

Группа М3111 К работе допущен _____

Студент Акберов Р.Х. Работа выполнена _____

Преподаватель Прохорова У. В. Отчет принят _____

**Рабочий протокол и отчет по
лабораторной работе № 3.01**

Изучение электростатического поля методом моделирования.

1. Цель работы.

- Изучение электростатического поля
- Получение графического изображения электростатических полей, созданных заряженными телами различной конфигурации, и определение напряженности электростатического поля в произвольной точке.

2. Задачи решаемые при выполнении работы.

- Изменение потенциалов в разных точках поля
- Построение графиков зависимостей напряженностей
- Нахождение характеристик колебательного контура

3. Объект исследования

- Электростатическое поле

4. Метод экспериментального исследования

- Наблюдение

5. Рабочие формулы и исходные данные

Напряженность E : $E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{12}}$

Поверхностная плотность электрического заряда σ' : $\sigma' = -\varepsilon_0 \cdot \frac{\Delta\varphi}{l_n}$

Электрическая постоянная ε_0 : $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$

Абсолютная погрешность напряжённости ΔE : $\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial(\Delta\varphi)} \cdot \Delta_{\varphi}\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial l} \cdot \Delta_{nl}\right)^2}$

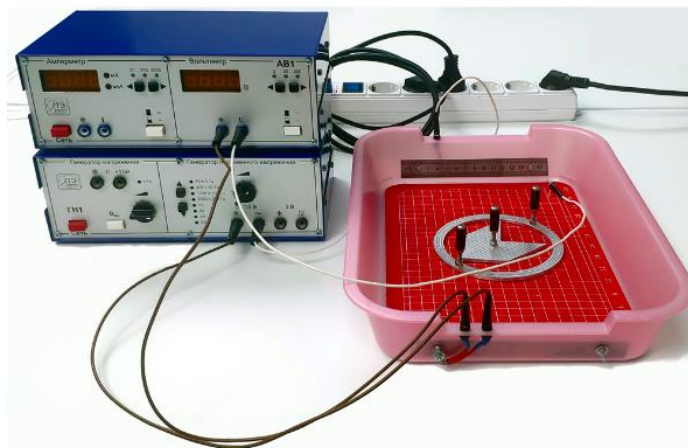
Относительная погрешность напряжённости ε_E : $\varepsilon_E = \frac{\Delta E}{E} \cdot 100\%$

6. Измерительные приборы:

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Линейка	Мера	от 0 до 0,5 м	0,0005 м
2	Вольтметр	Измерительный прибор	от 0 до 20 В	0,01 В

7. Схема установки

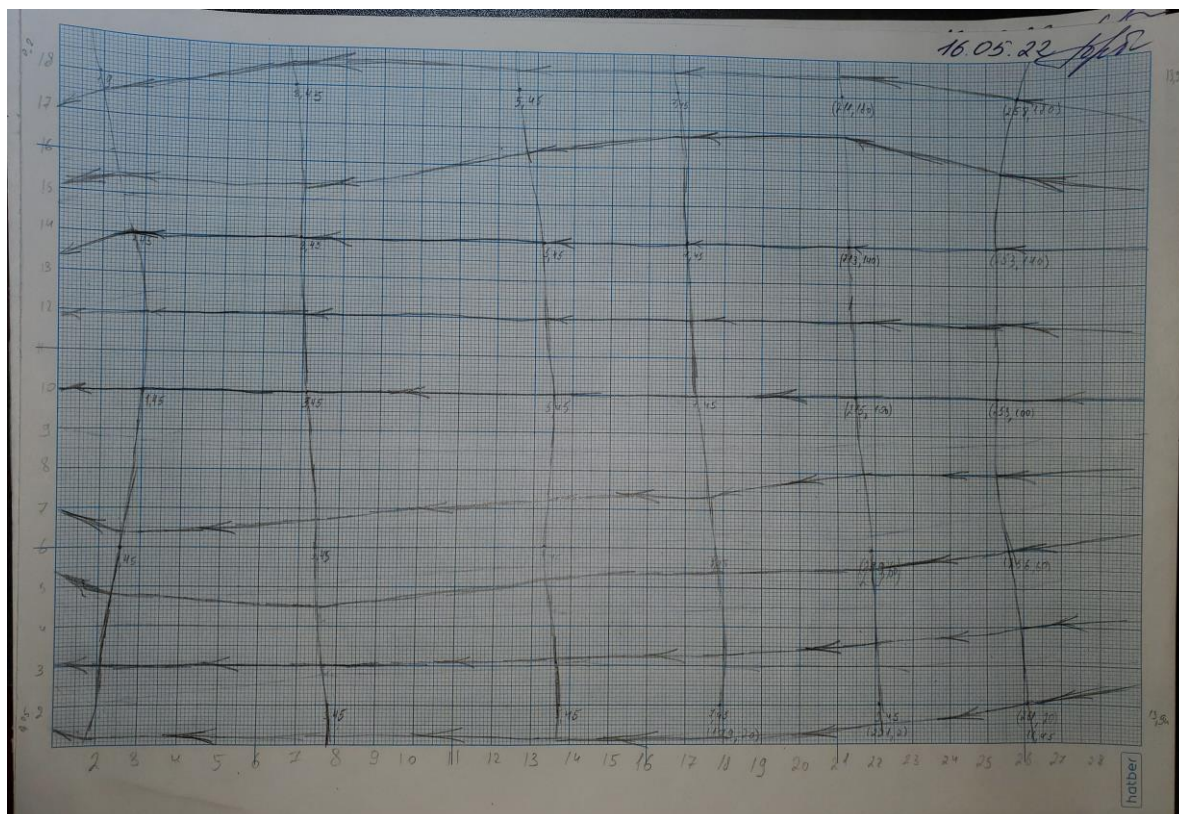
Приборы и принадлежности, используемые в лабораторной работе, показаны на рисунке. На боковых стенках электролитической ванны расположены плоские металлические электроды, подключенные к многофункциональному генератору напряжения ГН1. Между электродами находится измерительный зонд в виде тонкого изолированного



