

Группа _____ Р3212 _____

К работе допущен _____

Студент _____ Балин А. А. _____

Работа выполнена _____

Преподаватель _____ Смирнов А. В. _____

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №3.03

Определение удельного заряда электрона

1. Цели работы.

1. Провести измерения зависимости анодного тока I_a вакуумного диода от величины тока в соленоиде при различных значениях анодного напряжения.
2. Найти значение коэффициента связи между током соленоида и магнитным полем B внутри него.
3. Построить графики зависимостей I_a от B и определить по ним величины критических полей для каждого значения анодного напряжения.
4. По значениям критического поля найти величину удельного заряда электрона и оценить ее погрешность.

2. Измерительные приборы.

№	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность
1	Амперметр 1	Электронный	0–10 А	0,001 А
2	Амперметр 2	Электронный	0–2 мА	0,001 мА
3	Вольтметр	Стрелочный	10–15 В	0,2 В

3. Схема установки

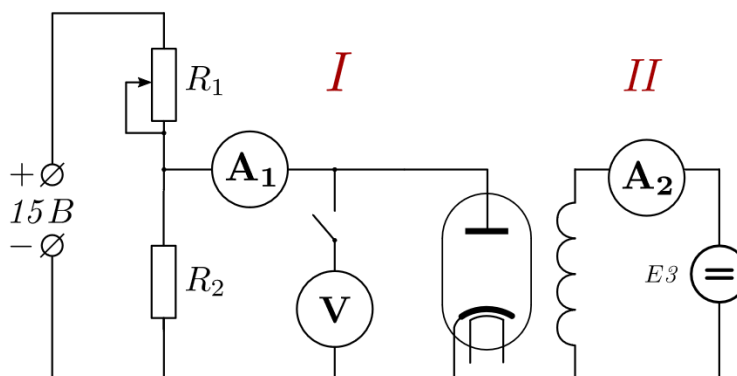


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема измерительного стенда

4. Ход работы

0 - 0,2173
20 - 0,2177
40 - 0,2178
60 - 0,2178
80 - 0,2179

100 - 0,2179

Э.В. - Денисенко
11,138 - Балин
9,138 - Соколов

Пикс 2.4

28.03.24

Таблица 1. Зависимости напряжения U_R от тока в соленоиде.

№ опыта	Анодное напряжение					
	$U = 5$ В		$U = 11$ В		$U = 15$ В	
	$I_{\text{кол}} = \text{мА}$	$I_a = \text{мА}$	$I_{\text{кол}} = \text{мА}$	$I_a = \text{мА}$	$I_{\text{кол}} = \text{мА}$	$I_a = \text{мА}$
1	0	0,2258	0,2801			0,3434
2	20	0,2162	0,2798			0,3436
3	40	0,0488	0,2799			0,3438
4	60	0,0252	0,2800			0,3432
5	80	0,2172	0,2805			0,3435
6	100	0,2171	0,2809			0,3437
7	120	0,2173	0,2814			0,3445
8	140	0,2173	0,2818			0,3456
9	160	0,2165	0,2815			0,3458
10	180	0,2132	0,2800			0,3444
11	200	0,2100	0,2761			0,3381
12	220	0,1937	0,2632			0,3204
13	240	0,1469	0,2218			0,2927
14	260	0,1226	0,1617			0,2126
15	280	0,0870	0,1355			0,1325
16	300	0,0864	0,1200			0,1588
17	320	0,0758	0,1025			0,1445
18	340	0,0655	0,0873			0,1340
19	360	0,0574	0,0873			0,1207
20	380	0,0505	0,0767			0,1043
21	400	0,0450	0,0629			0,0976
22	420	0,0418	0,0626			0,0883
23	440	0,0376	0,0578			0,0800
24	460	0,0341	0,0522			0,0741
25	480	0,0326	0,0488			0,0678
26	500	0,0301	0,0455			0,0629
27	520	0,0287	0,0430			0,0580
28	540	0,0273	0,0404			0,0540
29	560	0,0251	0,0380			0,0517
30	580	0,0243	0,0362			0,0493
31	600	0,0232	0,0346			0,0473
32	620	0,0226	0,0335			0,0455

Таблица 1. Зависимость напряжения U_R от тока в соленоиде.

