

Группа Р3110 К работе допущен \_\_\_\_\_ Студент Данилов Павел Юрьевич

Работа выполнена

Преподаватель Коробков Максим Петрович

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.

2. **Задачи, решаемые при выполнении работы.**

- Провести моделирование поля в модели плоский конденсатор
- Провести моделирование поля в модели с наличием проводящего тела
- Исследовать и сравнить полученные результаты

3. **Объект исследования.**

Электростатическое поле

4. **Метод экспериментального исследования.**

Многократное прямое измерение напряженности в различных точках поля.

5. **Рабочие формулы и исходные данные.**

$$\langle E_{12} \rangle \cong \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\ell_{12}}, \quad \text{В/м - средняя напряженность между точками 1 и 2.}$$

$$\sigma' \cong -\varepsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{\Delta\ell_n}, \quad \frac{(\Phi \cdot B)}{M} - \text{поверхностная плотность заряда}$$

6. **Измерительные приборы.**

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Вольтметр	-	0-20 В	0.1 В
2	Масштабная сетка (длина)	-	0-30 см	1 мм
3	Масштабная сетка (высота)	-	0-18 см	0.5 мм

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

См приложение 1 и 2.

**8. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).**

Для первой модели: расчет напряженности в центре ванны и в окрестности электрода;  
расчет поверхностной плотности заряда на электродах.

**1) Центр ванны**

№	$\varphi$ , В	$\Delta l$ , м	$\langle E \rangle$ , В/м	$\Delta \langle E \rangle$ , В/м
1	2,0	0,049	40,82	3,39
2	2,0	0,048	41,67	2,54
3	2,0	0,044	45,45	1,25
4	2,0	0,042	47,62	3,42
5	2,0	0,044	45,45	1,25

$$\langle\langle E \rangle\rangle = 44,20 \text{ В/м.}$$

$$\langle\Delta \langle E \rangle\rangle = 2,37 \text{ В/м.}$$

$$\langle\langle E \rangle\rangle = (44,20 \pm 2,37) \text{ В/м.}$$

**2) Окрестность электрода**

№	$\varphi$ , В	$\Delta l$ , м	$\langle E \rangle$ , В/м	$\Delta \langle E \rangle$ , В/м
1	2,0	0,051	39,22	4,99
2	2,0	0,049	40,82	3,39
3	2,0	0,046	43,48	0,72
4	2,0	0,050	40,00	4,20
5	2,0	0,051	39,22	4,99

$$\langle\langle E \rangle\rangle = 40,55 \text{ В/м.}$$

$$\langle\Delta \langle E \rangle\rangle = 3,66 \text{ В/м.}$$

$$\langle\langle E \rangle\rangle = (40,55 \pm 3,66) \text{ В/м.}$$

**3) Расчет поверхностной плотности заряда на электродах.**

$$\Delta \varphi = 2,0 \text{ В}$$

$$\Delta l = 0,046 \text{ м}$$

$$\sigma = \epsilon * \Delta \varphi / \Delta l = 3,85 * 10^{-10} \frac{(\Phi * B)}{м}$$

Для второй модели:

**4) Нахождение  $E_{\max}$  и  $E_{\min}$**

$$E_{\max} = 1/0,0045 = 222 \text{ В/м} - \text{максимально близко к кольцу, на "линии" } \varphi=10\text{В}$$

$$E_{\min} = 1/0,025 = 40 \text{ В/м} - \text{на максимальном удалении от внешней поверхности кольца}$$

$$\Delta E = E_{\max} - E_{\min} = 182 \text{ В/м}$$

**9. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).**

См пункт 9.

**10. Графики**

См приложение 3.

**11. Окончательные результаты.**

Напряженность в центре ванны (для плоского конденсатора):

$$\langle\langle E \rangle\rangle = (44,20 \pm 2,37) \text{ В/м.}$$

$$\epsilon = 5.3\%$$

Напряженность в окрестности электрода (для плоского конденсатора):

$\langle E \rangle = (40,55 \pm 3,66) \text{ В/м.}$	$\varepsilon = 9.0\%$
---	-----------------------

Поверхностная плотность заряда (для плоского конденсатора):

$\sigma = 3,85 * 10^{-10} \frac{(\Phi * B)}{м}$
---

Напряженности для конфигурации с проводящим телом:

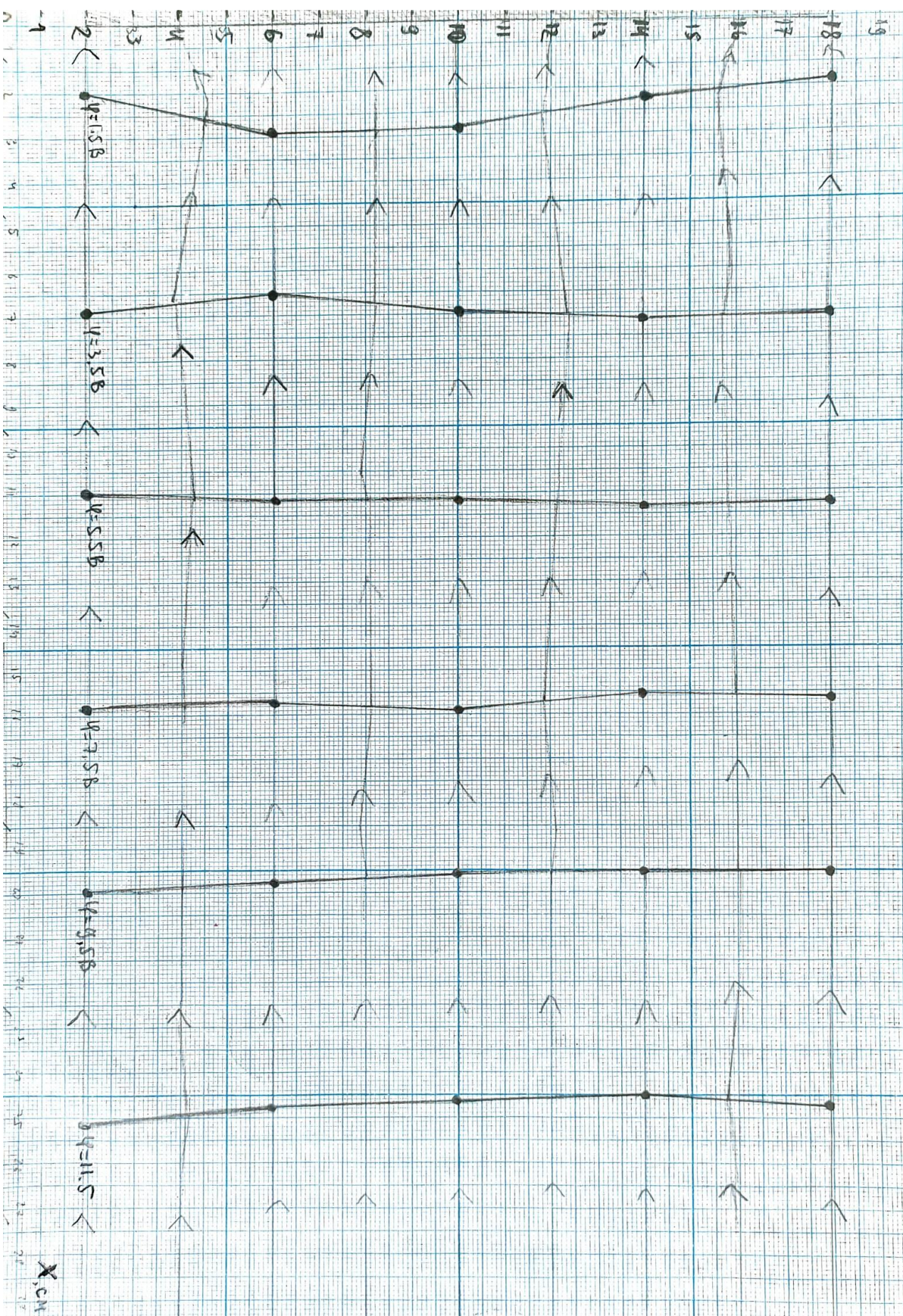
$E_{\max} = 222 \text{ В/м}$	$E_{\min} = 40 \text{ В/м}$	$\Delta E = E_{\max} - E_{\min} = 182 \text{ В/м}$
------------------------------	-----------------------------	--

## 12. Выводы.

- Анализируя графики, можно заметить, что в конфигурации плоский конденсатор потенциал возрастает линейно, а в случае наличия проводящего тела потенциал возрастает нелинейно, причем на поверхности проводящего тела потенциал – константа. Также можно заметить, что в случае наличия проводящего тела потенциал возрастает быстрее при приближении к поверхности тела.
- Для конфигурации плоский конденсатор можно заметить, что напряженность примерно одинакова для любых 2 соседних точек (в которых мы измеряли потенциал), лежащих на одной силовой линии. В частности, напряженности в центре ванны и в окрестности электрода практически одинаковы (см пункт 9).
- Для конфигурации наличия проводящего тела напряженность максимальна вблизи проводящего тела и минимальна на максимальном удалении от него. Также можно заметить, что напряженность возрастает по мере приближения к заряженному телу. Максимальное и минимальное значения напряжения значительно различаются – максимальное значение примерно в 6 раз больше минимального (см пункт 9).

