



Кафедра общей физики

Измерение удельного заряда электрона

Выполнил: Корепанов Г.М.
512 группа

Преподаватель: Данилин Валерий Алексеевич

Долгопрудный, 2016 г.

Экспериментальная установка № 1

Параметры установки

$$l = 26,5 \text{ см}$$

$$SN = 3000 \text{ см}^2$$

$$r_{\text{out}} = 5 \text{ Ом}$$

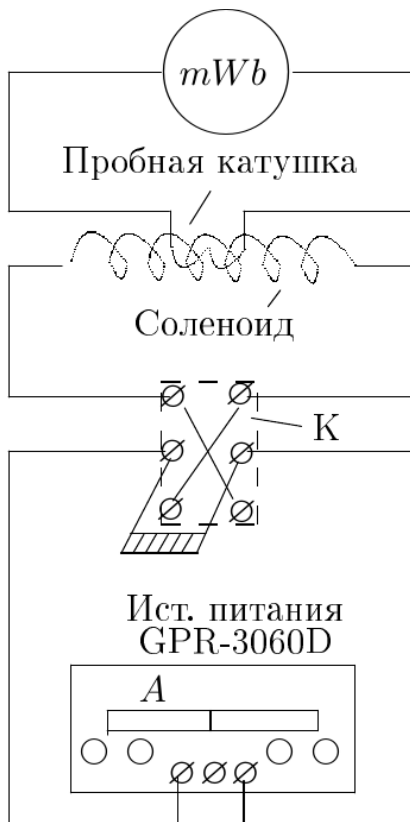


Рис. 1: Схема установки

Магнитная фокусировка, теория

Электрон, влетающий в однородное магнитное поле, движется по ларморовской окружности (сила Лоренца перпендикулярна скорости и обеспечивает центростремительное ускорение), радиус которой зависит от модуля скорости, а частота — нет:

$$T = \frac{2\pi m}{eB} \quad (1)$$

Если запустить пучок электронов с разной поперечной скоростью, но одинаковой продольной (это как раз и обеспечивает подача переменного напряжения на отклоняющие пластины), то электроны, двигаясь по спиралям разного радиуса, на расстояниях $L = n \cdot T\mu_{\parallel}$ будут собираться в пучки, поскольку каждый из них через время, равное периоду обращения по окружности, вернется на изначальную ось, а расстояния, которое электроны пройдут за время, равное этому периоду, будут совпадать в силу равенства начальных продоль-

ных скоростей v_{\parallel} .

Продольную скорость можно выразить через ускоряющее напряжение ЭЛТ:

$$eV = \frac{mv^2}{2},$$

подставляя скорость в (??), получим выражение для удельного заряда электрона:

$$\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 V}{l^2} \frac{n^2}{B^2},$$

то есть зависимость между B и n при постоянной длине ЭЛТ l является линейной.

Экспериментальная установка № 2

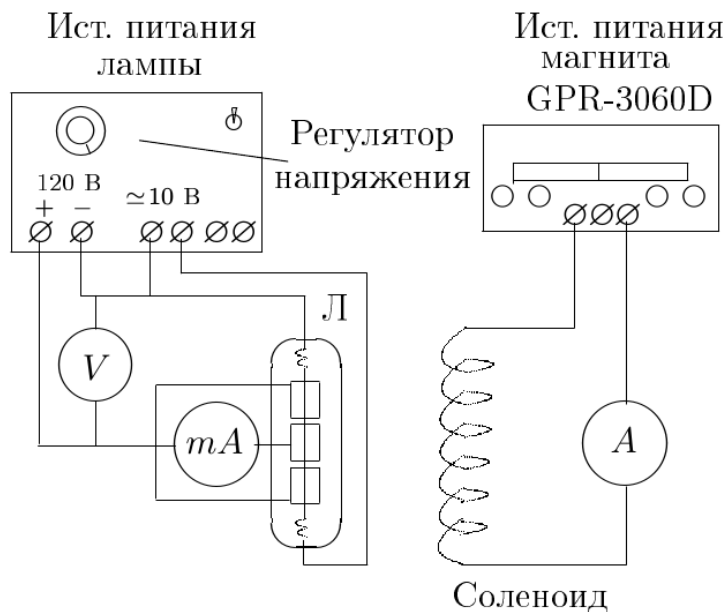


Рис. 2: Схема установки

Уравнение движения электронов в таком поле легко получить, записывая уравнение моментов в цилиндрических координатах:

