

Группа _____ М3215 _____

К работе допущен _____

Студент _____ Гаджиев С. И., Адмайкин П.Г. _____

Работа выполнена _____

Преподаватель _____ Тимофеева Э. О. _____

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №3.01

“Изучение электростатического поля методом моделирования”

1. Цель работы.

Построение сечений эквипотенциальных поверхностей и силовых линий электростатического поля на основе экспериментального моделирования распределения потенциала в слабопроводящей среде.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

1. Проведение экспериментов с лабораторным оборудованием для формирования поверхностей с одинаковым потенциалом в присутствии и отсутствии проводящего тела.
2. Визуализация линий с постоянным потенциалом.
3. Отображение системы линий сил поля с указанием их направления.
4. Вычисление величины напряженности в центре электролитической ванны и вблизи одного из электродов.
5. Обнаружение областей с наименьшей и наибольшей напряженностью.
6. Создание графика зависимости $\varphi = \varphi(x)$ для двух рассмотренных конфигураций поля при "горизонтальном" положении с уровнем $Y = 10$ см.

3. Объект исследования.

Модель плоского конденсатора.

4. Метод экспериментального исследования.

Многократные измерения потенциала плоского конденсатора и нахождение эквипотенциальных поверхностей.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Напряженность в центре электролитической ванны и окрестности одного из электродов:

$$\langle E_{12} \rangle \approx \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\ell_{12}}$$

Поверхностная плотность электрического заряда на электродах:

$$\sigma' \approx -\varepsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{\Delta\ell_n}$$

Абсолютная погрешность с учетом погрешности приборов:

$$\Delta x = \sqrt{(\overline{\Delta x})^2 + \left(\frac{2}{3}\Delta_{\text{из}}\right)^2}$$

Относительная погрешность:

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Деления	Погрешность прибора
1	Вольтметр	Электрический	0,01 В	0,005 В
2	Линейка	Измерительный	0,1 см	0,05 см

7. Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1).

