

Группа М3201

К работе допущен _____

Студенты Ткачук С.А. и Чуб Д.О.

Работа выполнена _____

Преподаватель Шоев В.И.

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.01

Изучение электростатического поля методом моделирования

1. Цель работы

Изучить электростатическое поле методом моделирования.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы

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

3. Объект исследования

Модель электростатического поля.

4. Метод экспериментального исследования

Лабораторный, моделирование

5. Рабочие формулы и исходные данные

Формулы:

Средняя напряженность между двумя точками, лежащими на одной силовой линии (φ_1 и φ_2 - потенциалы двух точек, l_{12} - длина участка силовой линии между точками)

$$\langle E_{12} \rangle \approx \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{12}} \quad (1)$$

Поверхностная плотность зарядов на проводнике (ε_0 - электрическая постоянная, $\Delta\varphi$ - изменение потенциала при смещении на малое расстояние Δl_n по нормали к поверхности проводника)

$$\sigma' \approx -\varepsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{\Delta l_n} \quad (2)$$

Исходные данные:

$$\text{Электрическая постоянная } \varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$$

6. Измерительные приборы

	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Амперметр-вольтметр	Электронный	20 В	0.5%
2	Генератор напряжения	Электронный	450 Гц	50 Гц

7. Схема установки

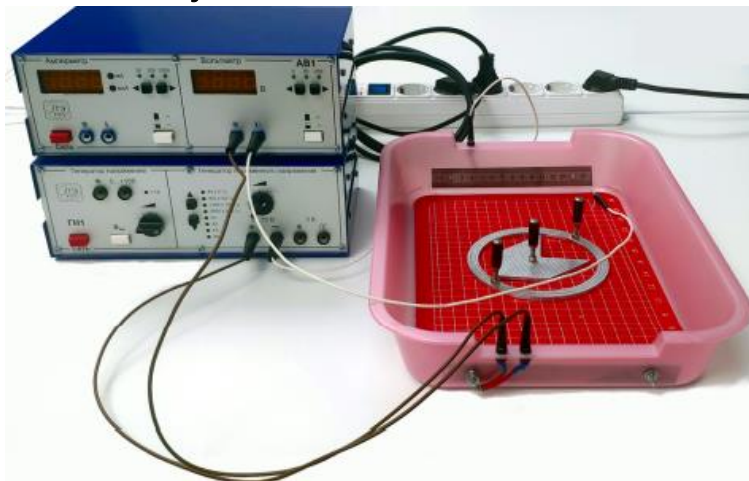


Рис. 1: экспериментальная установка: электролитическая ванна с металлическими электродами, генератор напряжения, вольтметр, проводящее тело