№ опыта	Анодное напряжение			
	U = 11 В		U = 13 В	
	$I_{\text{сол}}, \text{мА}$	$I_a, \text{мА}$	$I_{\text{сол}}, \text{мА}$	$I_a, \text{мА}$
1	0	0,2801	0	0,3434
2	20	0,2798	20	0,3436
3	40	0,2799	40	0,3438
4	60	0,2800	60	0,3432
5	80	0,2805	80	0,3435
6	100	0,2809	100	0,3437
7	120	0,2814	120	0,3445
8	140	0,2818	140	0,3456
9	160	0,2815	160	0,3458
10	180	0,2800	180	0,3444
11	200	0,2761	200	0,3381
12	220	0,2632	220	0,3204
13	240	0,2218	240	0,2927
14	260	0,1617	260	0,2126
15	280	0,1395	280	0,1825
16	300	0,1200	300	0,1568
17	320	0,1096	320	0,1445
18	340	0,0973	340	0,1340
19	360	0,0873	360	0,1207
20	380	0,0767	380	0,1047
21	400	0,0689	400	0,0976
22	420	0,0626	420	0,0863
23	440	0,0578	440	0,0800
24	460	0,0522	460	0,0741
25	480	0,0488	480	0,0678
26	500	0,0455	500	0,0629
27	520	0,0430	520	0,0580
28	540	0,0404	540	0,0548
29	560	0,0380	560	0,0517
30	580	0,0362	580	0,0493
31	600	0,0346	600	0,0473
32	620	0,0335	620	0,0455

5. Обработка результатов

Построим графики зависимости I_a от $I_{\text{сол}}$ для всех значений анодного напряжения.