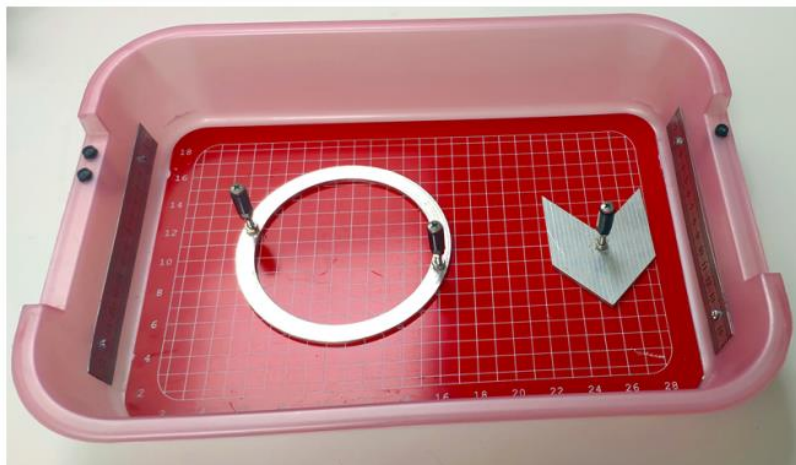


Рис. 2. Электролитическая ванна

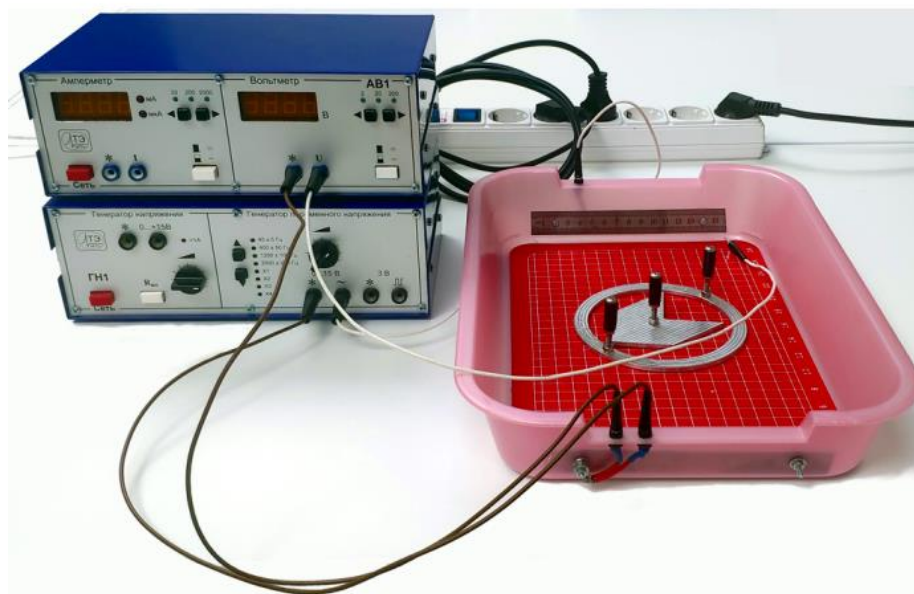


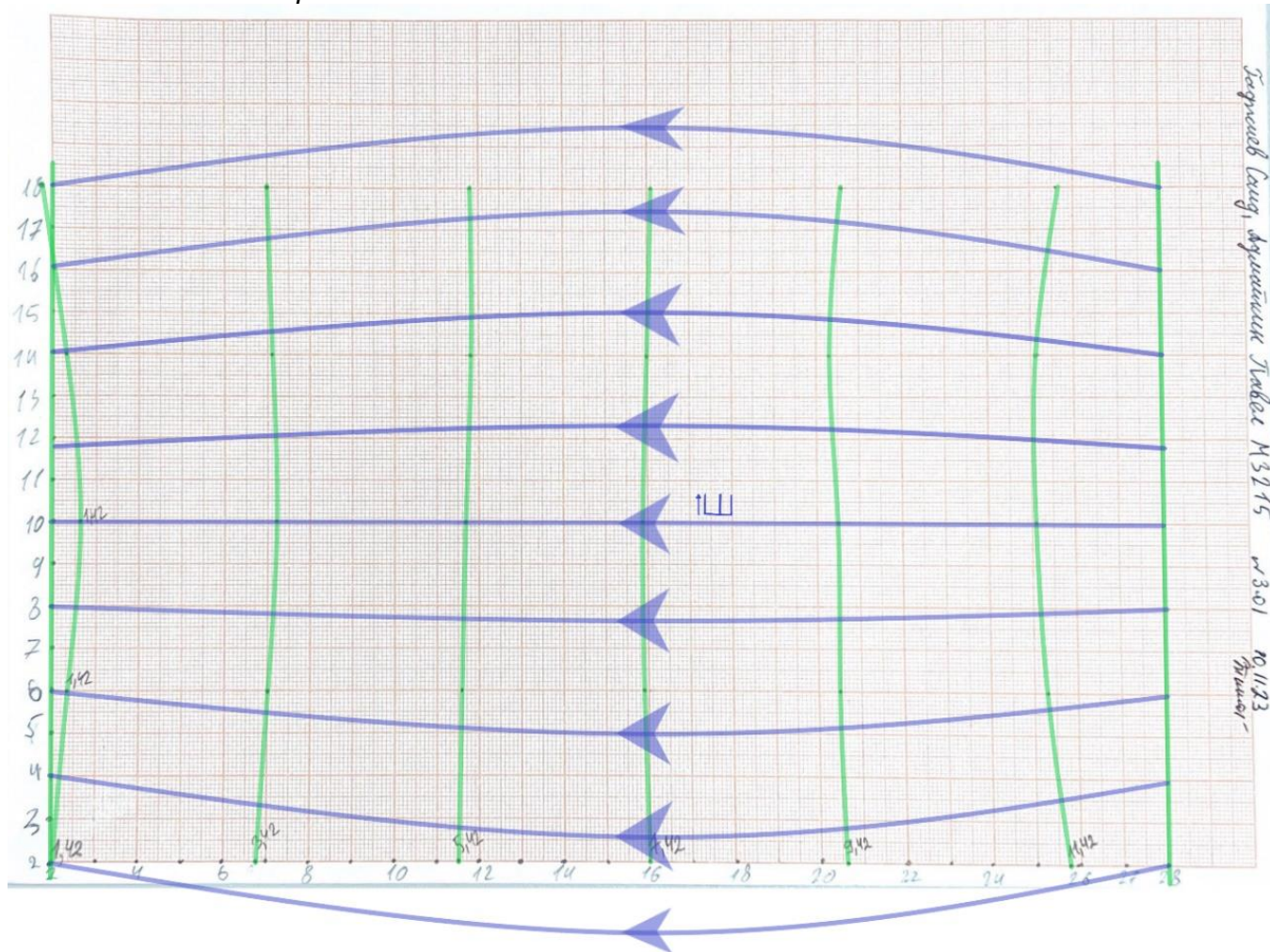
Рис. 4. Общий вид лабораторной установки.