$$F_{\varphi}^{\text{маг}} = e\nu_r B, \quad F_r^{\text{маг}} = -e\nu_{\varphi} B$$

$$F_r^{\text{эл}} = eE$$

Поскольку момент импульса в полярных координатах записывается как

$$L = mr^2\dot{\varphi}$$

Отсюда с учетом начальных условий (электрон вылетает с очень тонкого катода с почти нулевой начальной скоростью) получим

$$r^2\dot{\varphi} = \frac{eBr^2}{2m}$$

Используя закон сохранения энергии, получим окончательный результат:

$$eV = \frac{m}{2} \left[\dot{r}^2 + \left(\frac{eBr}{2m} \right)^2 \right]$$

Уравнение для $B_{\text{кр}}$ найдем, используя, что радиальная скорость электрона при достижении анода ($r = r_a$) равна 0 ($\dot{r} = 0$):

$$\frac{e}{m} = \frac{8V_a}{B_{\text{кр}}^2 r_a^2}$$

Параметры установки

$$l = 26,5 \text{ см}$$

$$SN = 3000 \text{ см}^2$$

$$r_{\text{out}} = 5 \text{ Ом}$$

Метод магнетрона, теория

Электроны, вылетающие с катода двухэлектродной лампы, летят по радиусу (эл. поле радиально) к внешнему цилиндру – аноду. Включение внешнего магнитного поля искривляет траекторию – тем сильнее, чем больше величина магнитного поля. При некотором критическом значении поля электроны перестанут достигать анода, возвращаясь по кривой к аноду.

Эксперимент № 1

Откалибруем соленоид, измерив зависимость магнитного поля от тока, через него протекающего:

