|  |  |
| --- | --- |
| Группа ЭМ СУиР 2.1.1 | К работе допущен |
| Студенты Румянцев А. А., Овчинников П. А., Чебаненко Д. А. | Работа выполнена |
| Преподаватель Боярский К. К. | Отчет принят |

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

Изучение электростатического поля методом моделирования

**Цель работы**

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

**Задачи**

1. Определить потенциал в исследуемых точках поля
2. Построить картины силовых линий и эквипотенциальных поверхностей исследуемого электростатического поля
3. Рассчитать величину напряженности в центре электролитической ванны и в окрестности одного из электродов
4. Описать расположение областей с минимальной и максимальной напряженностью и оценить соответствующие значения
5. Построить график зависимости потенциала от координаты для

**Экспериментальная установка**

1. Электролитическая ванна
2. Генератор Напряжения
3. Вольтметр
4. Проводящее кольцо
5. Измерительный зонд
6. Металлические электроды

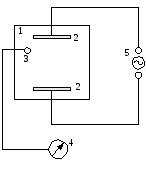
**Метод экспериментального исследования**

Многократные измерения

**Измерительные приборы**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| *1* | *Вольтметр* | *Электроизмерительный* | *0–14 В* | *0,1 В* |

**Схема установки**



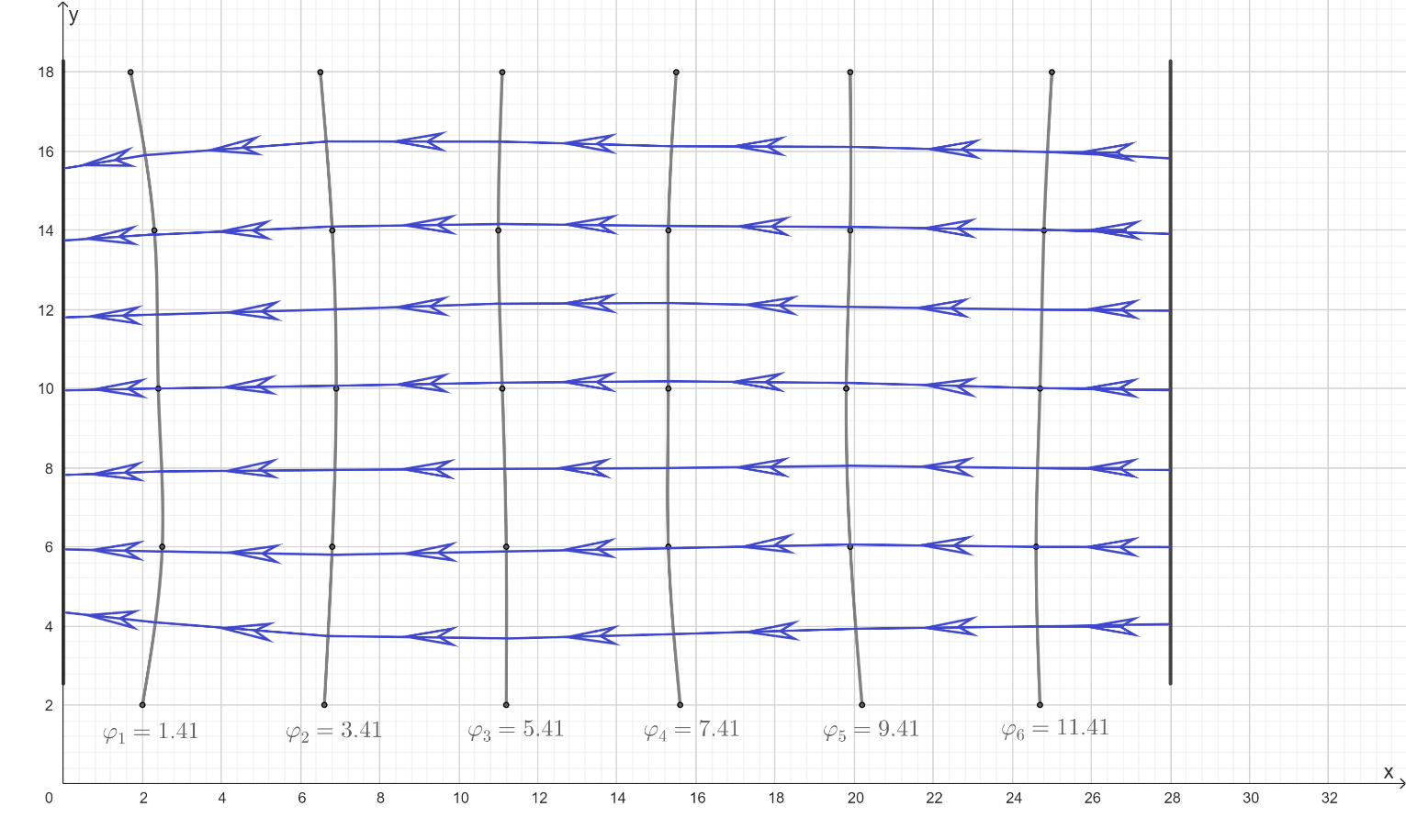
1 – электролитическая ванна, 2 – плоские металлические электроды, 3 – зонд, 4 – индикатор, 5 – источник тока