Приборы и принадлежности, используемые в лабораторной работе, показаны на рис. 4. На

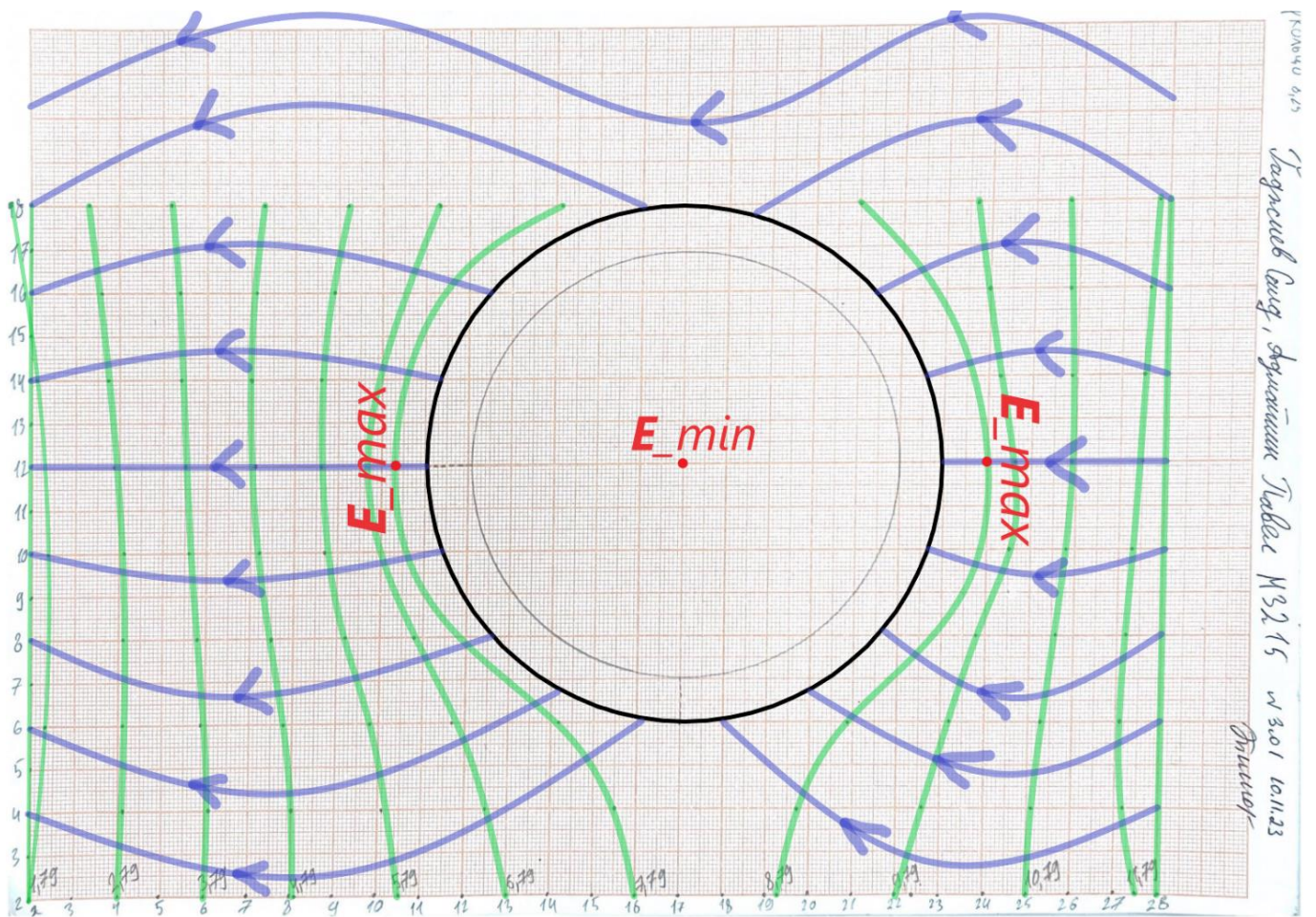
боковых стенках электролитической ванны расположены плоские металлические электроды, подключенные к многофункциональному генератору напряжения ГН1. Между электродами находится измерительный зонд в виде тонкого изолированного проводника, подсоединенного к вольтметру. Вольтметр в составе комбинированного прибора АВ1 показывает действующую разность потенциалов между зондом и электродом, подключенным ко второму гнезду вольтметра. Собственное сопротивление вольтметра существенно превышает сопротивление воды в ванне, для того чтобы измерительный ток вольтметра не шунтировал токи в модели и не искажал распределение электрического поля. В ванну может быть помещено проводящее тело в форме кольца.

