

Лабораторная работа № 3.03: Определение удельного заряда электрона

Исхаков Камиль Фархатович

1 декабря 2024 г.

# 1 Основные формулы:

Магнитная индукцию внутри соленоида:

$$B_c = \mu_0 I_c N \frac{1}{\sqrt{(l^2 + d^2)}}$$

где  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная,  $N$  – число витков соленоида,  $l$  – его длина,  $d$  – его диаметр.

Формула удельного заряда:

$$\frac{e}{m} = \frac{8U}{B_c^2 r_a^2}$$

где  $e$  – заряд электрона,  $m$  – его масса,  $r_a$  – радиус анода,  $U$  – анодное напряжение

# 2 Расчеты:

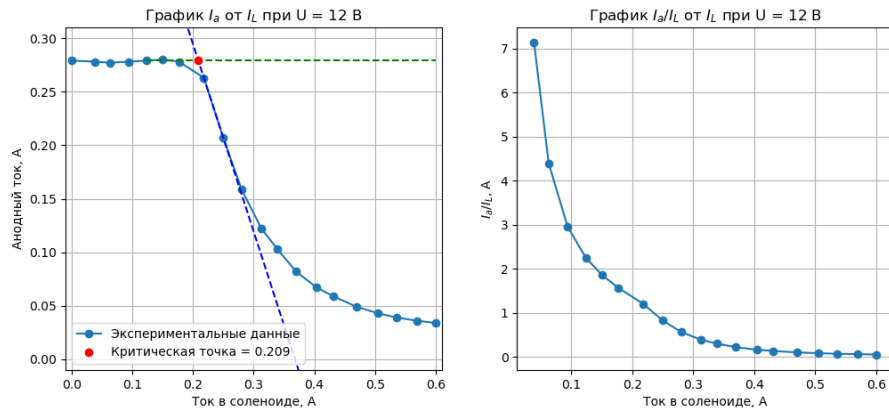


Рис. 1: Комбинированный график зависимости анодного тока и  $I_a/I_L$  от тока в соленоиде при  $U = 12$  В

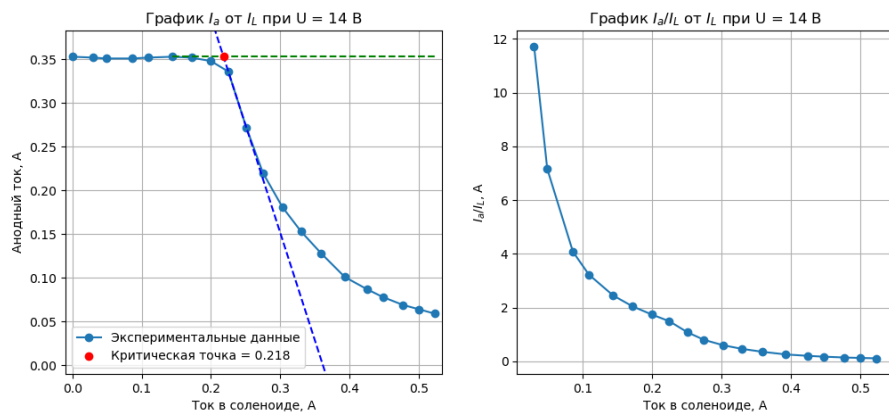


Рис. 2: Комбинированный график зависимости анодного тока и  $I_a/I_L$  от тока в соленоиде при  $U = 14$  В

Получившиеся графики в полной мере наглядно показывают когда траектория электронов становится касательной к поверхности анода.

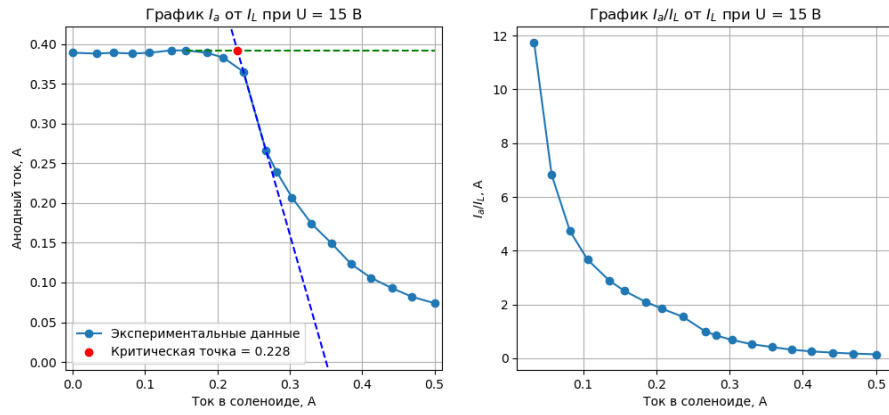


Рис. 3: Комбинированный график зависимости анодного тока и  $I_a/I_L$  от тока в соленоиде при  $U = 15$  В

### 3 Результаты эксперимента

$U$ , В	$I_{Lc}$ , мА	$B_c$ , мТл	$e/m$ , Кл/кг
12	0.209	7.96	$1.683 \cdot 10^{11}$
14	0.218	8.216	$1.844 \cdot 10^{11}$
15	0.228	8.617	$1.796 \cdot 10^{11}$