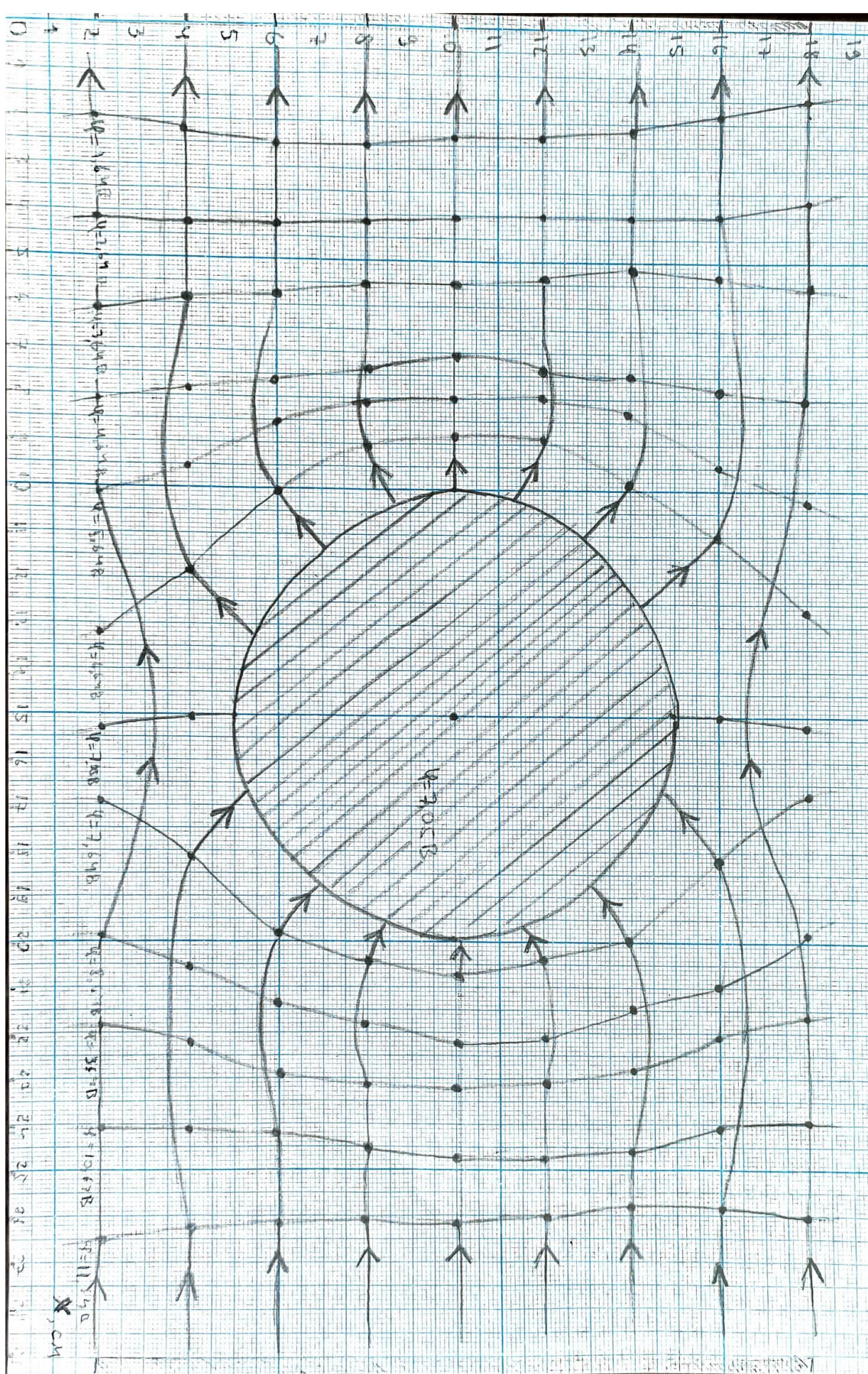


1.  $\text{Prüfung 1:}$   $\text{mögliche Energieverhältnisse nach Konfiguration neuer Konfiguration}$





Учен Приложение 2: модель электромагнитного поля для компьютеризации с программой ТРЭМ





# Пример 3: Трафик $U(x)$

- ① -  $U(x)$  для компьютерной модели
- ② -  $U(x)$  для компьютерной модели