8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

Срезы эквипотенциальных поверхностей и силовые линии модели, имитирующей плоский конденсатор:



Срезы эквипотенциальных поверхностей и силовые линии модели, имитирующей электростатическое поле с помещенным по центру кольцевым проводником:



9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).

Напряженность в окрестности центра электролитической ванны:

Координаты центральной точки ванны: $x = 15$, $y = 12$.

Где $\varphi_1 = 7,42$ В; $\varphi_2 = 5,42$ В; $l_{12} = 4,5$ см = 0,045 м;

По формуле (1):

$$E_{\text{центра}} = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{l_{12}} = \frac{(7,42 - 5,42)}{0,045} \approx 44,44 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Напряженность в окрестности электрода:

Где $\varphi_1 = 3,42$ В; $\varphi_2 = 1,42$ В; $l_{12} = 4,7$ см = 0,047 м;

По формуле (1):

$$E_{\text{электрода}} = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{l_{12}} = \frac{(3,42 - 1,42)}{0,047} \approx 42,55 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Поверхностная плотность электрического заряда на электродах:

По формуле (2):

$$\text{Где } \varepsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$$

$$\sigma_1 \approx -\varepsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{\Delta l_n} = -8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{2}{0,047} = -3,76 \cdot 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

$$\sigma_2 \approx -\varepsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{\Delta l_n} = -8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{2}{0,045} = -3,93 \cdot 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

Минимальная напряженность будет при $r < R$, где r - расстояние от точки до центра кольца, а R - радиус кольца.

$$E_{\min} = 0 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Максимальная напряженность будет близи кольца, то есть при $r \geq R$, где r - расстояние от точки до центра кольца, а R - радиус кольца.

$$E_{\max} = \frac{7,79 - 6,79}{0,03} = \frac{1}{0,03} \approx 33,3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

Для прямых измерений это погрешность вольтметра $\approx 0,005 \text{ В}$.

Для косвенных измерений:

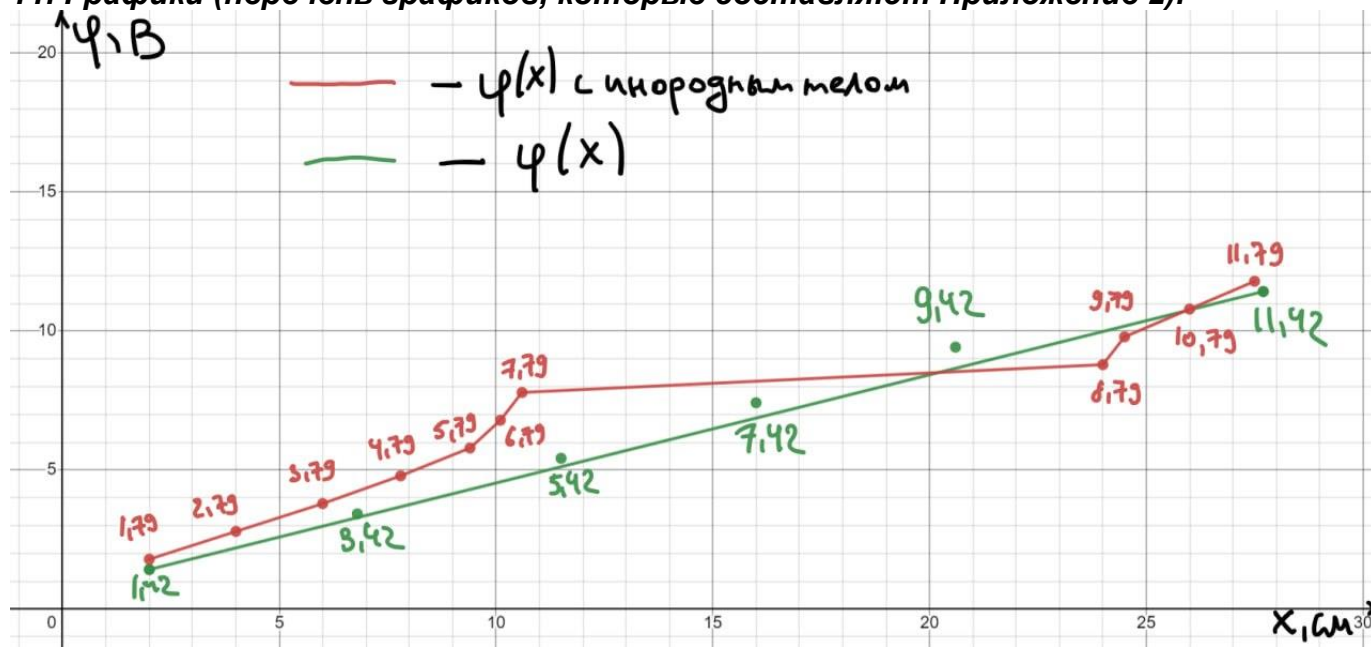
$$\Delta E_{\text{центра}} = \frac{2 \cdot 2}{3 \cdot 0,045} \sqrt{(0,005)^2 + \left(\frac{(7,42 - 5,42) \cdot 0,0005}{0,045} \right)^2} = 0,67 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\varepsilon_{E_{\text{центра}}} = \frac{0,67}{44,44} \cdot 100\% = 1,5\%$$

$$\Delta E_{\text{электрода}} = \frac{2 \cdot 2}{3 \cdot 0,047} \sqrt{(0,005)^2 + \left(\frac{(3,42 - 1,42) \cdot 0,0005}{0,047} \right)^2} = 0,62 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\varepsilon_{E_{\text{электрода}}} = \frac{0,62}{42,55} \cdot 100\% = 1,46\%$$

11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).



12. Окончательные результаты.

$E_{\text{центра}} = 44,44 \pm 0,67 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ (Напряженность в окрестности центра электролитической ванны без проводящего кольца)

$E_{\text{электрода}} = 42,55 \pm 0,62 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ (Напряженность в окрестности одного из электродов без проводящего кольца)

$\sigma_1 = 3,76 \cdot 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$ (Поверхностная плотность заряда на левом электроде)

$\sigma_2 = -3,93 \cdot 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$ (Поверхностная плотность заряда на правом электроде)

$E_{\text{min}} = 0 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ (Минимальная напряженность при нахождении проводящего кольца в ванне)

$E_{\text{max}} = 33,3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ (Максимальная напряженность при нахождении проводящего кольца в ванне)

