

Группа М3216

К работе допущен _____

Студент Квачук Сергей и Орлов
Владимир

Работа выполнена _____

Преподаватель Тимофеева Эльвира
Олеговна

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.

Смоделировать электростатическое поле с помощью применения слабопроводящей среды с размещенными в ней электродами.

Изобразить эквипотенциальные линии и системы силовых линий поля с указанием направления. Вычислить значение напряженности в электролитической ванне и найти области с минимальной и максимальной напряженностью.

3. Объект исследования.

Модель плоского конденсатора в виде электролитической ванны со слабопроводящей средой.

4. Метод экспериментального исследования.

В заполненной не дистиллированной водой электролитической ванне замерить зондом разность потенциалов между одним из электродов и точками в ванночке.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

1. Средняя напряженность между двумя точками, лежащими на одной силовой линии.

$$\langle E_{12} \rangle \cong \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{12}},$$

где l_{12} – длина участка силовой линии между точками.

2. Формула поверхностной плотности зарядов на проводнике.

$$\sigma' \cong -\varepsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{\Delta l_n}$$

где $\Delta\varphi$ – изменение потенциала при смещении на малое расстояние, Δl_n – по нормали к поверхности проводника.

3. Коэффициент электрической постоянной. $\varepsilon_0 \approx 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
4. Формула погрешности косвенных измерений для напряжённости.

$$\Delta E = \sqrt{2 \left(\frac{1}{l} * \Delta\varphi \right)^2 + \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{12}^2} \Delta l_{12} \right)^2}$$

5. Формула погрешности косвенных измерений для поверхностной плотности зарядов на проводнике.

$$\Delta\sigma = \varepsilon_0 \sqrt{\left(\frac{1}{l_n} * \Delta\varphi \right)^2 + \left(\frac{\Delta\varphi}{l_n^2} \Delta l_n \right)^2}$$

6. Измерительные приборы.

| № п/п | Наименование | Тип прибора | Используемый диапазон | Погрешность прибора |
|-------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | Вольтметр | электронный | 0–15 В | 0.005 В |
| 2 | Линейка | физический | 0–0.25 м | 0.0005 м |