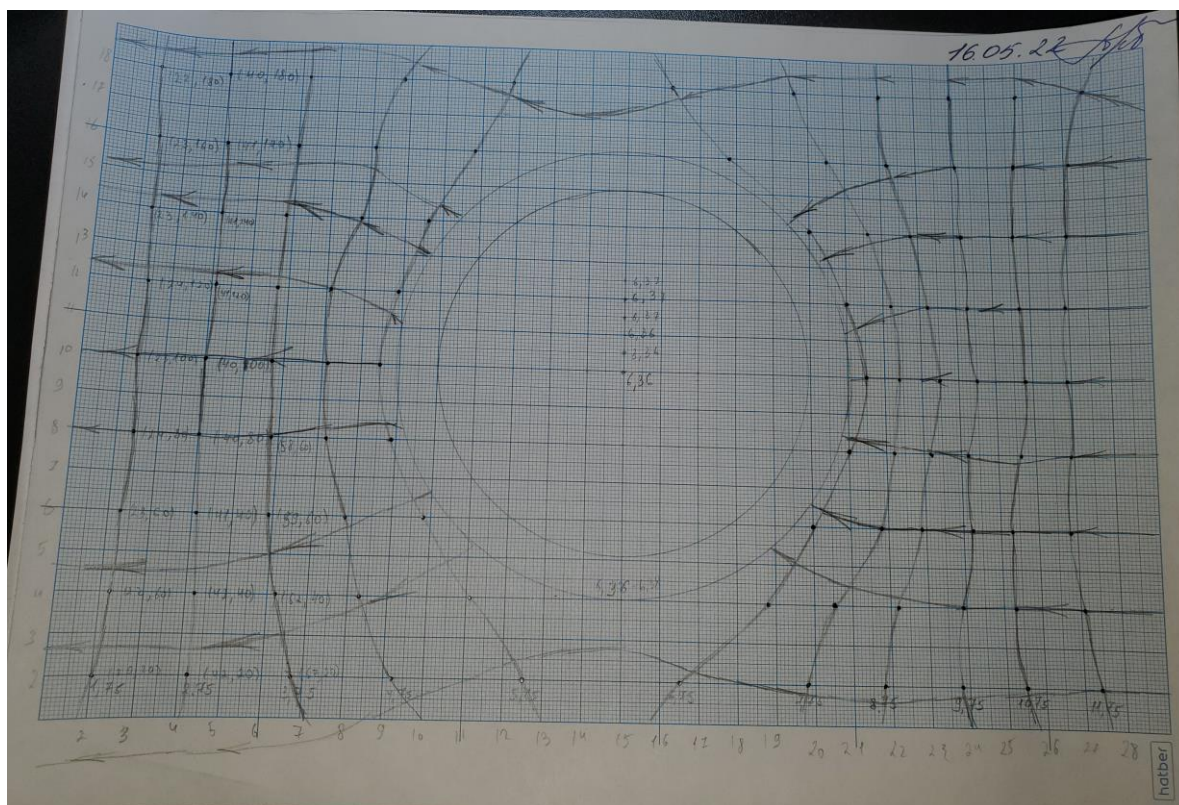
проводника, подсоединенного к вольтметру. Вольтметр в составе комбинированного прибора АВ1 показывает действующую разность потенциалов между зондом и электродом, подключенным ко второму гнезду вольтметра. Собственное сопротивление вольтметра существенно превышает сопротивление воды в ванне, для того 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:

Карта эквипотенциальных поверхностей и силовых линий для плоского конденсатора:



Карта эквипотенциальных поверхностей и силовых линий при наличии проводящего тела:



9. Расчет результатов косвенных измерений

Расчёт напряженности $E_{\text{ц}}$ в центре электролитической ванны (плоского конденсатора):

$$E_{\text{ц}} = \frac{\varphi_6 - \varphi_1}{l_{71}} = \frac{11,45 - 1,45}{0,24} = 41,6 \text{ В/м}$$

Расчёт напряженности E_{+} в окрестности положительного электрода (плоский конденсатор):

$$E_{+} = \frac{\varphi_6 - \varphi_1}{l_{71}} = \frac{11,45 - 10}{0,035} = 41,43 \text{ В/м}$$

Расчёт поверхностной плотности электрического заряда на электродах σ' :

$$\sigma'_+ = -\varepsilon_0 \cdot \frac{\Delta\varphi}{l_{87}} = -8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{11,45 - 10}{0,035} = -3,66 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}^2$$

$$\sigma'_- = -\varepsilon_0 \cdot \frac{\Delta\varphi}{l_{21}} = -8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{3 - 1}{0,055} = -3,2 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}^2$$

Расчёт напряженности E_{max} и E_{min} :

$$E_{\text{max}} = \frac{\Delta\varphi}{l_{43}} = \frac{4,75 - 3,75}{0,01} = 100 \text{ В/м}$$

$$E_{\text{min}} = 0 \text{ В/м}$$

10. Расчет погрешностей измерений:

Расчёт абсолютной погрешности напряженности $\Delta E_{\text{ц}}$:

$$\begin{aligned} \Delta E_{\text{ц}} &= \sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial(\Delta\varphi)} \cdot \Delta_{\text{и}\Delta\varphi}\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial l} \cdot \Delta_{\text{ил}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{l} \cdot \Delta_{\text{и}\Delta\varphi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\varphi}{l^2} \cdot \Delta_{\text{ил}}\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{1}{0,24} \cdot 0,01\right)^2 + \left(\frac{10}{0,24^2} \cdot 0,0005\right)^2} = 0,0962877 \text{ В/м} = 0,1 \text{ В/м} \end{aligned}$$

Расчёт относительной погрешности напряженности $\varepsilon_{E_{\text{ц}}}$:

$$\varepsilon_{E_{\text{ц}}} = \frac{\Delta E_{\text{ц}}}{E_{\text{ц}}} \cdot 100\% = \frac{0,0962877}{41,6} \cdot 100\% = 0,231461\% = 0,23\%$$

Расчёт абсолютной погрешности напряженности ΔE_{+} :

