл}$$

при  $V = 50 \text{ В}$

$$5.2 \quad \left(\frac{e}{m}\right) = \frac{3 V a}{(B_{кр} - \Gamma a)^2} = \frac{3 \cdot 50}{(0,013 - 0,006)^2} = 6,8 \cdot 10^{10}, \frac{Кл}{Кг}$$

$$5.3 \quad \left(\frac{e}{m}\right)_{cp} = \frac{6,8 + 7,7 + 8,4}{3} \cdot 10^{10} = 7,6 \cdot 10^{10}, \frac{Кл}{Кг}$$

$$5.4 \quad \left(\frac{e}{m}\right) \Gamma a \Delta u = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{3,1 \cdot 10^{-51}} = 1,76 \cdot 10^{32} \frac{Кл}{Кг}$$

## 6. Вычисление погрешностей

### 6.1 Систематическая погрешность

$$\Theta_I = 0,045 \text{ A}$$

$$\Theta_V = 2,25 \text{ В}$$

Вывод формулы сист. погр.

$$B_{кр} = \frac{m_0(N)(I_{кр})}{\sqrt{L^2 + D^2}} ; B_{кр}(I_{кр}) = B_{кр}$$

$$\Theta_{B_{кр}} = B_{кр} \cdot \frac{\Theta_{I_{кр}}}{I_{кр}} = 0,045 \cdot \frac{0,014}{1,05} = 0,0006 \text{ Тл}$$

$$\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{8Va}{(B_{кр} \cdot r_a)} ; \left(\frac{e}{m}\right) = \frac{e}{m} (U, B_{кр})$$

$$\Theta\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{e}{m} \left( \frac{\Theta_V}{V} + \frac{2\Theta_{B_{кр}}}{B_{кр}} \right) = 7,6 \cdot 10^{10} \left( \frac{2,25}{75} + \frac{2 \cdot 0,0006}{0,014} \right) = 0,87 \cdot 10^{10} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$

### 6.2 Случайная погрешность

Средн. квадр. отклонение удаленного заряда электрона

$$S\left(\frac{e}{m}\right) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left( \left(\frac{\bar{e}}{m}\right) - \left(\frac{1}{m}\right) \right)^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{(7,6 \cdot 10^{10} - 6,8 \cdot 10^{10})^2 + (7,6 \cdot 10^{10} - 7,7 \cdot 10^{10})^2}{3 \cdot 2}} = 0,046 \cdot 10^{10} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}} = 0,46 \cdot 10^{10} \text{ Кл/кг}$$

### 6.3. Полная погрешность

В работе проводится измерение неизменяемых величин.

$$(S_{\frac{e}{m}} \oplus \Theta_{\frac{e}{m}}) \sim 0,46 \cdot 10^{10} < 0,87 \cdot 10^{10}$$



## 7. Выводы

В ходе работы я определил удельный заряд электрона:

$$1) \left( \frac{e}{m} \right) = 7,6 \cdot 10^{10} \pm 0,87 \cdot 10^{10} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$

Построил график измерений, определил  $I_{\text{кр}}$

$$2) I_{\text{кр ср}} \approx 1,02 \text{ А}$$

Полученное значение  $\frac{e}{m}$  не совпало с табличным.  
Это возможно из-за несовершенства оборудования  
или ошибки в расчетах, или из-за недостаточной  
точной точки при измерении критической точки.