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

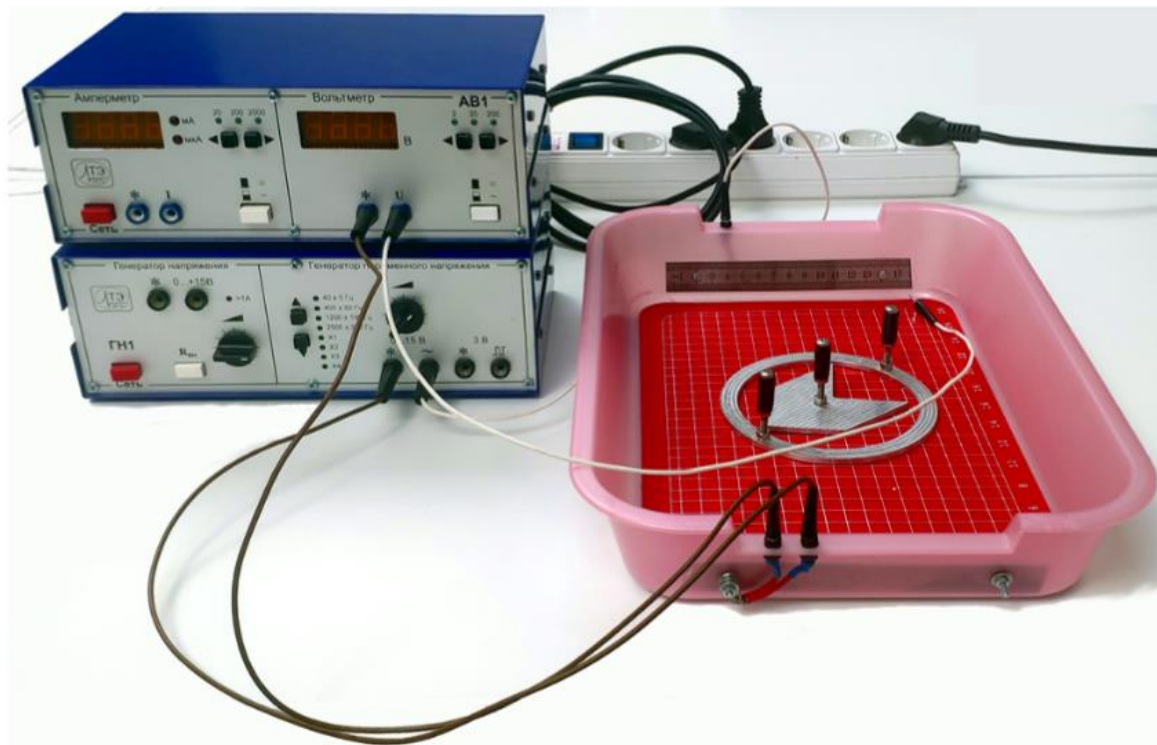
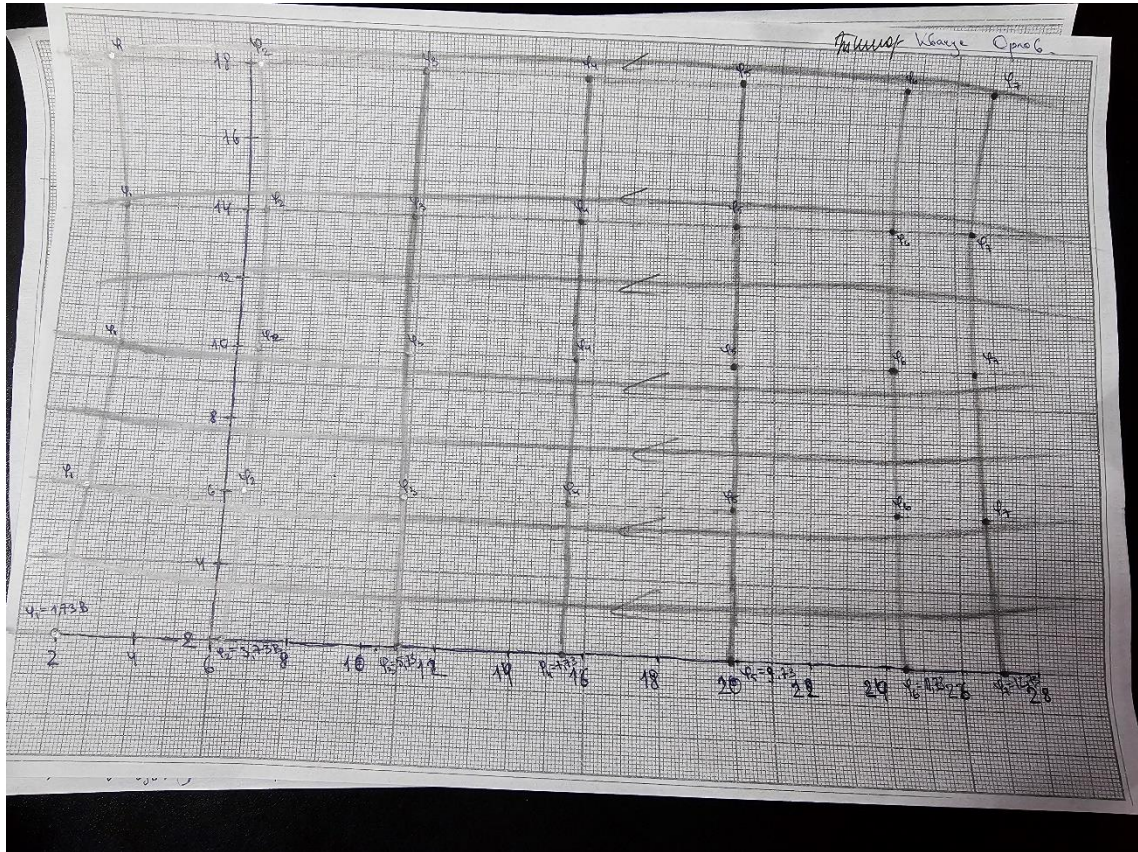


