
РАБОЧИЙ ПРОТОКОЛ И ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3.01
"Изучение электростатического поля методом моделирования"

Группа: 2.1.1

Студент: Денисова А.А., Пименова Е.А.,
Шнейдерис Г.Г.
Преподаватель: Хвастунов Н.Н.

К работе допущен:

Работа выполнена:
Отчет принят:

1 Цель работы

- Изучение распределения электростатического поля путём его моделирования

2 Задачи, решаемые при выполнении работы

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

3 Метод экспериментального исследования

- Заполнить ванну не дистиллированной водой, чтобы она проводила электрический ток
- Зондом измерить разность потенциалов между одним из электродов и точками в ванной (потерей напряжения на вольтметре можно пренебречь).

4 Рабочие формулы и исходные данные

1) Средняя напряжённость между двумя точками:

$$\langle E_{1,2} \rangle \approx \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{1,2}}$$

2) Поверхностная плотность зарядов

$$\sigma' \approx -\frac{\varepsilon_0 \Delta \varphi}{l_n} = \varepsilon_0 E_n$$

3) Расчёт погрешности косвенных измерений для напряжённости

$$\begin{aligned} \Delta E &= \sqrt{\left(\frac{\partial \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{1,2}} \right)}{\partial \varphi_1} \Delta \varphi_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{1,2}} \right)}{\partial \varphi_2} \Delta \varphi_2 \right)^2 + \left(\frac{\partial \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{1,2}} \right)}{\partial l_{1,2}} \Delta l_{1,2} \right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{1}{l} \Delta \varphi_1 \right)^2 + \left(-\frac{1}{l} \Delta \varphi_2 \right)^2 + \left(-\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{1,2}^2} \Delta l_{1,2} \right)^2} = \\ &= \sqrt{2 \left(\frac{1}{l} \Delta \varphi_1 \right)^2 + \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{1,2}^2} \Delta l_{1,2} \right)^2} \end{aligned}$$

4) Расчёт погрешности косвенных измерений для поверхностной плотности зарядов

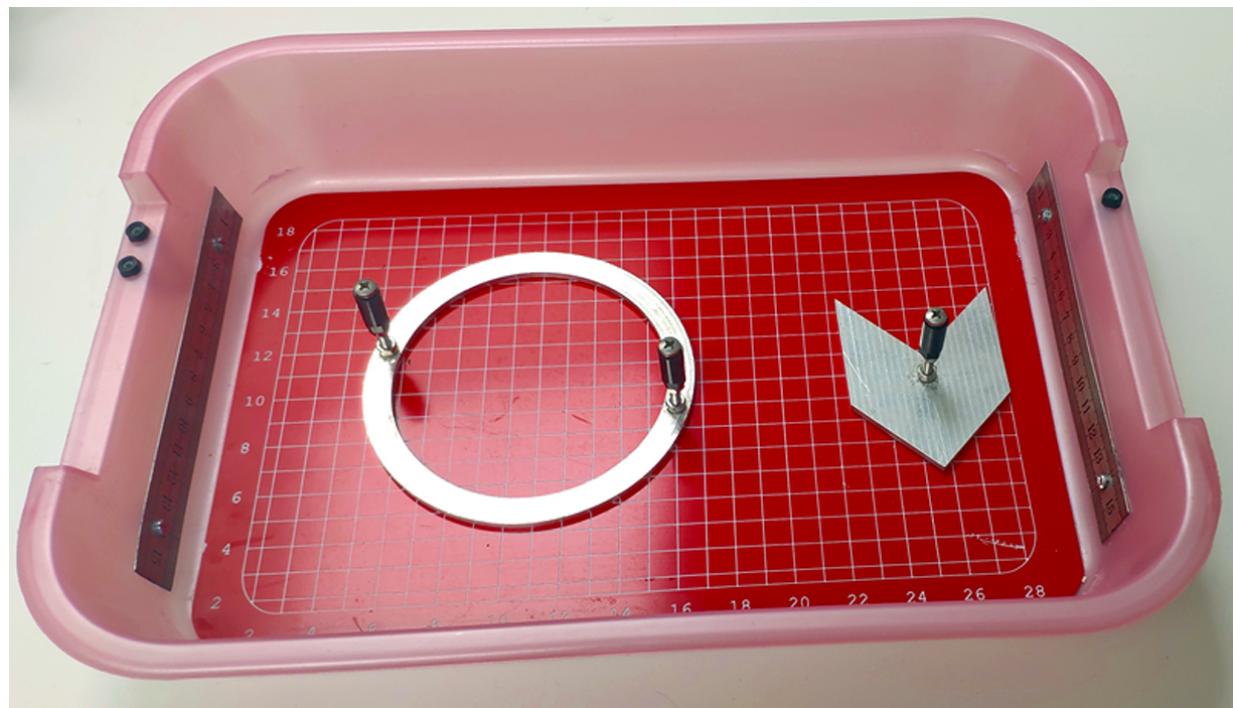
$$\begin{aligned} \Delta \sigma' &= \sqrt{\left(\frac{\partial \left(-\varepsilon_0 \frac{\Delta \varphi}{l_n} \right)}{\partial \varphi} \Delta \varphi \right)^2 + \left(\frac{\partial \left(-\varepsilon_0 \frac{\Delta \varphi}{l_n} \right)}{\partial l_n} \Delta l_n \right)^2} = \\ &= \varepsilon_0 \sqrt{\left(\frac{1}{l_n} \Delta \varphi \right)^2 + \left(\frac{\Delta \varphi}{l_n^2} \Delta l_n \right)^2} \end{aligned}$$