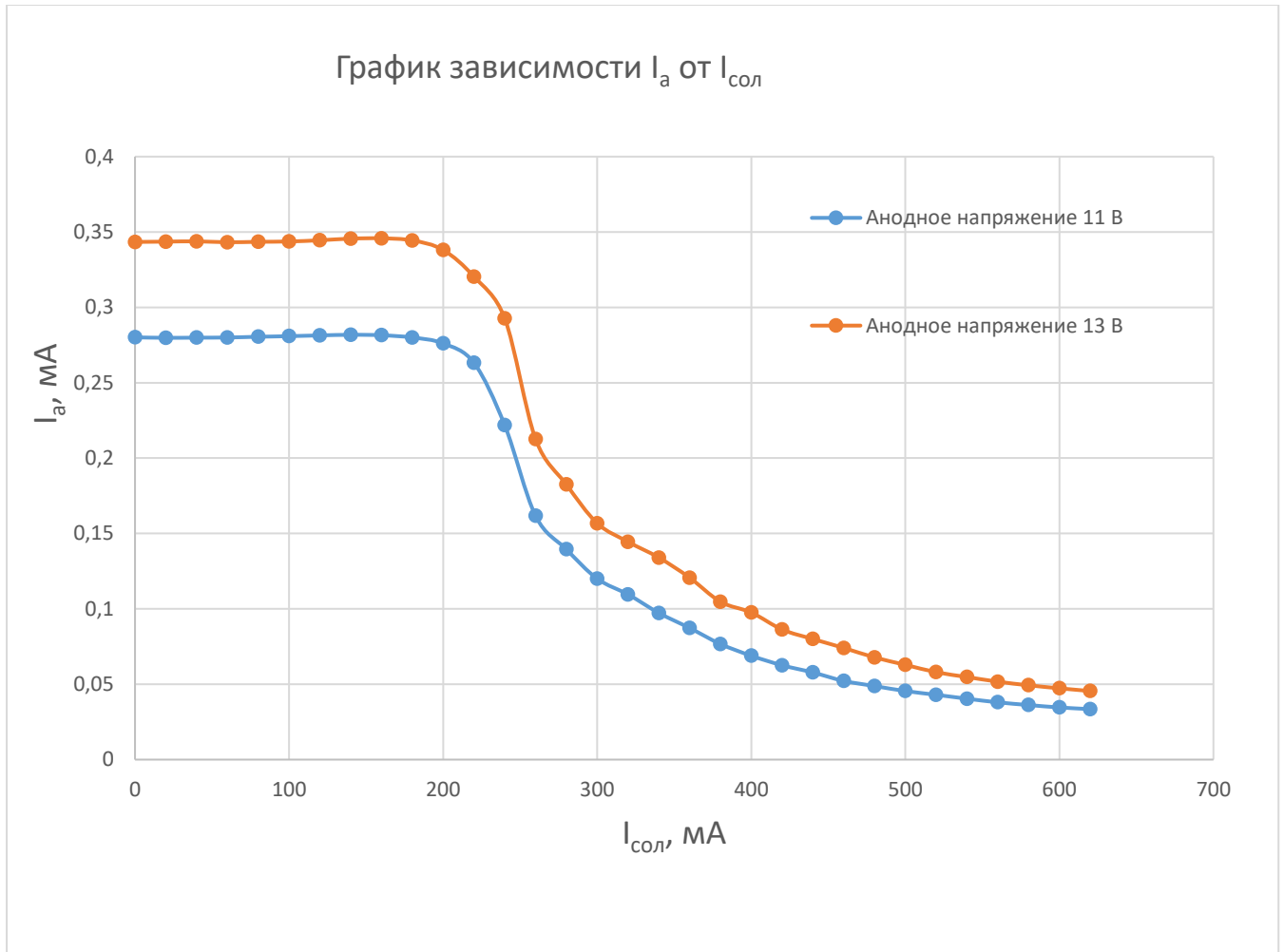


График 1. Зависимость анодного тока от тока соленоида при различных анодных напряжениях.

Построили прямые через 2 точки, где функция наиболее сильно убывает, построили прямые, параллельные оси (для простоты, оси переименовали в привычные OX и OY) OX по усреднённому значению y до падения (примерно до $x = 200$ мА).

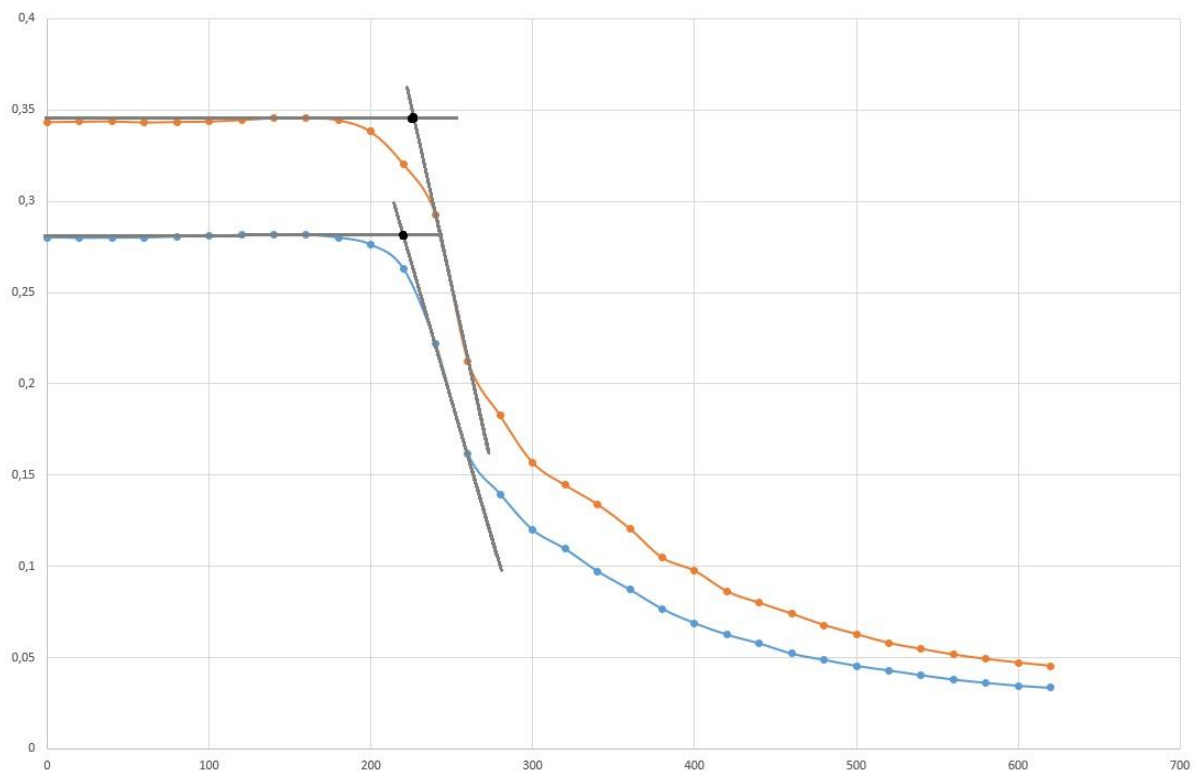


График 2. Критические точки значения тока в соленоиде.