Среднее значение  $\langle \frac{e}{m} \rangle$ :  $1.774 \cdot 10^{11}$  Кл/кг

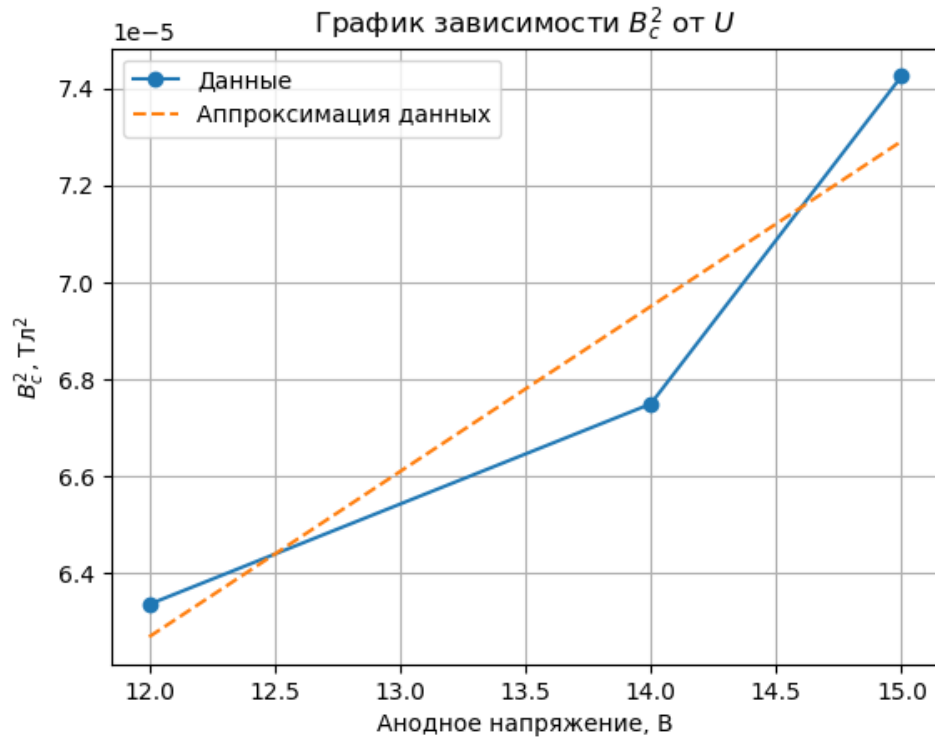


Рис. 4: График зависимости  $B_c^2$  от анодного напряжения  $U$

Угловым коэффициентом аппроксимирующей прямой  $k = 0.341 \cdot 10^{-5}$ .  
Следовательно,  $\frac{e}{m} = \frac{8k}{r_a^2} = 2.608 \cdot 10^{11}$  Кл/кг.

## 4 Оценка погрешностей

Оценим погрешность удельного заряда электрона: Вычислим для каждого из значений анодного напряжения и критического тока:

$$\Delta\left(\frac{e}{m}\right) = \sqrt{\left(\frac{\partial\left(\frac{e}{m}\right)}{\partial U}\Delta U\right)^2 + \left(\frac{\partial\left(\frac{e}{m}\right)}{\partial B_c}\Delta B_c\right)^2 + \left(\frac{\partial\left(\frac{e}{m}\right)}{\partial r_a}\Delta r_a\right)^2}$$
$$\frac{\partial\left(\frac{e}{m}\right)}{\partial U} = \frac{8}{B_c^2 r_a^2}$$
$$\frac{\partial\left(\frac{e}{m}\right)}{\partial B_c} = -\frac{16U}{B_c^3 r_a^2}$$
$$\frac{\partial\left(\frac{e}{m}\right)}{\partial r_a} = -\frac{16U}{B_c^2 r_a^3}$$

Оценим погрешность для  $U = 12$  В:

$$\Delta\left(\frac{e}{m}\right) = \sqrt{\left(\frac{8\Delta U}{B_c^2 r_a^2}\right)^2 + \left(\frac{16U\Delta B_c}{B_c^3 r_a^2}\right)^2 + \left(\frac{16U\Delta r_a}{B_c^2 r_a^3}\right)^2} = 1.131 \cdot 10^{10} \text{ Кл/кг}$$

Относительная погрешность: 6.37%

Оценим погрешность для  $U = 14$  В:

$$\Delta\left(\frac{e}{m}\right) = \sqrt{\left(\frac{8\Delta U}{B_c^2 r_a^2}\right)^2 + \left(\frac{16U\Delta B_c}{B_c^3 r_a^2}\right)^2 + \left(\frac{16U\Delta r_a}{B_c^2 r_a^3}\right)^2} = 1.236 \cdot 10^{10} \text{ Кл/кг}$$

Относительная погрешность: 6.97%

Оценим погрешность для  $U = 15$  В:

$$\Delta\left(\frac{e}{m}\right) = \sqrt{\left(\frac{8\Delta U}{B_c^2 r_a^2}\right)^2 + \left(\frac{16U\Delta B_c}{B_c^3 r_a^2}\right)^2 + \left(\frac{16U\Delta r_a}{B_c^2 r_a^3}\right)^2} = 1.203 \cdot 10^{10} \text{ Кл/кг}$$

Относительная погрешность: 6.78%

Получившиеся относительные погрешности для каждого из конкретного значения напряжения оказались приблизительно равны 6 процентам, что является допустимым.

## 5 Выводы

Табличное значение удельного заряда электрона:

$$\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$$

В ходе работы был определен удельный заряд электрона. Табличное и экспериментальное значение удельного заряда электрона в нашем случае получилось почти идентичными. Во время выполнения всей лабораторной работы значения получались вполне реалистичными, кроме задания с построением зависимости  $B_c^2$  от  $U$ , поскольку значение удельного заряда, вычисленный через коэффициент наклона прямой оказалось в полтора раза больше табличного значения. Расхождение теоретического значения удельного заряда от экспериментального может быть из-за влияния облака заряда, накапливающегося в диоде.