8. Результаты прямых измерений и их обработки

Рис. 2: эквипотенциальные и силовые линии в среде без проводящего тела

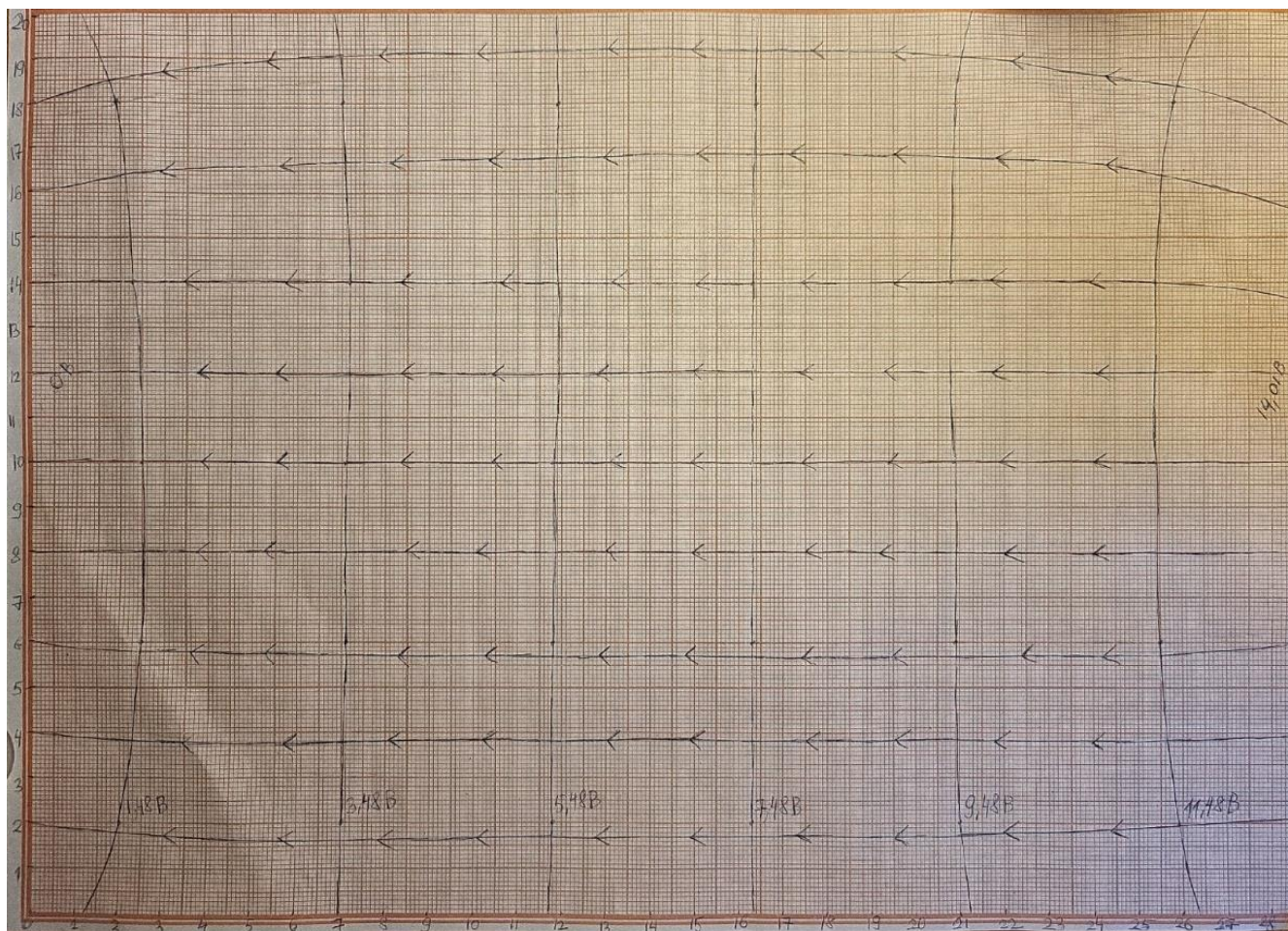
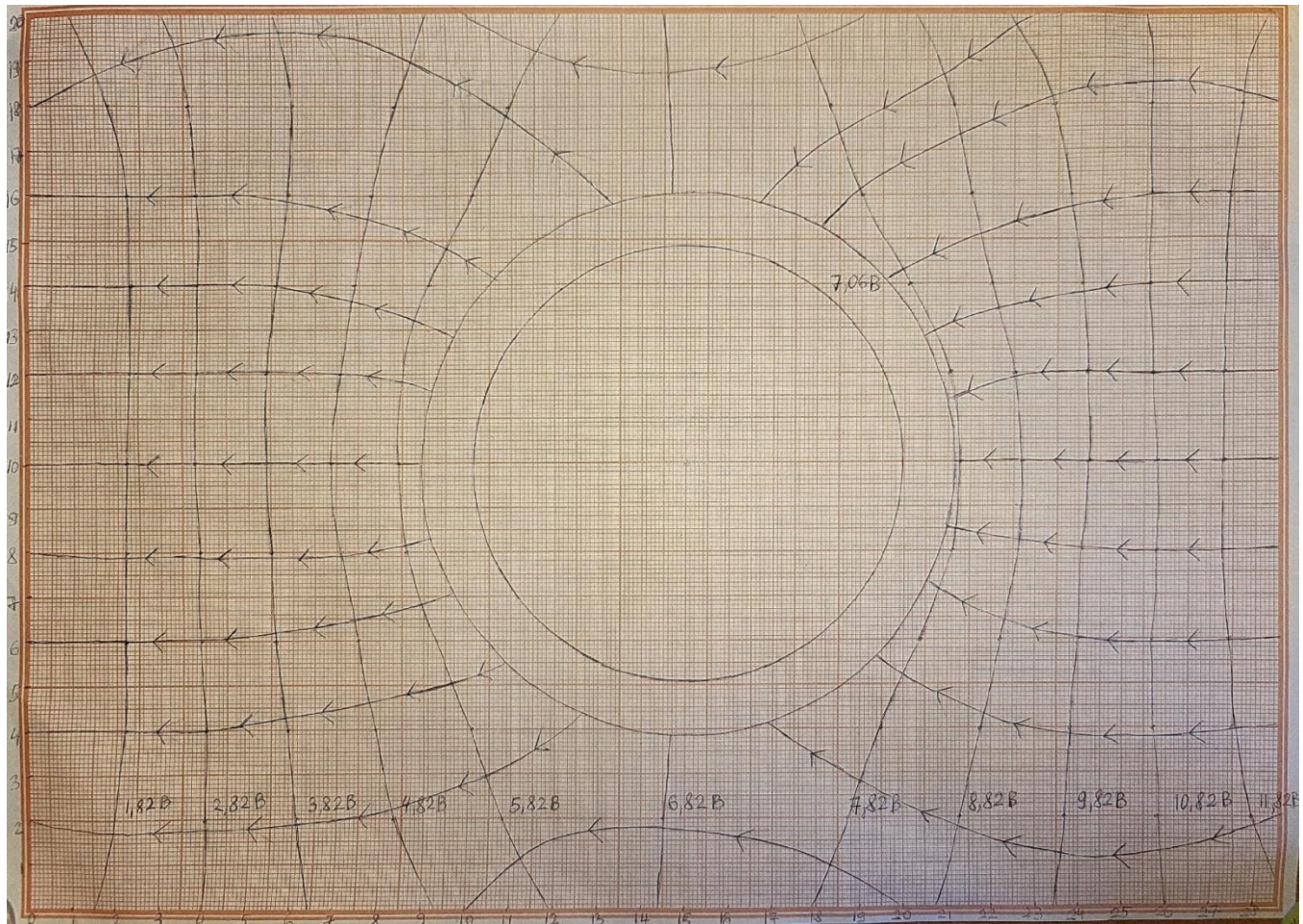