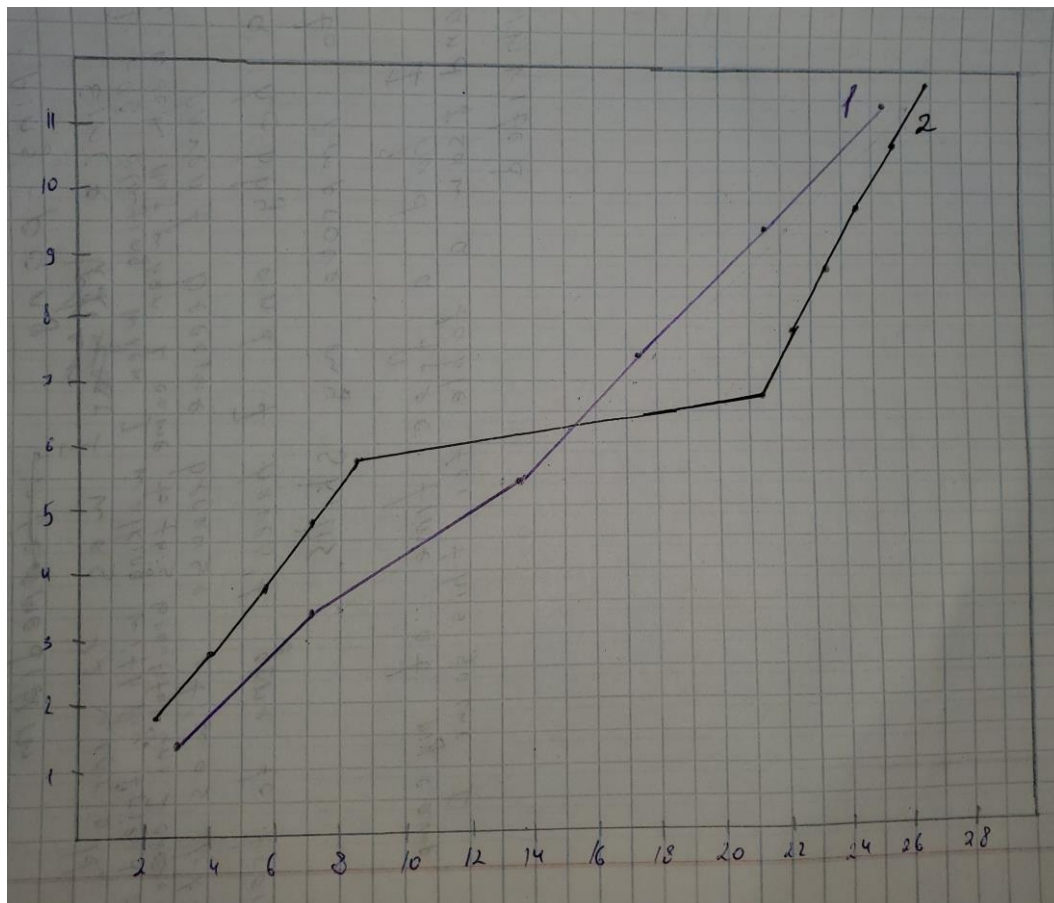
$$\begin{aligned} \Delta E_{+} &= \sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial(\Delta\varphi)} \cdot \Delta_{\text{и}\Delta\varphi}\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial l} \cdot \Delta_{\text{ил}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{l} \cdot \Delta_{\text{и}\Delta\varphi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\varphi}{l^2} \cdot \Delta_{\text{ил}}\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{1}{0,035} \cdot 0,01\right)^2 + \left(\frac{1,45}{0,035^2} \cdot 0,0005\right)^2} = 0,657194 \text{ В/м} = 0,66 \text{ В/м} \end{aligned}$$

Расчёт относительной погрешности напряженности ε_{E_+} :

$$\varepsilon_{E_+} = \frac{\Delta E_+}{E_+} \cdot 100\% = \frac{0,657194}{41,43} \cdot 100\% = 1,58628\% = 1,6\%$$

11. Графики:

Графики зависимости $\varphi = \varphi(X)$:



1 – без кольца, 2 – с кольцом

12. Окончательные результаты:

1. Построены графики зависимостей $\varphi = \varphi(X)$ для модели поля плоского конденсатора и для модели поля с проводящим кольцом.
2. Рассчитана напряженность в центре:

$$E_{\text{ц}} = (41,60 \pm 0,10) \text{ В/м}, \quad \varepsilon_{E_{\text{ц}}} = 0,23\%$$

3. Рассчитана напряженность у «+» электрода:

$$E_+ = (41,43 \pm 0,66) \text{ В/м}, \quad \varepsilon_{E_+} = 1,6\%$$

4. Рассчитаны плотности зарядов:

$$\sigma'_+ = -3,66 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}^2, \quad \sigma'_- = -3,2 \cdot 10^{10} \text{ Кл/м}^2$$

13. Выводы и анализ результатов работы:

В ходе однократных совместных измерений рассчитаны напряжённости для центра ванны и для окрестности, а также их абсолютные и относительные

погрешности для модели поля плоского конденсатора. Найдены плотности зарядов для электродов.

Для модели поля с проводящим кольцом найдены максимальная и минимальная напряжённости. Минимальная находится внутри кольца и равна 0 В/м, максимальная рядом с ним и равна 100 В/м.

Из построенных графиков видно, что:

- потенциал увеличивается от отрицательного электрода к положительному
- потенциал внутри любой точки кольца равен потенциалу на её поверхности