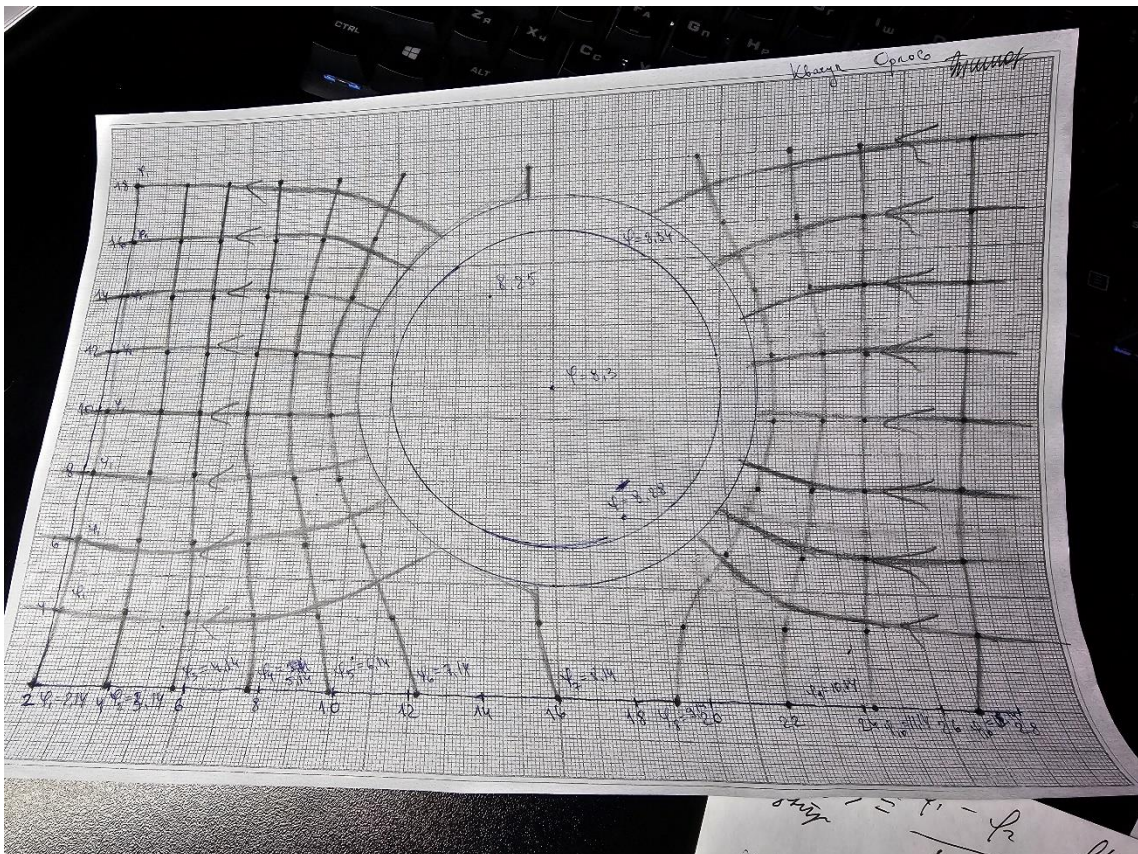
Рис. 4. Общий вид лабораторной установки.