5 Измерительные приборы:

№	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Вольтметр	аналоговый	[0; 14] В	0.1 В
2	Координатная сетка на дне ванны по оси X	аналоговый	[2; 28] см	0.5 см
3	Координатная сетка на дне ванны по оси Y	аналоговый	[2; 18] см	0.5 см

Таблица 1: Измерительные приборы

6 Схема установки:



7 Расчёт результатов косвенных измерений

Напряжённость электрического поля в центре плоского конденсатора между эквипотенциальными поверхностями 6.5 и 8.5 вольт посчитаем по формуле (1). Расстояние между этими поверхностями $l_{1,2} = 9.5 \pm 0.5$ см

$$\langle E_{\text{центр}} \rangle \cong \frac{(8.5 \text{ В} - 6.5 \text{ В})}{9.75 \text{ см}} = 20.51 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Погрешность по формуле (3):

$$\Delta \langle E_{\text{центр}} \rangle = \sqrt{2 \cdot \left(\frac{0.1 \text{ В}}{9.75 \text{ см}} \right)^2 + \left(\frac{(8.5 \text{ В} - 6.5 \text{ В})}{(9.75 \text{ см})^2} \cdot 0.25 \text{ см} \right)^2} = 1.54 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Напряжённость электрического поля вблизи нулевой обкладки между эквипотенциальными поверхностями в 0 и 2.5 вольта и расстоянием в $l = 2.0 \pm 1.0$ см:

$$\langle E_{\text{край}} \rangle \cong \frac{(2.5 \text{ В} - 0 \text{ В})}{2.5 \text{ см}} = 100 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Погрешность:

$$\Delta \langle E_{\text{край}} \rangle = \sqrt{2 \cdot \left(\frac{0.1 \text{ В}}{2.5 \text{ см}} \right)^2 + \left(\frac{(2.5 \text{ В} - 0.0 \text{ В})}{(2.5 \text{ см})^2} \cdot 0.5 \text{ см} \right)^2} = 20.78 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Поверхностная плотность заряда по формуле (2):

$$\sigma' \approx -\frac{\varepsilon_0 \Delta \varphi}{\Delta l_n} = \varepsilon_0 E_n = -8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}} \cdot \frac{2.5 \text{ В} - 0.0 \text{ В}}{2 \text{ см}} = -11.1 \cdot 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

Погрешность поверхности плотности по формуле (4):

$$\Delta \sigma' = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}} \cdot \sqrt{\left(\frac{0.1 \text{ В}}{2 \text{ см}} \right)^2 + \left(\frac{2.5 \text{ В} \cdot 0.1 \text{ см}}{(4 \text{ см})^2} \right)^2} = 4.6 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

Напряжённость электрического поля будет максимальна у внешнего края кольца.