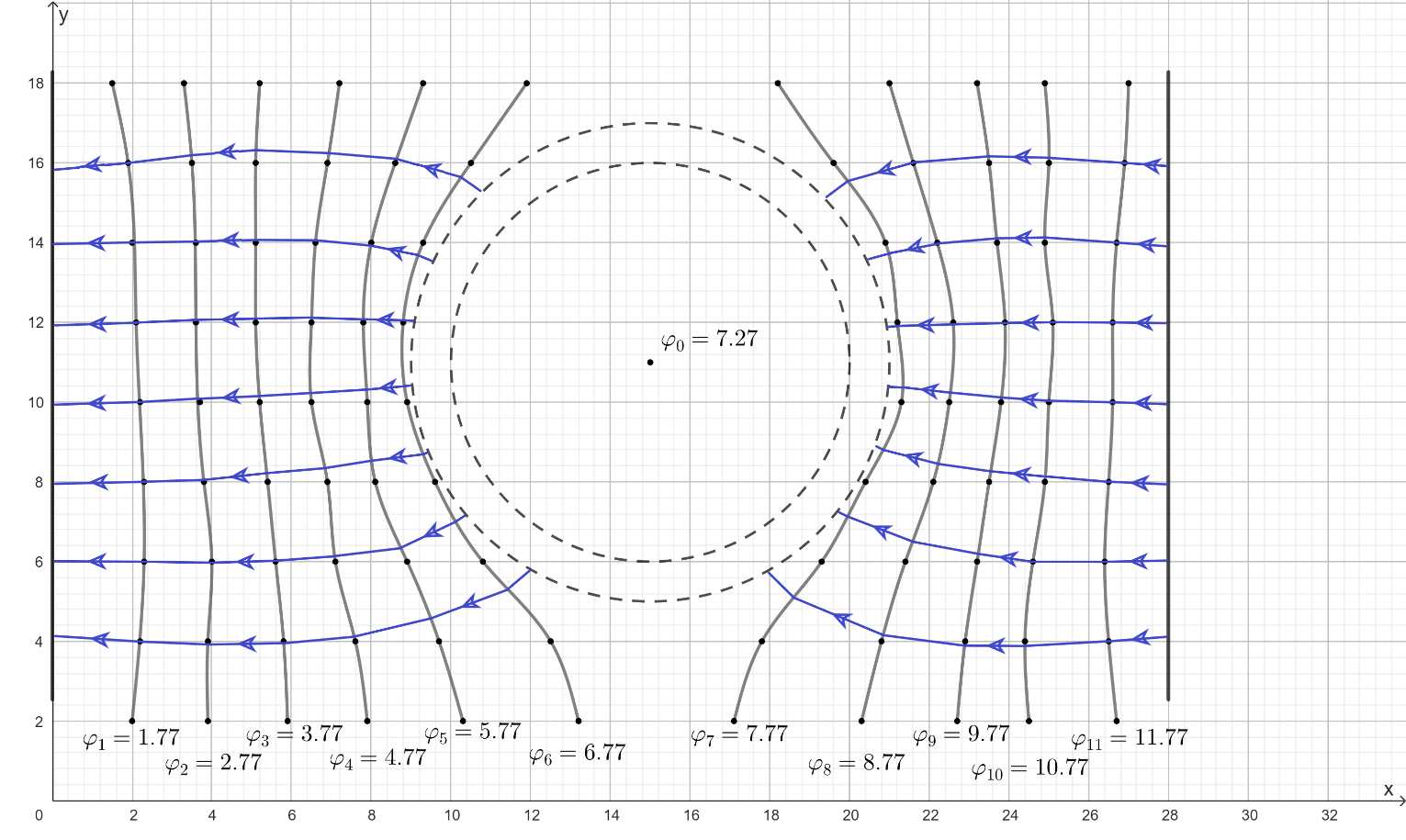
**Результаты прямых измерений и их обработки**

Мы провели измерения и по их результатам построили графики эквипотенциальных линий для случая без металлического проводника (кольца) (график 1) и с ним (график 2).