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

Распределение потенциала в модели плоского конденсатора:



Распределение потенциала при наличии проводящего тела:



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

Вычисление величины напряженности в центре электролитической ванны и в окрестности одного из электродов.

$$\langle E_{\text{ц}} \rangle \cong \frac{7.73 - 5.73}{0.156 - 0.108} = 41.6 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\langle E_{\text{э}} \rangle \cong \frac{1.73 - 0}{0.02 - 0} = 86.5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Вычисление величины поверхностной плотности зарядов на проводнике.

$$\sigma' \cong -8.85 * 10^{-12} * \frac{1.73}{0.02} = -7.65525 * 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

Наибольшая напряженность находится у внешней окружности кольца, потому что именно возле внешней окружности кольца силовые линии проходят ближе всего друг к другу, а эквипотенциальные проходят чаще, что и требуется для условия наибольшей напряженности электрического поля.

$$\langle E_{\text{max}} \rangle = \frac{11.14 - 10.14}{0.251 - 0.239} \approx 90.91 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Наименьшая напряжённость находится внутри кольца, потому что внутри кольца силовые линии наиболее отдалены друг от друга. Напряжённость равна 0, так как разность потенциалов между любыми двумя точками в кольце будет равна 0.

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

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

Расчёт погрешности напряжений в центре и возле электрода

$$\Delta \langle E_{\text{ц}} \rangle = \sqrt{2 * \left(\frac{1}{0.156 - 0.108} * 0.005 \right)^2 + \left(\frac{7.73 - 5.73}{(0.156 - 0.108)^2} * 0.0005 \right)^2} \approx 0.4583 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\Delta \langle E_{\text{э}} \rangle = \sqrt{2 * \left(\frac{1}{0.02 - 0} * 0.005 \right)^2 + \left(\frac{1.73 - 0}{(0.02 - 0)^2} * 0.0005 \right)^2} \approx 2.1912 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

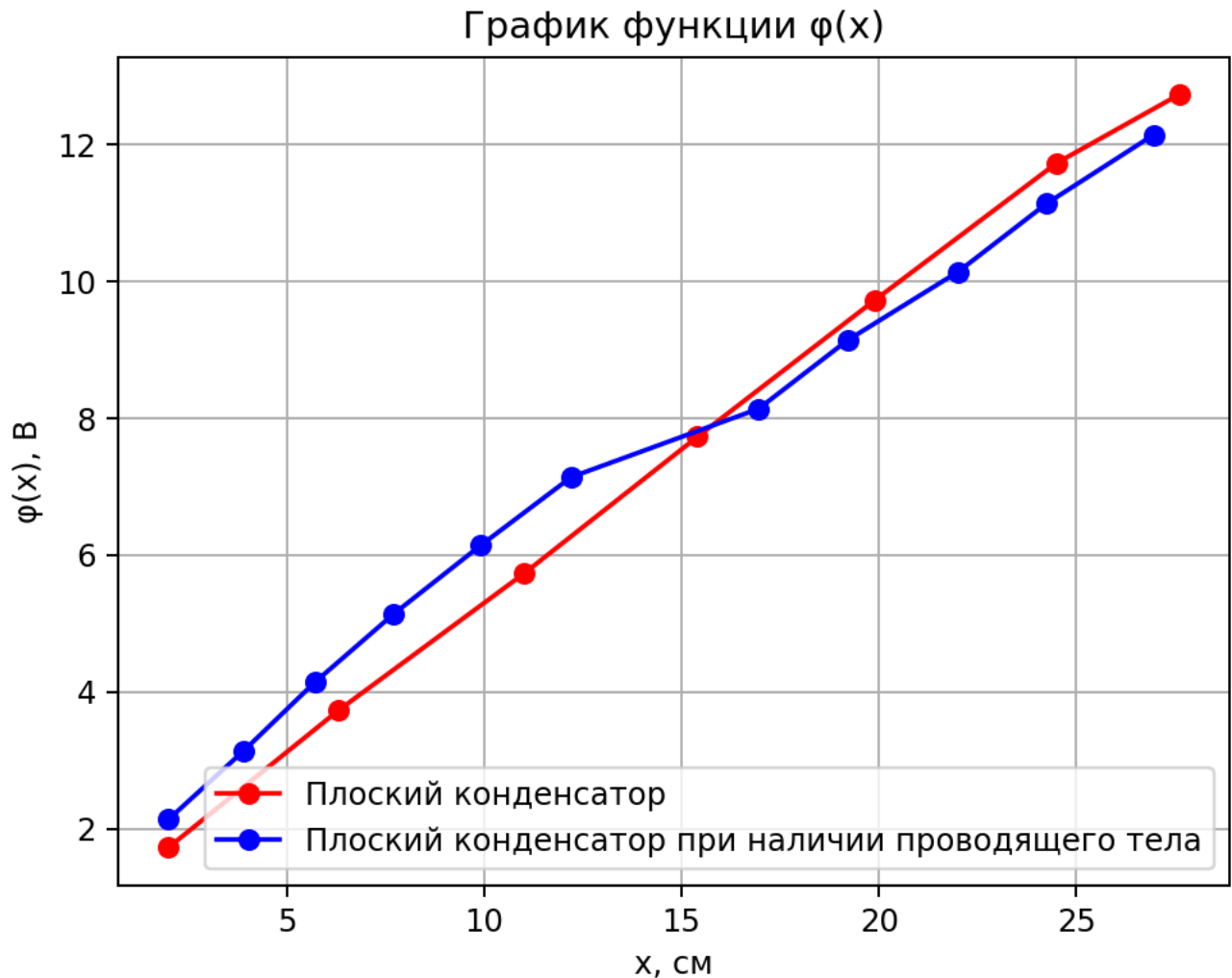
Расчёт погрешности поверхностной плотности заряда на проводнике