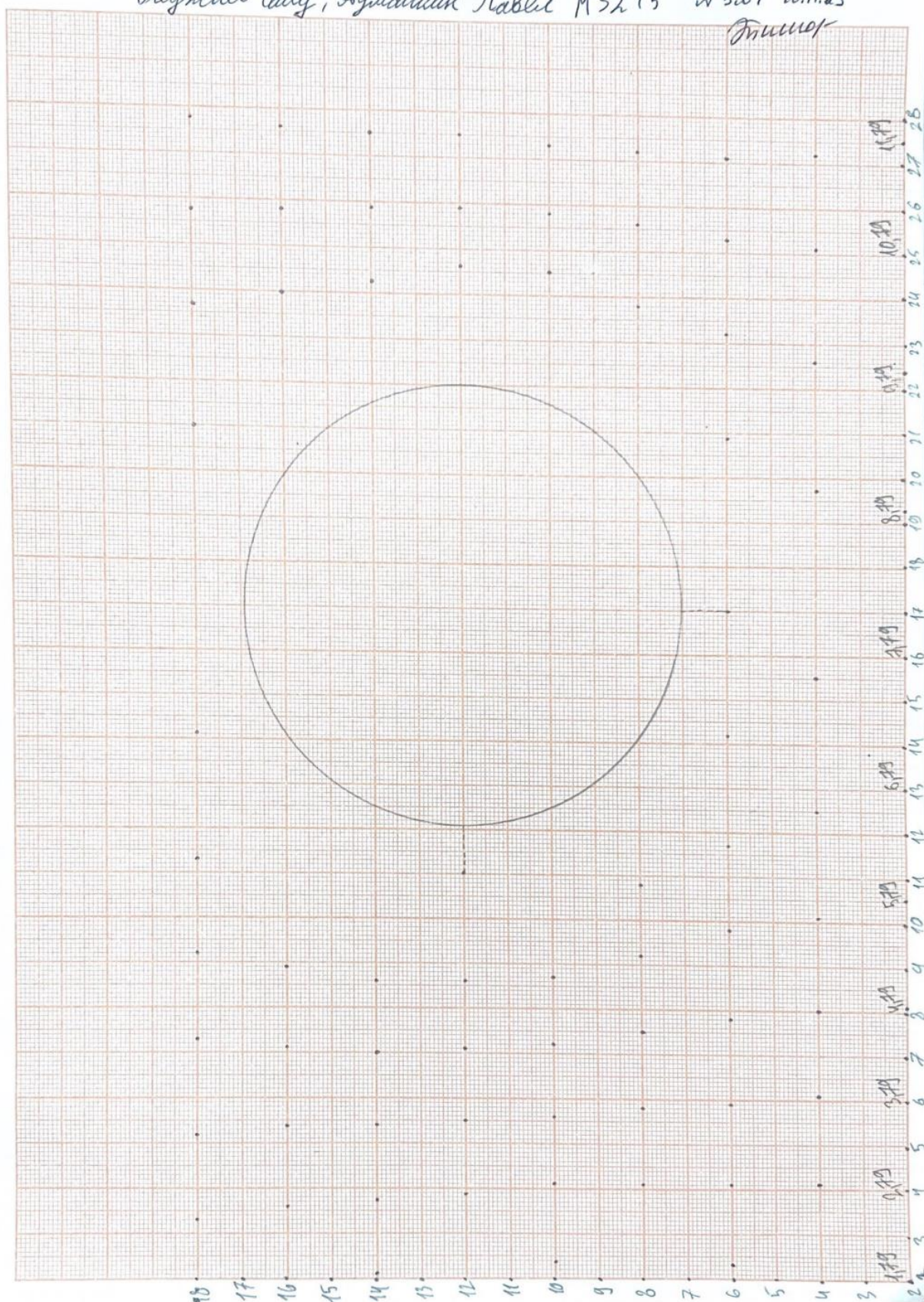
13. Выводы и анализ результатов работы.

В процессе работы мы освоили технику построения силовых линий, основываясь на эквипотенциальных полях в модели плоского конденсатора и в условиях наличия проводящего объекта. Составили график, отражающий зависимость потенциала от координаты для двух изученных конфигураций поля. Было замечено, что в отсутствие проводящего объекта график представляет собой прямую линию, а при его наличии - функцию, заданную по частям, которая напоминает кубическую функцию, если считать начало координат в центре кольца. Также обнаружили, что максимальное значение напряженности поля при наличии проводящего кольца располагается близко к кольцу на той же горизонтальной линии, что и его центр, а минимальное значение достигается при условии, что расстояние от точки до центра кольца меньше радиуса кольца.

РКОЛБ40 0,25

Тадриев Сид, Аджматик Павел М3215 №3.01 10.11.23

Титул



Загочев Саид, Ахметов Павел М3215 №3-01 10.11.23
Тренировка