Аналогичными вычислениями получим:

$$\langle E_{\text{ макс}} \rangle \cong \frac{1 \text{ В}}{0.5 \text{ см}} = 200 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

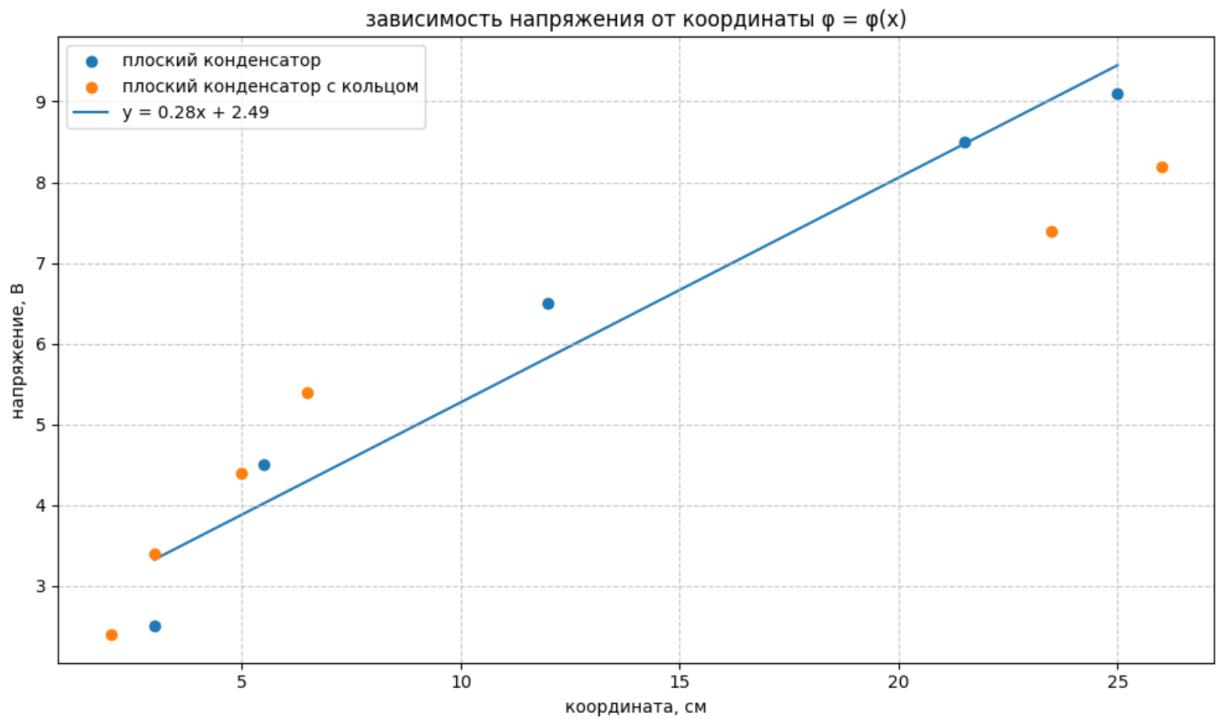
И погрешность:

$$\Delta \langle E_{\text{ макс}} \rangle = \sqrt{2 \cdot \left(\frac{0.1 \text{ В}}{0.5 \text{ см}} \right)^2 + \left(\frac{1 \text{ В} \cdot 0.1 \text{ см}}{(0.5 \text{ см})^2} \right)^2} = 48.98 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Минимальная напряженность достигается внутри кольца:

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

8 График



9 Окончательные результаты:

Напряженность поля в центре плоского конденсатора:
 $\langle E_{\text{центр}} \rangle \cong 20.51 \pm 1.54 \frac{\text{В}}{\text{м}}, \quad \delta \langle E_{\text{центр}} \rangle = 7.5\%$

Напряжённость поля рядом с электродом:
 $\langle E_{\text{край}} \rangle \cong 100 \pm 20.78 \frac{\text{В}}{\text{м}}, \quad \delta \langle E_{\text{край}} \rangle = 20.78\%$

Поверхностная плотность заряда:
 $\sigma' \cong -(111 \pm 4.6) \cdot 10^{-11} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}, \quad \delta \sigma' = 4.1\%$

Максимальная напряжённость поля:
 $\langle E_{\text{max}} \rangle \cong 200 \pm 48.98 \frac{\text{В}}{\text{м}}, \quad \delta \langle E_{\text{max}} \rangle = 24.49\%$