$$\Delta \sigma' = 8.85 * 10^{-12} \sqrt{\left(\frac{1}{0.02 - 0} * 0.005 \right)^2 + \left(\frac{1.73 - 0}{(0.02 - 0)^2} * 0.0005 \right)^2} \approx 1.926 * 10^{-11} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

Расчёт погрешности наибольшей напряжённости

$$\Delta \langle E_{\max} \rangle = \sqrt{2 * \left(\frac{1}{0.251-0.239} * 0.005 \right)^2 + \left(\frac{11.14 - 10.14}{(0.251-0.239)^2} * 0.0005 \right)^2} \approx 1.7795 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).
График зависимости напряжения от координаты.



12. Окончательные результаты.

Напряжённость поля в центре плоского конденсатора:

$$\langle E_{\text{ц}} \rangle \cong 41,6 \pm 0.46 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Напряжённость поля рядом с электродом:

$$\langle E_{\text{к}} \rangle \cong 86,5 \pm 2.19 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Поверхностная плотность заряда:

$$\sigma' \cong -(76.55 \pm 1.93) * 10^{-11} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

Максимальная напряжённость поля:

$$\langle E_{\max} \rangle \cong 90.91 \pm 1.78 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Минимальная напряжённость поля:

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

13. Выводы и анализ результатов работы.

В результате выполнения лабораторной работы:

- 1) Были построены эквипотенциальные поверхности и силовые линии электрического поля, образованного двумя электродами в электролитической

ванне.

- 2) Посчитаны значения поверхностной плотности заряда на проводнике и напряжённость электрического поля в центре ванны и возле электрода.
- 3) Был построены графики зависимости потенциала от координат для разных изначальных условий распределения потенциала в модели плоского конденсатора (без проводящего тела и с проводящим телом).

В результате построения графиков можно заметить, что без проводящего тела график имеет линейный вид; при наличии проводящего тела в координатах, в которых не расположено проводящее тело, график имеет вид похожий на график линейной функции, в координатах, в которых расположено проводящее тело, происходит небольшое смещение графика вдоль оси ox .

Выяснилось, что точки, которые имеют наибольшую величину напряженности в поле с проводящим телом, находятся возле внешней окружности кольца, а точки, которые имеют наименьшую величину в поле с проводящим телом, находятся внутри кольца.

14. Дополнительные задания.

15. Выполнение дополнительных заданий.

16. Замечания преподавателя (*исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт*).

- Примечание:**
1. Пункты 1-6,8-13 Протокола-отчета **обязательны** для заполнения.
 2. Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе-отчете.
 3. При ручном построении графиков рекомендуется использовать миллиметровую бумагу.
 4. Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета.