

Университет ИТМО

Физико-технический мегафакультет

Физический факультет



Группа 3220

К работе допущен _____

Студент Гафурова Фарангиз Фуркатовна

Работа выполнена _____

Преподаватель Терещенко Георгий
Викторович

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 слабо проводящей среде.

2. Объект исследования

В недистиллированную воду в электролитической ванне помещают два металлических проводника, подсоединенных к источнику переменного напряжения, заменяя моделируемое электростатическое поле электрическим.

3. Метод экспериментального исследования

Метод моделирования электростатического поля в проводящей среде.

4. Рабочие формулы и исходные данные

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}(\vec{r})}{q}$$

\vec{E} — вектор напряженности;

\vec{r} — точка в пространстве;

\vec{F} — сила, действующая на неподвижный заряд q .

$$\varphi(\vec{r}) = \frac{W_{\Pi}(\vec{r})}{q}$$

W_{Π} — потенциальная энергия заряда.

$$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\vec{E} = -grad \varphi \equiv -\vec{\nabla} \varphi$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = - \int_1^2 \vec{E} d\vec{l}$$

$$\vec{\nabla} \varphi = \widehat{e}_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \widehat{e}_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \widehat{e}_z \frac{\partial \varphi}{\partial z}$$

$\widehat{e}_x, \widehat{e}_y, \widehat{e}_z$ – единичные вектора положительных направлений координатных осей Ox, Oy, Oz .

$$\langle E \rangle \approx \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{12}}$$

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

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

$$\varepsilon_0 \approx 8.85 * 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$$

5. Измерительные приборы

№ n/n	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Вольтметр	Электронный	0 – 20 В	0.1 В
2	Линейка	Механический	0 – 20 см	0.1 см

6. Экспериментальная установка

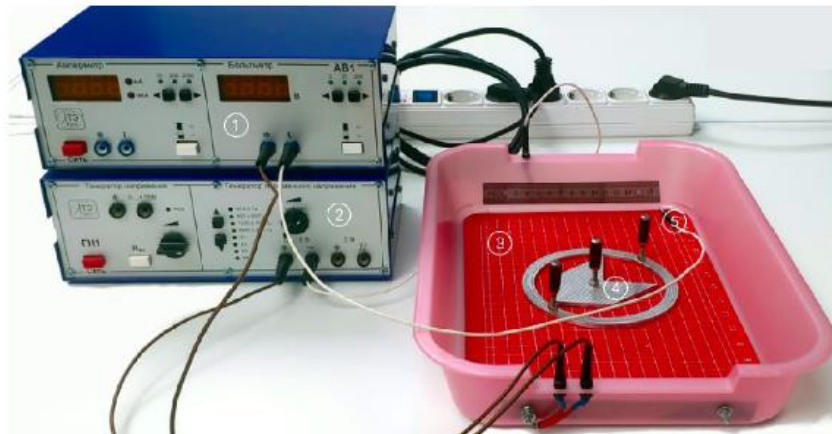


Рисунок 1 - Экспериментальная установка

7. Результаты прямых измерений и их обработка

$$E_{12} \approx \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{12}} = \frac{7.66 - 5.66}{0.05} = 40 \pm 2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$E_+ \approx \frac{11.66 - 9.66}{0.04} = 50 \pm 2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\sigma'_+ \approx -\varepsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{\Delta l_n} = -8.85 * 10^{-12} * \frac{11.66 - 9.66}{0.04} = -4.425 * 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

$$\sigma'_- \approx -\varepsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{\Delta l_n} = -8.85 * 10^{-12} * \frac{3.66 - 1.66}{0.043} = -4.116 * 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

E_{min} расположена посередине между электродами ниже или выше кольца

$$E_{min} \approx \frac{7.14 - 6.14}{0.052} = 19.23 \pm 2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

E_{max} расположена вблизи кольца

$$E_{max} \approx \frac{6.14 - 5.14}{0.014} = 71.43 \pm 2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