Рис. 3: эквипотенциальные и силовые линии в среде с проводящим кольцом



9. Расчет результатов косвенных измерений

Для модели плоского конденсатора рассчитаем по формуле (1) величину напряженности в центре электролитической ванны и в окрестностях положительно заряженного электрода.

$$\langle E_{\text{центра}} \rangle \approx 44,44 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\langle E_{+} \rangle \approx 45,45 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

По формуле (2) рассчитаем поверхностную плотность электрического заряда на электродах.

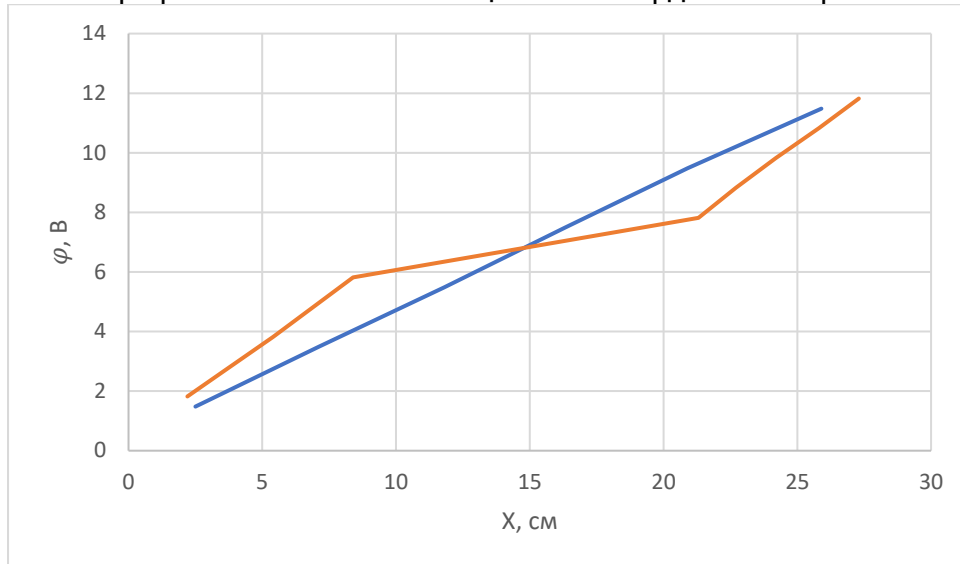
$$\sigma' \approx 402,23 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

Для конфигурации поля с проводящим кольцом найдем области с минимальной и максимальной напряженностью. Максимальная напряженность будет в области наибольшей плотности силовых линий, т. е. около правой границы кольца. Минимальной в области наименьшей плотности силовых линий, т. е. снизу от кольца.

$$\langle E_{\text{max}} \rangle = 66,67 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\langle E_{\text{min}} \rangle = 23,26 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Рис. 4: график зависимости потенциала от координаты X при Y = 10 см



— - конденсатор без проводящего кольца
 — - конденсатор с проводящим кольцом

10. Расчет погрешностей измерений

По формуле (3) найдем погрешность $\langle E_{\text{центра}} \rangle$ и $\langle E_+ \rangle$:

$$\Delta \langle E_{\text{центра}} \rangle = 0,661 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\Delta \langle E_+ \rangle = 5,978 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

11. Окончательные результаты

$$\begin{aligned} \langle E_{\text{центра}} \rangle &= 44,44 \pm 0,66 \frac{\text{В}}{\text{м}} & \varepsilon_{\langle E_{\text{центра}} \rangle} &= 1,5\% \\ \langle E_+ \rangle &= 45,45 \pm 5,98 \frac{\text{В}}{\text{м}} & \varepsilon_{\langle E_+ \rangle} &= 13,2\% \end{aligned}$$

12. Вывод и анализ результатов работы

Было получено электростатическое поле методом моделирования. Было изучено распределение потенциалов и построены эквипотенциальные и силовые линии. Построены графики зависимости потенциалов от координат для двух конфигураций поля: с проводящим телом и без. На основе этих зависимостей можно сделать вывод, что кольцо создает область с постоянным потенциалом.