Также на графиках мы построили силовые линии – они всегда перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям и направлены в сторону убывания потенциала. В случае данного исследования, в первом измерении без проводника *силовые линии непрерывно движутся от электрода с положительным зарядом к электроду с отрицательным зарядом*. Во втором измерении вследствие присутствия проводящего кольца *силовые линии прерываются на контуре проводника и возобновляются после него*.

**График 1 – эквипотенциальные (вертикальные) и силовые (горизонтальные) линии плоского конденсатора**



**График 2 – эквипотенциальные (вертикальные) и силовые (горизонтальные) линии для конфигурации поля при наличии проводящего кольца**

**Расчет результатов косвенных измерений**

Оценим **поверхностную плотность электрического заряда на электродах** для модели **плоского конденсатора** по формуле , где – изменение потенциала при смещении на малое расстояние по нормали к поверхности проводника, – электрическая постоянная:

Для вычисления возьмем и , тогда поверхностная плотность электрического заряда на электродах вычисляется как , где – количество клеток между точками потенциалами, поделенное на размер одной клетки, – 2 сантиметра в метрах.

Для модели **плоского конденсатора** по формуле , где – разность потенциалов двух точек, лежащих на одной силовой линии, – длина участка силовой линии между точками, определим **среднюю** **напряженность** в:

1. **Центре электролитической ванны:**  
     
   Центр электролитической ванны находится между потенциалами и , тогда напряженность в центре вычисляется как
2. **В окрестности одного из электродов:**  
     
   Возьмем из окрестности левого электрода потенциалы и , тогда напряженность вычисляется как

Аналогичным методом проведем вычисления **напряженности** на каждом отрезке для конфигурации поля при наличии **проводящего кольца**, чтобы найти области с минимальной и максимальной напряженностью. Результаты запишем в таблицу 1.

**Таблица 1. Напряженность на отрезках**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Результаты вычислений, | | | | | | | | |
| Отрезки→  ↓ | 1,77–2,77 | 2,77–3,77 | 3,77–4,77 | 4,77–5,77 | 5,77–6,77 | 7,77–8,77 | 8,77–9,77 | 9,77–10,77 | 10,77–11,77 |
| 2 | -0,53 | -0,50 | -0,50 | -0,42 | -0,35 | -0,31 | -0,42 | -0,63 | -0,42 |
| 4 | -0,60 | -0,56 | -0,49 | -0,50 | -0,36 | -0,33 | -0,49 | -0,68 | -0,50 |
| 6 | -0,63 | -0,63 | -0,66 | -0,63 | -0,50 | -0,38 | -0,60 | -0,78 | -0,56 |
| 8 | -0,78 | -0,69 | -0,71 | -0,83 | -0,63 | -0,63 | -0,63 | -0,83 | -0,63 |
| 10 | -0,74 | -0,64 | -0,83 | -0,68 | -1,19 | -0,81 | -0,83 | -0,96 | -0,63 |
| 12 | -0,63 | -0,64 | -0,81 | -0,78 | -1,00 | -0,78 | -0,76 | -0,92 | -0,69 |
| 14 | -0,62 | -0,63 | -0,71 | -0,72 | -0,83 | -0,78 | -0,76 | -0,83 | -0,51 |
| 16 | -0,60 | -0,61 | -0,62 | -0,56 | -0,56 | -0,50 | -0,52 | -0,69 | -0,54 |
| 18 | -0,48 | -0,50 | -0,51 | -0,36 | -0,36 | -0,37 | -0,49 | -0,60 | -0,45 |

На отрезках, находящихся ближе к проводящему кольцу, напряженность выше (линии расположены ближе друг к другу). Это можно объяснить тем, что в формуле длина отрезка обратно пропорциональна напряженности

Исходя из результатов вычислений напряженности можно сделать вывод, что **области с наименьшей напряженностью находятся рядом с электродами**(см. отрезки 1,77–2,77 и 10,77–11,77), а **области с наибольшей напряженностью находятся рядом с проводящим кольцом** (см. отрезки 5,77–6,77 и 7,77–8,77)

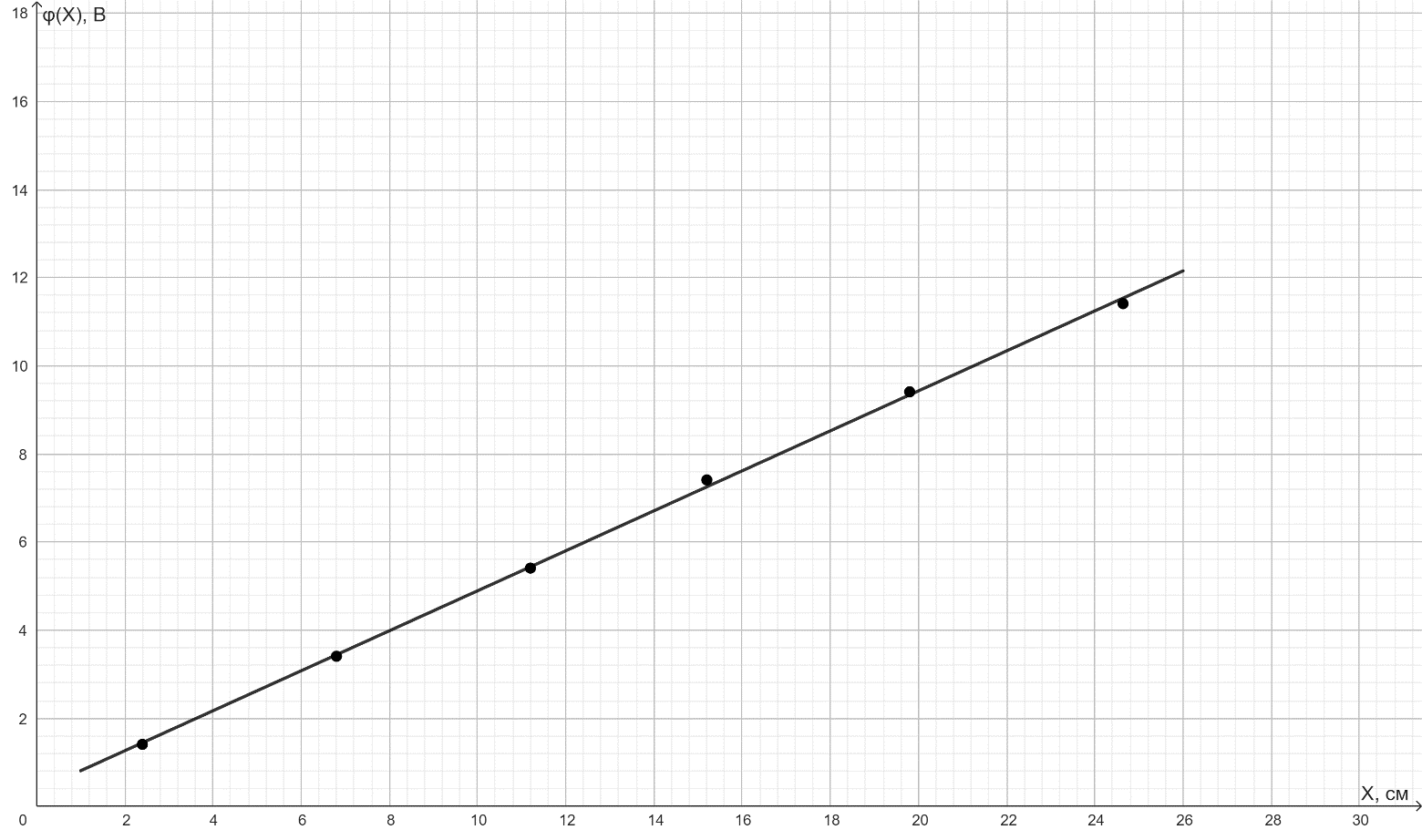
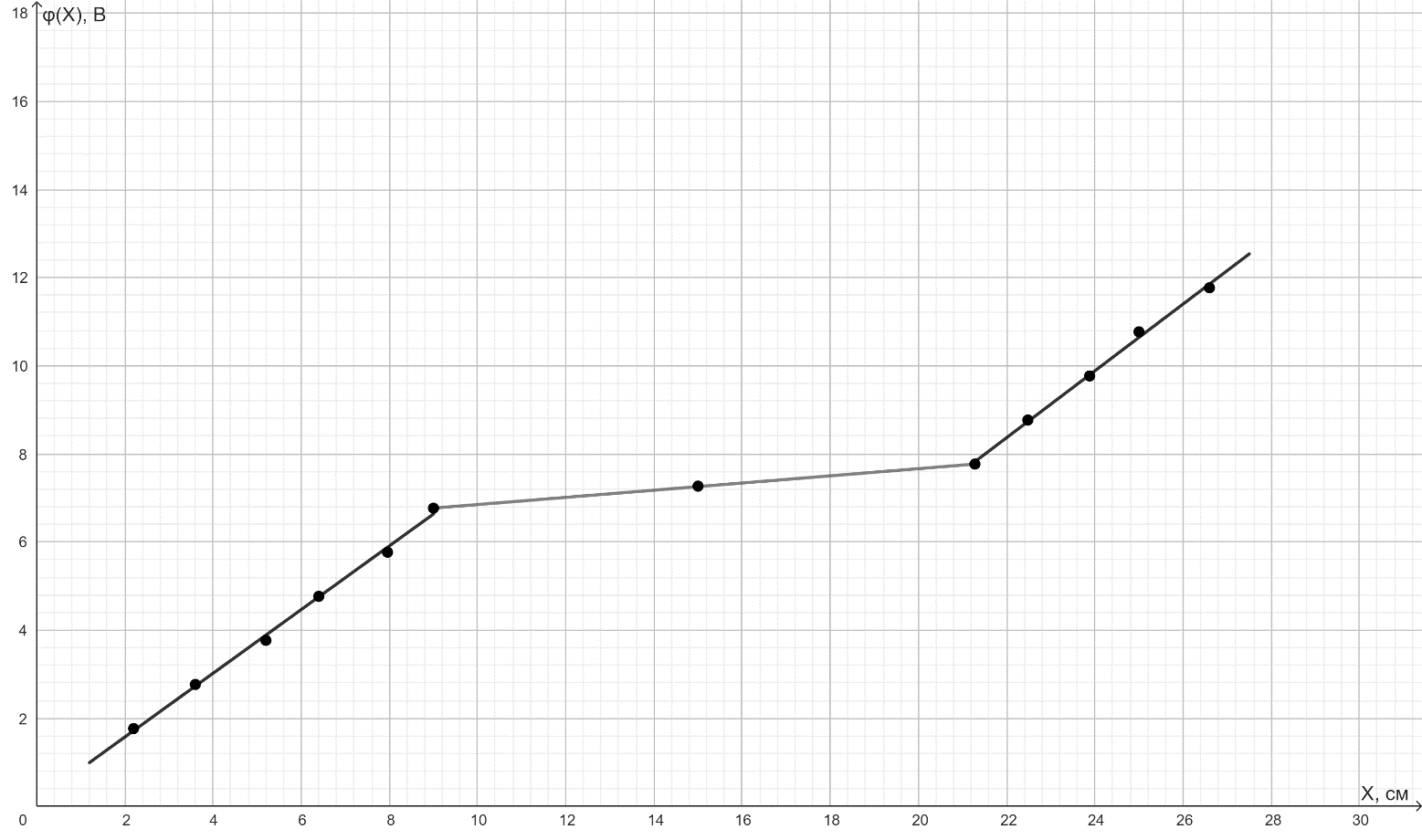
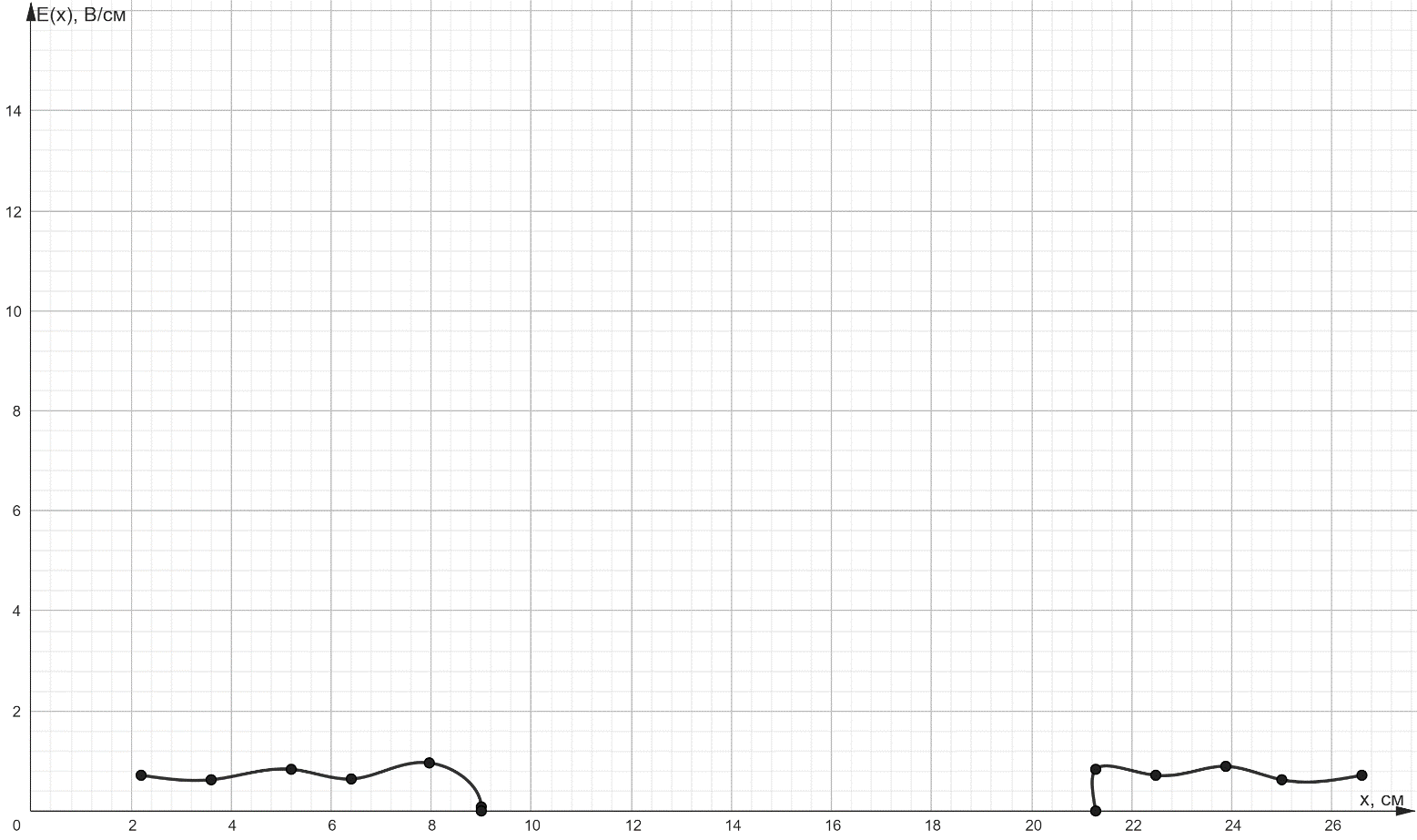
**Расчет погрешностей измерений**

Оценим величину погрешности вычислений напряженности в модели плоского конденсатора. Найдем погрешность измерения потенциала и измерения длины отрезка между потенциалами:

Тогда погрешность напряженности можно найти, сложив все погрешности выше следующим образом:

Где – погрешность измерения потенциала вольтметром, – погрешность измерения длины отрезка между потенциалами линейкой, возьмем , тогда:

**Графики**

1. График зависимости потенциала от координаты для горизонтали для модели плоского конденсатора
2. График зависимости потенциала от координаты для горизонтали для конфигурации поля с проводящим кольцом
3. График зависимости напряженности от координаты для конфигурации поля с проводящим кольцом

**Окончательные результаты работы**

Для модели плоского конденсатора средняя напряженность:

1. В центре электролитической ванны:

1. В окрестности одного из электродов:

**Выводы и анализ результатов работы**

Проанализировав графики, придем к выводу, что в первой конфигурации электростатического поля потенциал равномерно возрастает, так как наибольший потенциал у положительного электрода (правого) и наименьший у отрицательного (левого), а во второй конфигурации потенциал равномерно убывает до начала контура проводящего кольца, внутри кольца становится постоянным, так как во всех точках внутри контура кольца равный потенциал, после проводника потенциал продолжает равномерно убывать