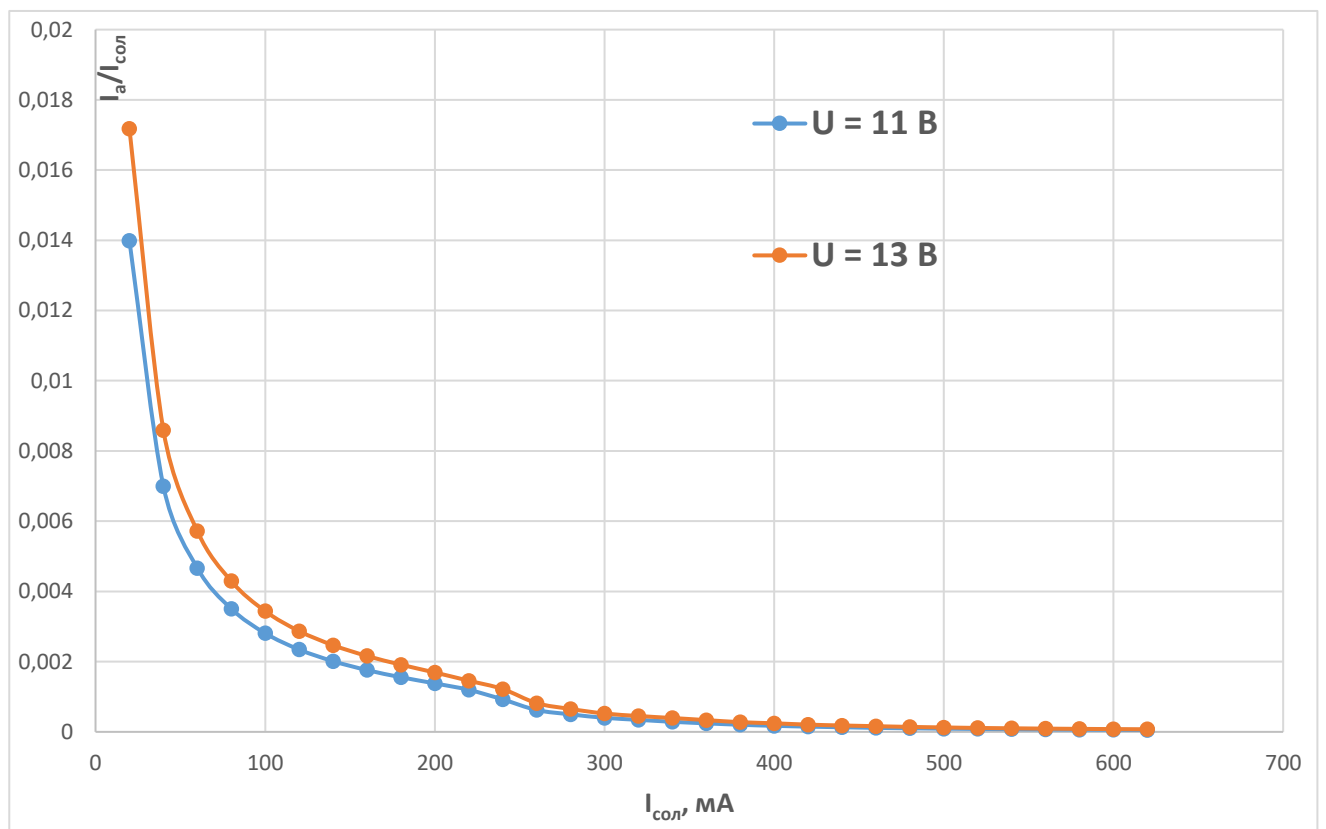


График №3. Зависимость $I_a/I_{\text{сол}}$ от $I_{\text{сол}}$ для каждого значения U .

Вычислили $I_{\text{крит}_1} = 220,433 \text{ мА}$, $I_{\text{крит}_2} = 227,141 \text{ мА}$

По найденным значениям $I_{\text{крит}}$ вычислили соответствующие значения $B_{\text{крит}}$:

$$B_{\text{крит}} = \mu_0 I_{\text{крит}} N \frac{1}{\sqrt{(l^2 + d^2)}}$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ – магнитная постоянная, N – число витков соленоида (1500), l – его длина (36 мм), d – его диаметр (37 мм).