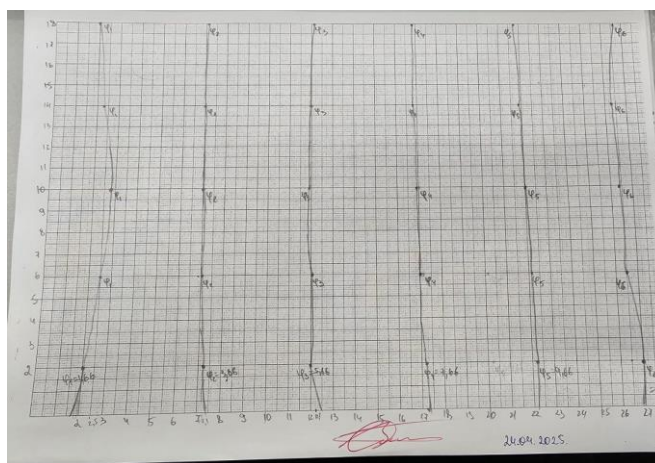


Рисунок 2 - Система силовых линий поля без кольца

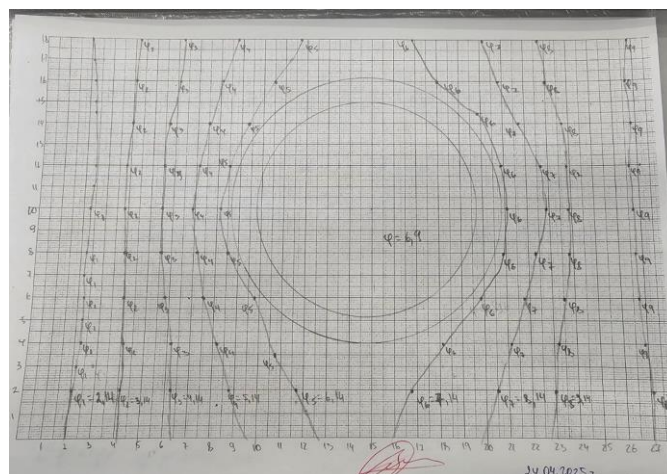
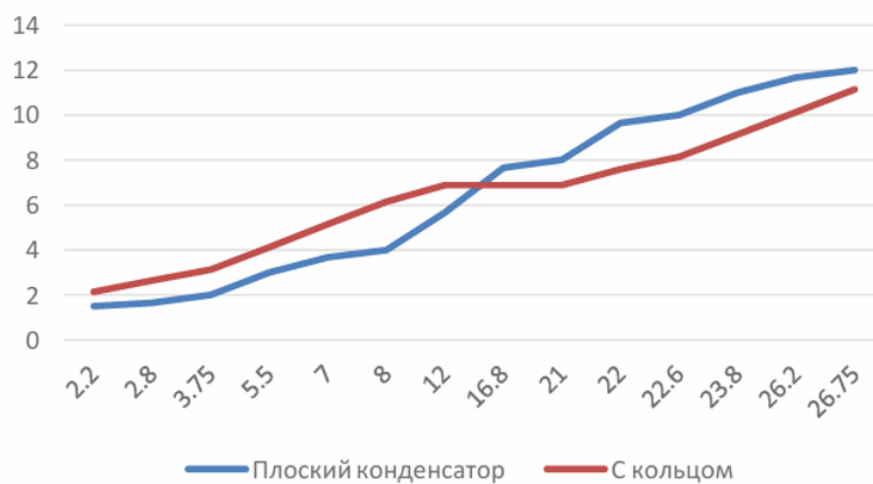


Рисунок 3 - Система силовых линий поля с кольцом

8. Графики



9. Окончательные результаты

Потенциалы линейно растут, но график, иллюстрирующий потенциал в емкости с кольцом, демонстрирует плато внутри кольца (внутри кольца потенциал постоянен).

10. Выводы

В ходе лабораторной работы было проведено экспериментальное моделирование электростатического поля в слабо проводящей среде. Были построены сечения эквипотенциальных поверхностей и силовых линий, что позволило наглядно представить распределение потенциала в электролитической ванне.

Основной вывод работы заключается в том, что металлический проводник в электростатическом поле действует как эквипотенциал, так как разность потенциалов внутри равна нулю. Это демонстрирует отсутствие напряжения внутри проводника и подтверждает теоретические положения о проводниках в электростатическом поле.

Также были получены следующие результаты:

$$E_{12} \approx 40 \pm 2 \frac{\text{В}}{\text{м}}; \quad E_+ \approx 50 \pm 2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\sigma'_+ \approx -4.425 * 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}; \quad \sigma'_- \approx -4.116 * 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

$$E_{min} \approx 19.23 \pm 2 \frac{\text{В}}{\text{м}}; \quad E_{max} \approx 71.43 \pm 2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$