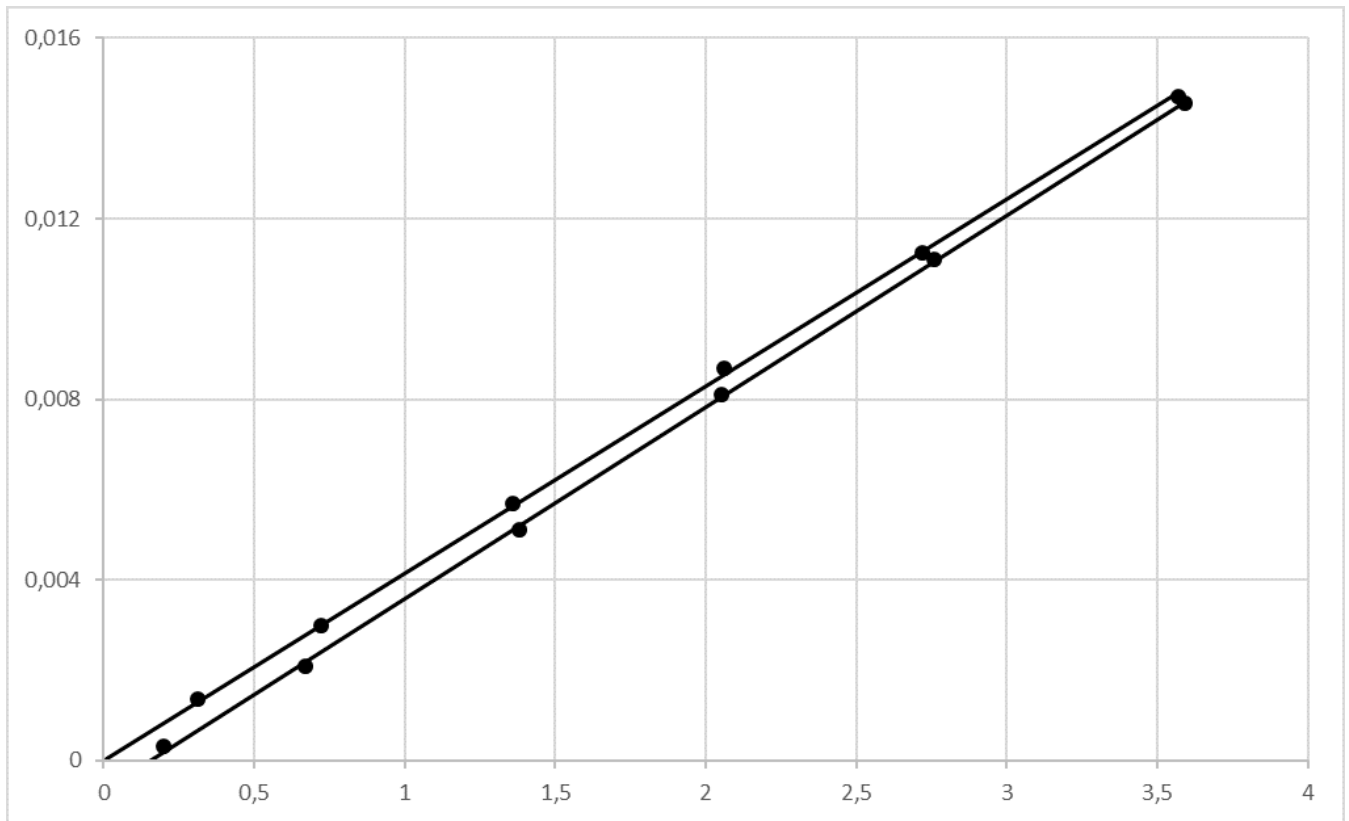


Рис. 3: Зависимость $B = f(I)$

Усредненное значение коэффициента пропорциональности между полем и током:

$$K = (4,19 \pm 0,15) \frac{\text{мТл}}{\text{А}}$$

Зная поле для произвольного тока, можем снять зависимость поля в соленоиде от порядка фокусировки: тока, через него протекающего:

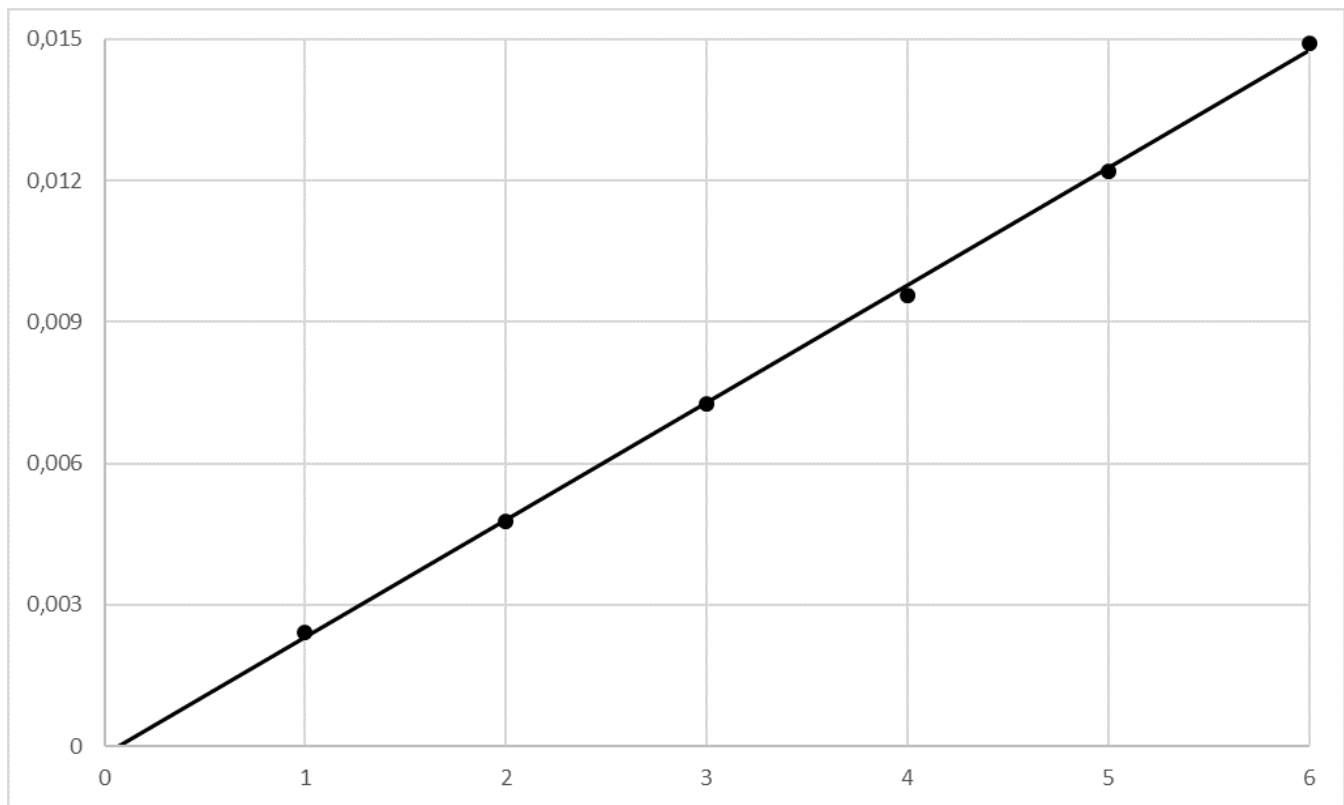


Рис. 4: Зависимость $B = f(n)$

По наклону графика определяем удельный заряд электрона:

$$\frac{e}{m} = (1,71 \pm 0,07) \cdot 10^{11} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$

Эксперимент № 2

Семейство кривых $I_a(B)$ для разных значений анодного напряжения V_a :