Расчетная формула для определения удельного заряда электрона принимает следующий вид:

$$\frac{e}{m} = \frac{8U(l^2 + d^2)}{(\mu_0 r_a N I_{\text{крит}})^2}$$

По ней подсчитали e/m .

Таблица №2. Значения критической силы катодного тока и индукции магнитного поля в центре соленоида.

$U, \text{В}$	$I_{\text{крит}}, \text{А}$	$B_{\text{крит}}, \text{Тл}$	$\frac{e}{m}, \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$
11	0,220433	0,008049	$1,50932 \cdot 10^{11}$
13	0,227141	0,008294	$1,67994 \cdot 10^{11}$

Погрешность удельного заряда электрона при многократных измерениях

$$\Delta \frac{e}{m} = t_{a,n} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta \frac{e}{m} = t_{0,95,2} * \sqrt{\frac{((1,59463 - 1,50932)^2 + (1,67994 - 1,59463)^2) * 10^{22}}{2}} = 0,25 * 10^{11} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$

По значениям критического поля нашли среднюю величину удельного заряда электрона и оценили ее погрешность: $\frac{e}{m} = (1,59463 \pm 0,25) * 10^{11} \text{ Кл/кг}$

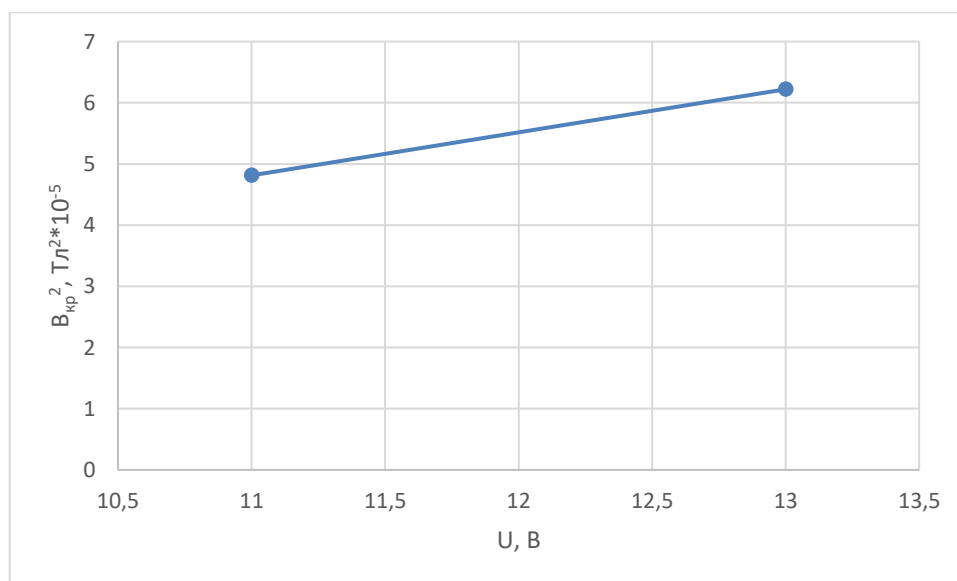


График №4. Зависимость $B_{\text{кр}}^2$ от U

Нашли угловой коэффициент $\Delta(B_c^2)/\Delta U$ полученной прямой:

$$k = 1,95$$

Истинное значение, для сравнения: $1,76 * 10^{11} \text{ Кл/кг}$.

Относительная погрешность:

$$\varepsilon = \frac{1,74 * 10^{11} - 1,59463 * 10^{11}}{1,74 * 10^{11}} = 0,084 = 8,4\%$$

6. Вывод

В ходе данной работы была изучена зависимость анодного тока вакуумного диода от величины тока в соленоиде при различных значениях анодного напряжения. Экспериментально определено значение коэффициента связи между током соленоида и магнитным полем внутри него.

Были построены графики зависимости анодного тока от тока соленоида при различных анодных напряжениях. Для каждого значения анодного напряжения были определены критические точки значения тока в соленоиде. По найденным значениям критического поля была вычислена величина удельного заряда электрона с учетом соответствующих формул и параметров соленоида. Сравнивая значения истинного удельного заряда электрона с экспериментальным, выяснили, что значение найдено с относительной погрешностью 8,4%.