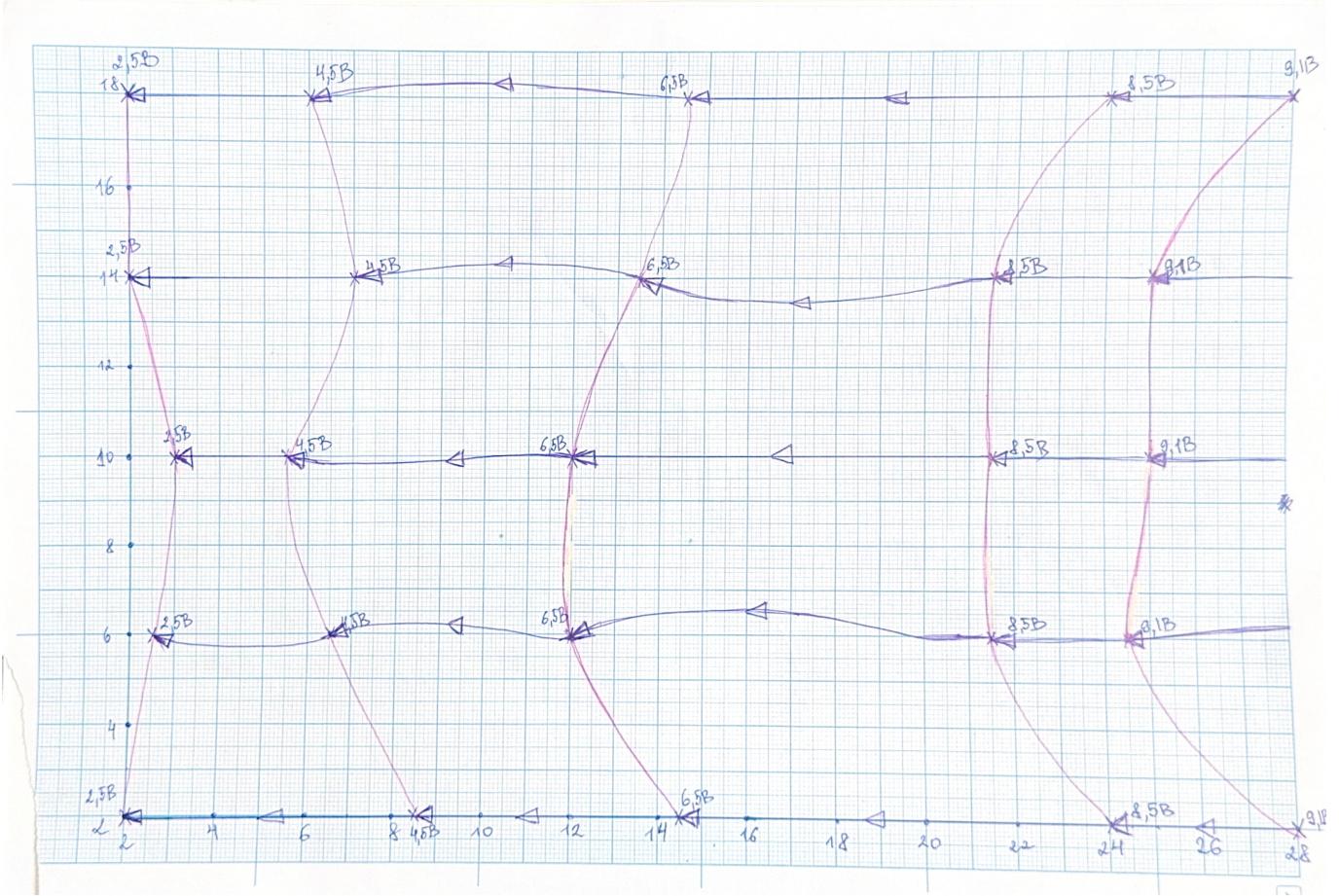
Минимальная напряжённость поля:
 $\langle E_{\text{min}} \rangle = 0 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