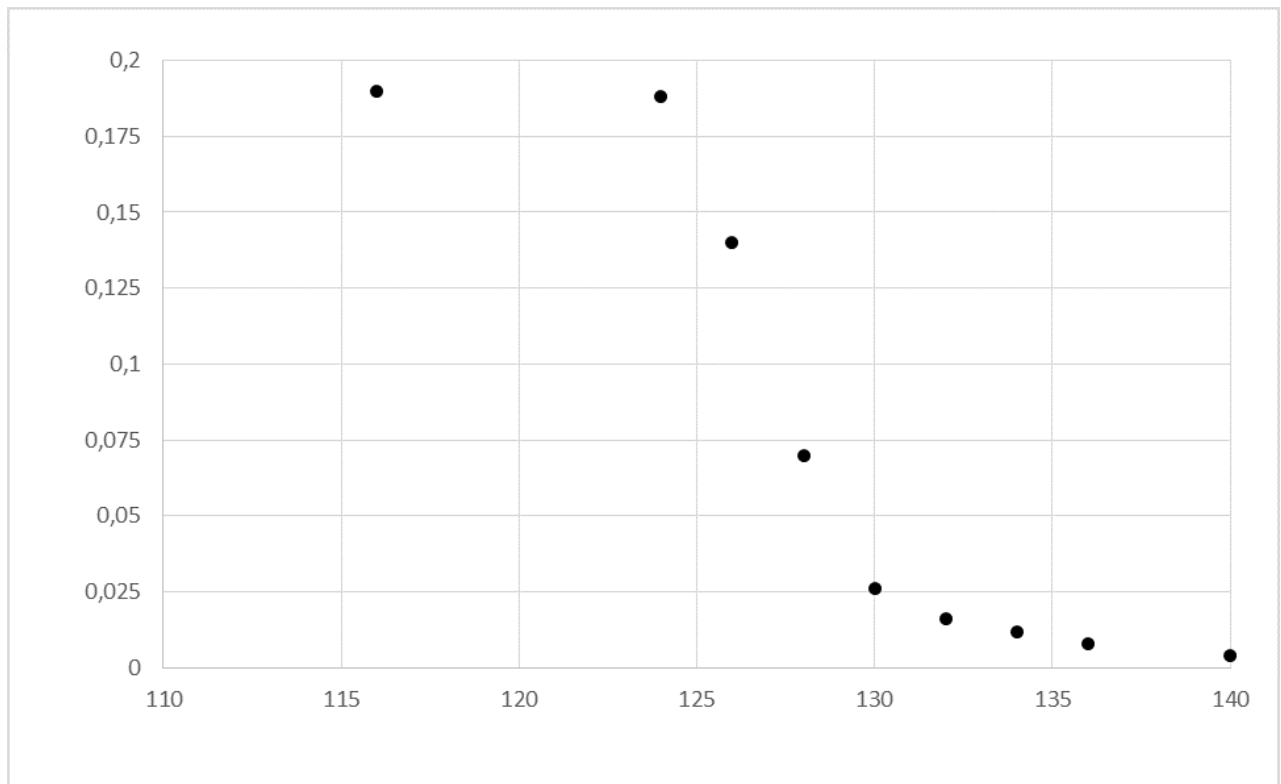


Рис. 5: Зависимость анодного тока от магнитного поля для $V_a = 60$ В

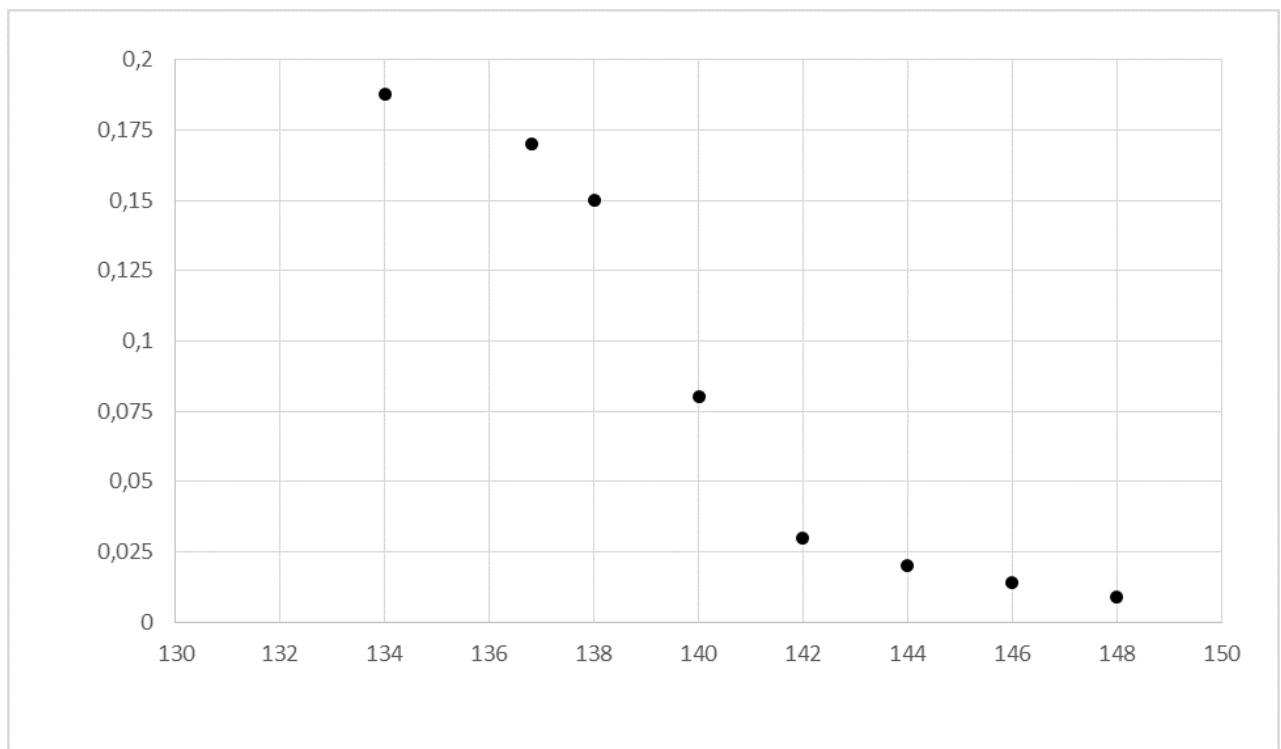


Рис. 6: Зависимость анодного тока от магнитного поля для $V_a = 85$ В

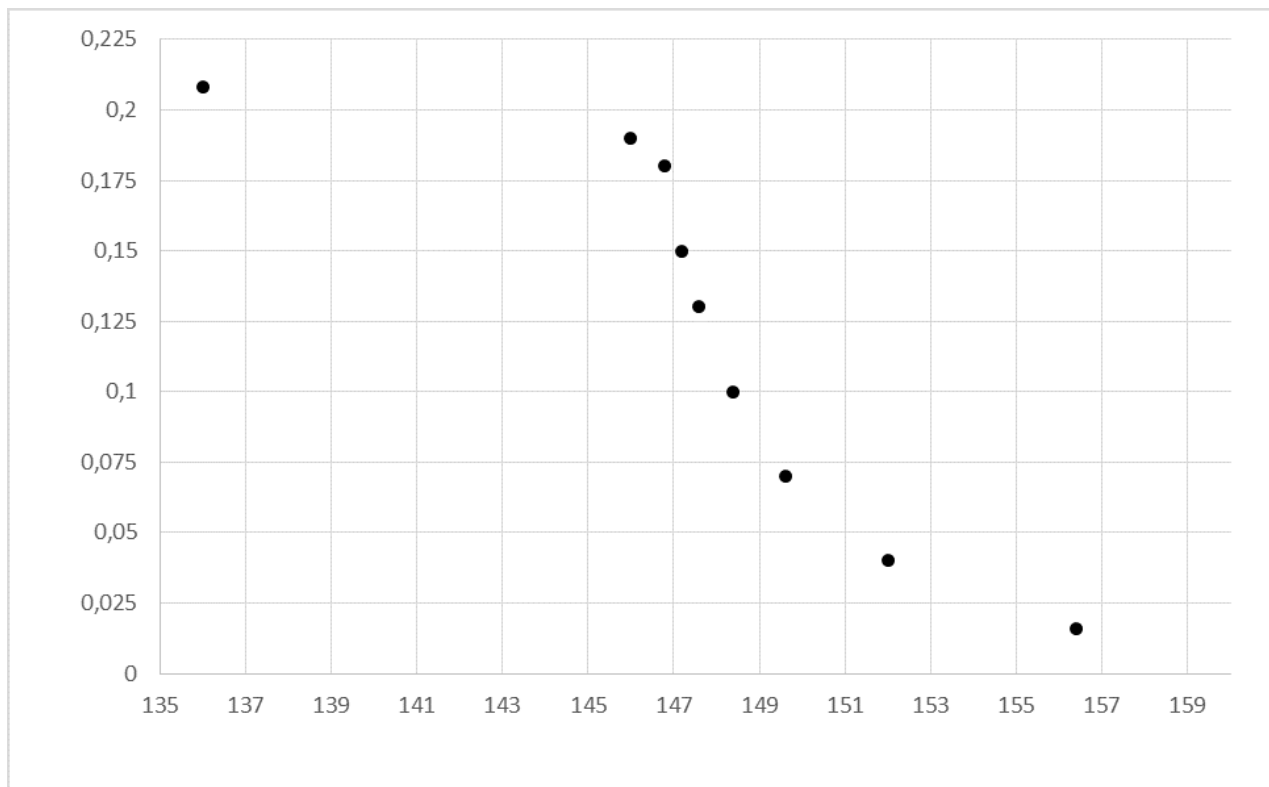


Рис. 7: Зависимость анодного тока от магнитного поля для $V_a = 100$ В

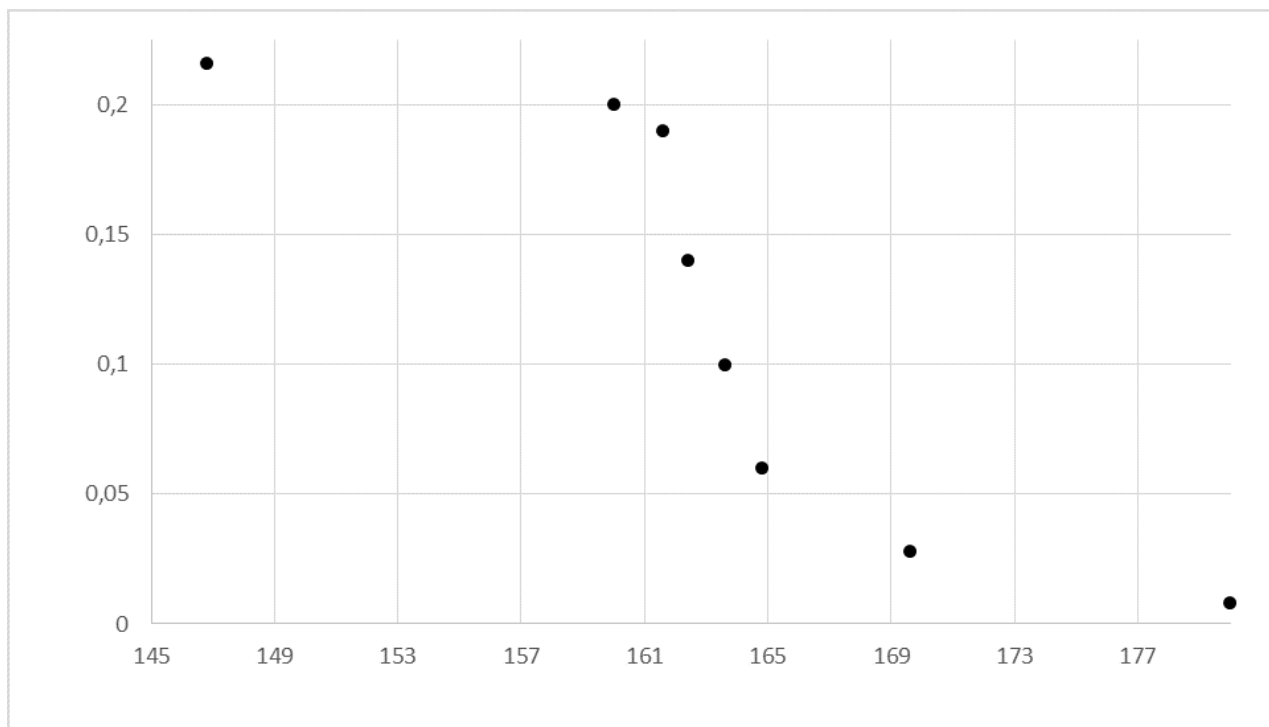


Рис. 8: Зависимость анодного тока от магнитного поля для $V_a = 120$ В

Соберем полученные значения критических полей в одну таблицу:

V_a	60	85	100	120
$B_{кр}$	4,445	4,8825	5,187	5,6875

Таблица 1: Зависимость критического поля от анодного напряжения

По полученным значениям строим график $B_{кр}^2(V_a)$:

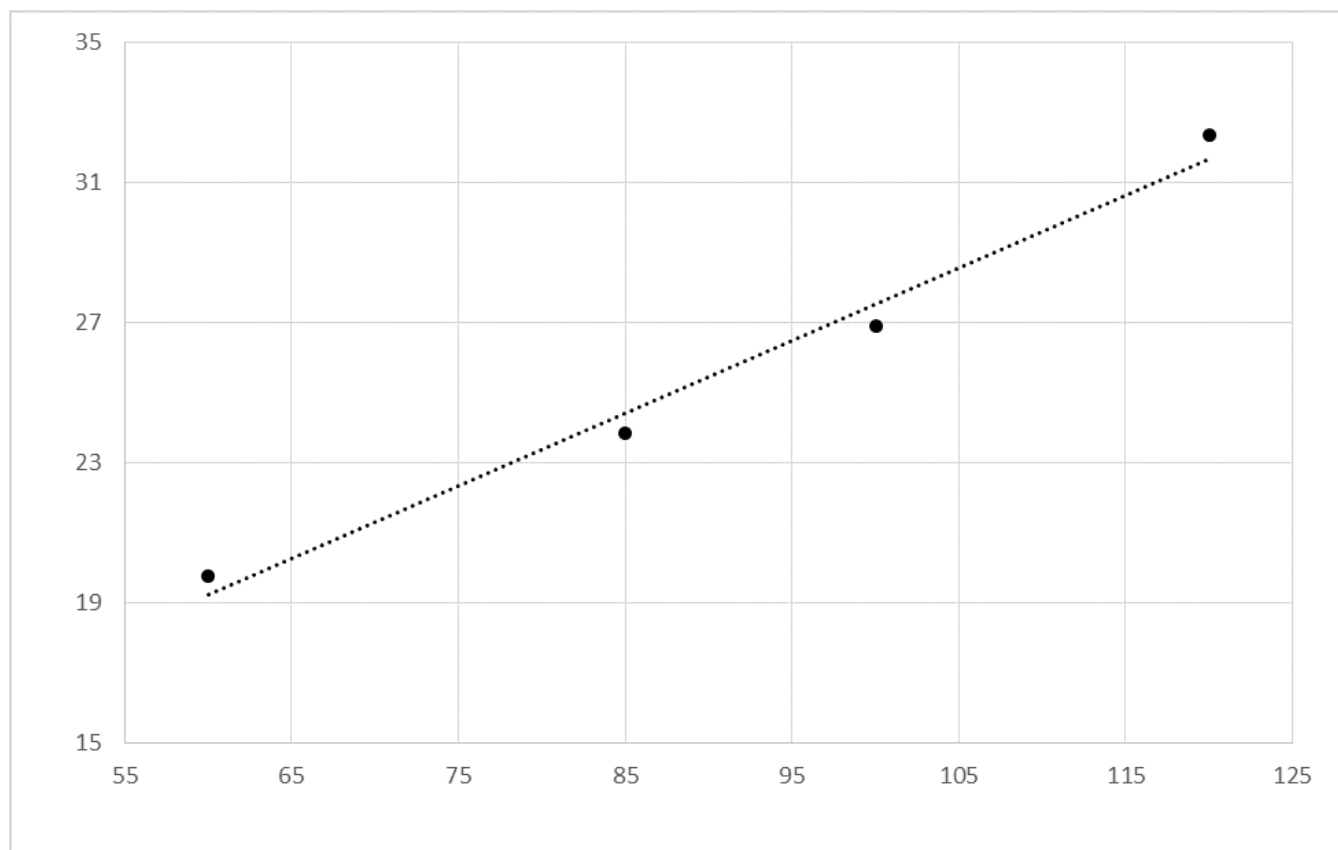


Рис. 9: Зависимость квадрата критического значения поля от анодного напряжения

По наклону графика определяем удельный заряд электрона:

$$\frac{e}{m} = (1,82 \pm 0,17) \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$$