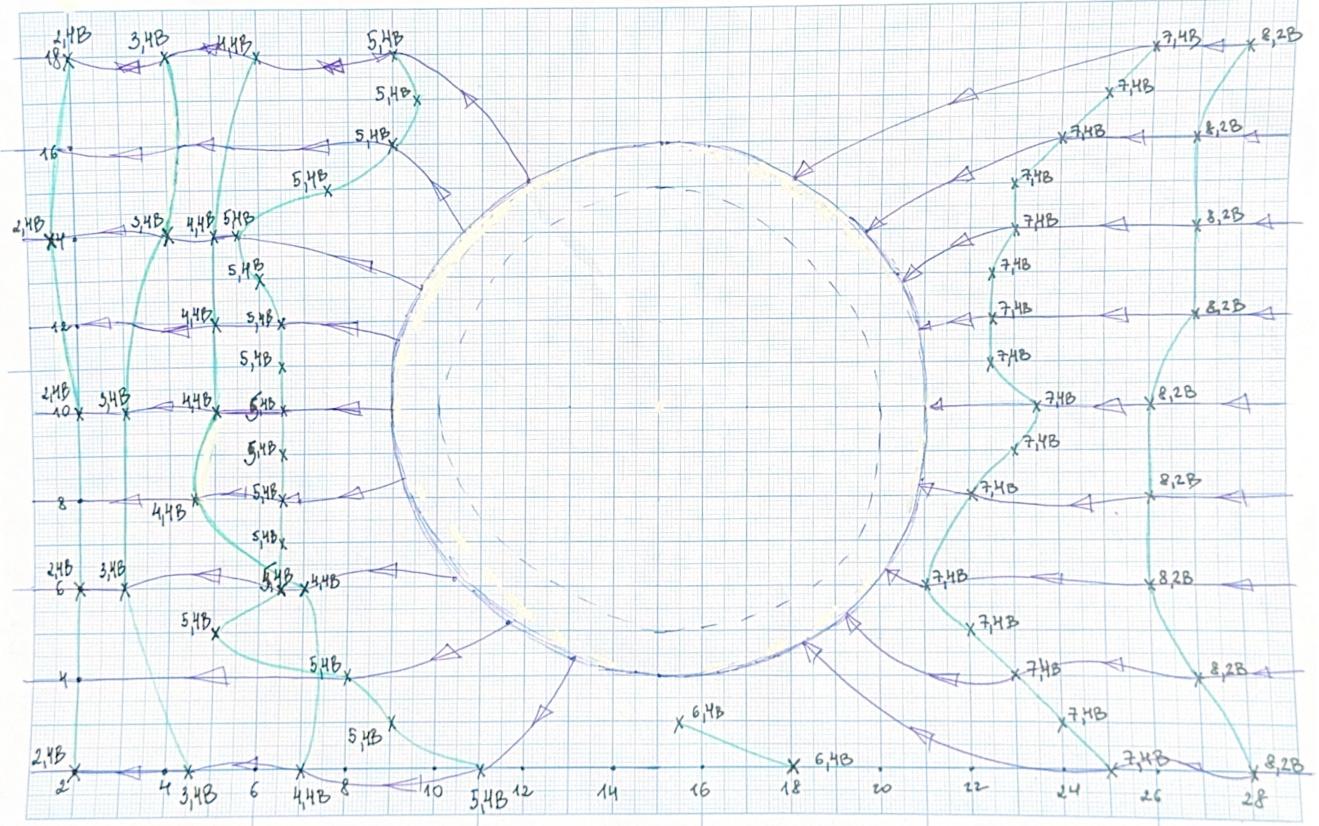
10 Выводы и анализ результатов работы

В ходе выполнения лабораторной работы 3.01 мы изучили распределение электростатического поля, а также построили сечения эквипотенциальных поверхностей и силовых линий поля на основе экспериментального моделирования распределения потенциала в недистилированной воде (также известной как слабопроводящая среда). Команда "НЕЙРОТЕХ" была наслышана о данной работе от своих однокурсников, а именно о большом количестве измерений, требуемых в ней. Однако, общими силами мы быстренько все померяли и изобразили на миллиметровой бумаге. Получилось что получилось, силовые линии, конечно, вышли не очень симпатичными, но мы честно все сами измеряли.☺

Данная работа под кодовым названием "бассейн" произвела на нас положительное впечатление.

11 Приложение





Habber