

ИЗУЧЕНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ И ЛИНИЙ НАПРЯЖЁННОСТЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ ЭЛЕКТРОДАМИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ

Авторы работы:

учащиеся 11 «А» класса ГБОУ Лицей №1557

Савельев Дмитрий Сергеевич

Швецов Максим Валерьевич

Куратор:

Михин Александр Александрович

учитель физики ГБОУ Лицей №1557

Москва 2016 год

Оглавление

1. Введение	2
Гипотеза.....	Ошибка! Закладка не определена.
Актуальность	2
Цель работы	2
Поставленные задачи	2
2. Описание работы.....	3
Основные части установки	3
Ход эксперимента.....	3
Теоретическая основа метода.....	4
3. Результаты.....	5
Визуализация распределения потенциалов двух цилиндров	5
Визуализация распределения потенциала клеммы	5
Визуализация линий напряжённостей клеммы	5
Сопоставление визуализаций характеристик электрического поля клеммы.....	6
4. Заключение	7
5. Перспективы и развитие	8
6. Список использованной литературы	9

1. Введение

Тема электростатики является одной из самых сложных в курсе физики старших классов средней школы. На наш взгляд, благодаря тому, что такие характеристики электростатического поля, как потенциал и напряжённость, невозможно увидеть, а, следовательно, труднее понять. Таким образом, отсутствие наглядных визуализаций данных понятий является **актуальной проблемой**, а их построение – **целью** нашего проекта.

Актуальность

В настоящее время в школьном курсе физики темы "Электрическое поле" и "Потенциал", а также их взаимосвязь, остаются без демонстраций, что может негативно сказаться на понимании этих разделов физики.

Цель работы

Создание установки, дающей возможность наглядно визуализировать взаимосвязь потенциала электрического поля с распределением напряженности поля. Исследование электрического поля и потенциала, создаваемого электродами различной формы, методом моделирования полей и потенциалов в электролитической ванне с последующим сравнением результатом и их визуализацией.

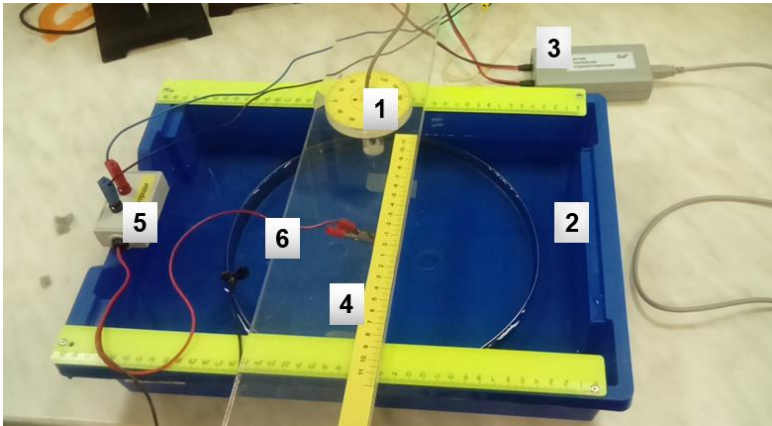
Поставленные задачи

- 1) Собрать установку для моделирования полей в электролитической ванне.
- 2) Провести измерения электрических полей, создаваемых электродами различной формы.
- 3) Визуализировать полученные данные в инженерной среде MATLAB.

2. Описание работы

Основные части установки

Для моделирования электростатического поля была собрана электролитическая ванна. Её основные компоненты:



1. Зонд
2. Ёмкость с водой
3. Осциллографический датчик
4. Линейка с зондом
5. Модуль подключения электродов
6. Клеммы

Ход эксперимента

Для проведения измерений, мы поместили в ванну, наполненную водой, два электрода, которые подсоединили к источнику тока клеммами. На клеммы мы подали переменное низкочастотное напряжение. Выбор такого типа напряжения обусловлен необходимостью избежать образования пузырьков воздуха, появляющихся вследствие электролиза и искажающих электростатическое поле электродов, измеряемое зондом с четырьмя иглами, расстояние между которыми 0,5 мм.

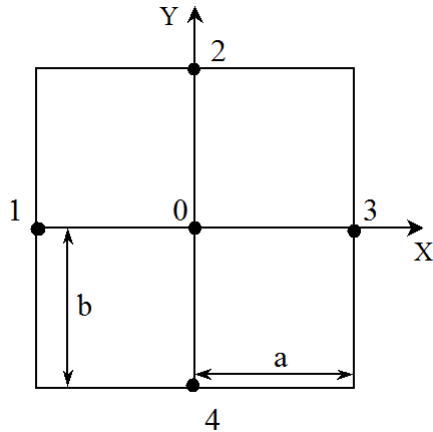


Четыре измеряющие иглы зонда



Клемма

Теоретическая основа метода

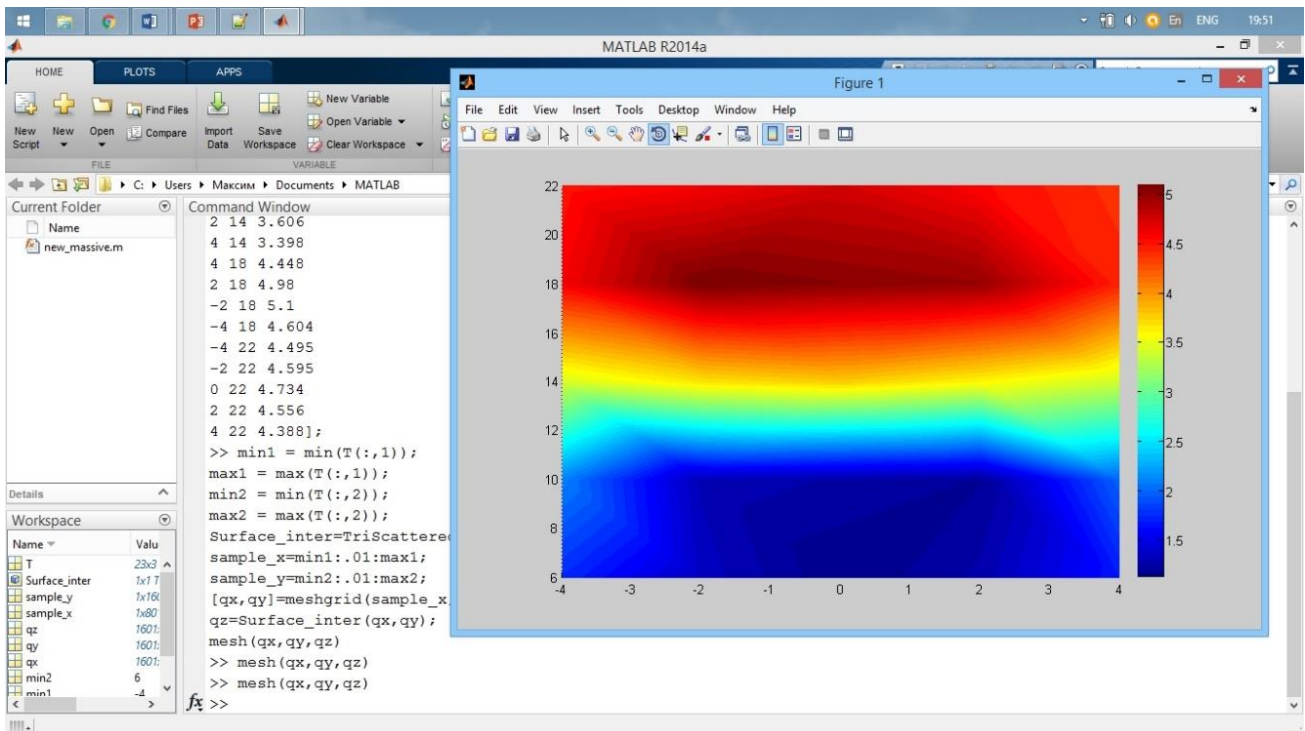


$$E_x = -\frac{\partial\varphi}{\partial x} \approx -\frac{\Delta\varphi}{\Delta x} \Big|_{y=\text{const}} \approx -\frac{\varphi_3 - \varphi_1}{2a} \quad (\text{№ } 1)$$

$$E_y = -\frac{\partial\varphi}{\partial y} \approx -\frac{\Delta\varphi}{\Delta y} \Big|_{x=\text{const}} \approx -\frac{\varphi_2 - \varphi_4}{2b} \quad (\text{№ } 2)$$

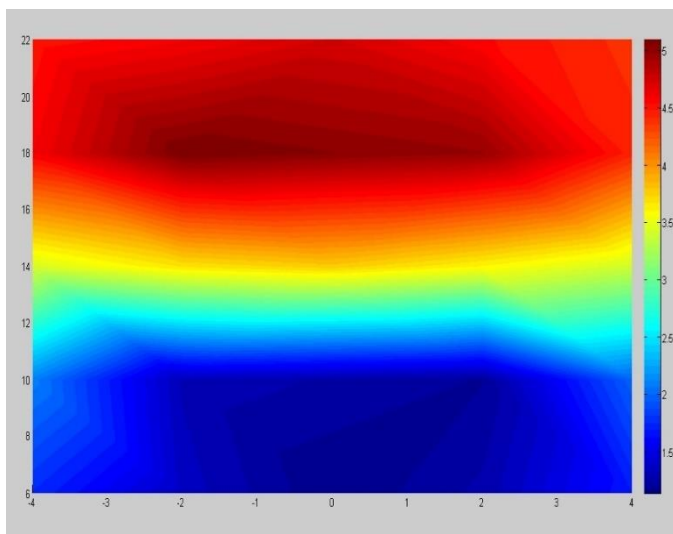
Итак, иглы измеряют потенциал по осям X и Y. Тогда вектор напряженности электрического поля в точке 0 (E_0) имеет проекции на оси X (E_x в формуле № 1) и Y (E_y в формуле № 2). Такой расчёт напряжённости мы сделали на основании следующего рассуждения:

Напряжённость можно представить, как отрицательный градиент потенциала. Иными словами, напряжённость — вектор, показывающий направление изменение потенциала. Таким образом, в точке 0 проекция напряжённости на ось X равна разности потенциала между точками 1 и 3, делёной на расстояние между ними. Аналогично рассчитывается проекция напряжённости на ось Y. После чего данные заносились в таблицу и обрабатывались в инженерной среде MATLAB.



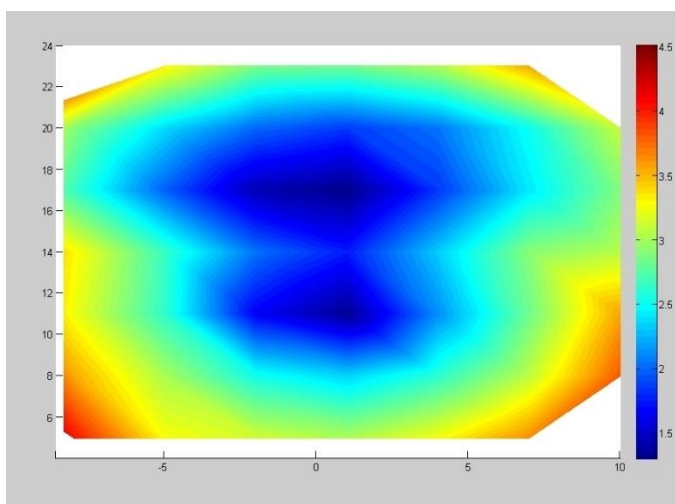
3. Результаты

Визуализация распределения потенциалов двух цилиндров



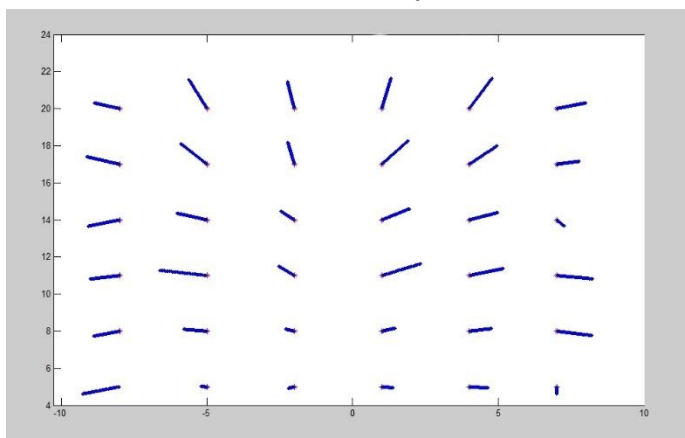
Первой получена картина распределения потенциалов двух цилиндров, имитирующих электрические заряды. Тёмные участки визуализации – то место, где располагались цилиндры и где, соответственно, потенциал наибольший. По мере удаления — градиент изменяется на более светлый потенциал. Это происходит потому, что энергия поля ослабевает по мере удаления от источника. А потенциал, как раз, является энергетической характеристикой поля.

Визуализация распределения потенциала клеммы



Следующая визуализация — потенциал клеммы, окружённой кольцеобразным контуром — потенциал точечного заряда. Наличие двух затемнённых областей объясняется тем, что часть клеммы лежала в воде, и распределение потенциалов повторяет контуры электродов. Стоит отметить, что части рисунка, окрашенные одним оттенком, показывают эквипотенциальные поверхности — области пространства равного потенциала

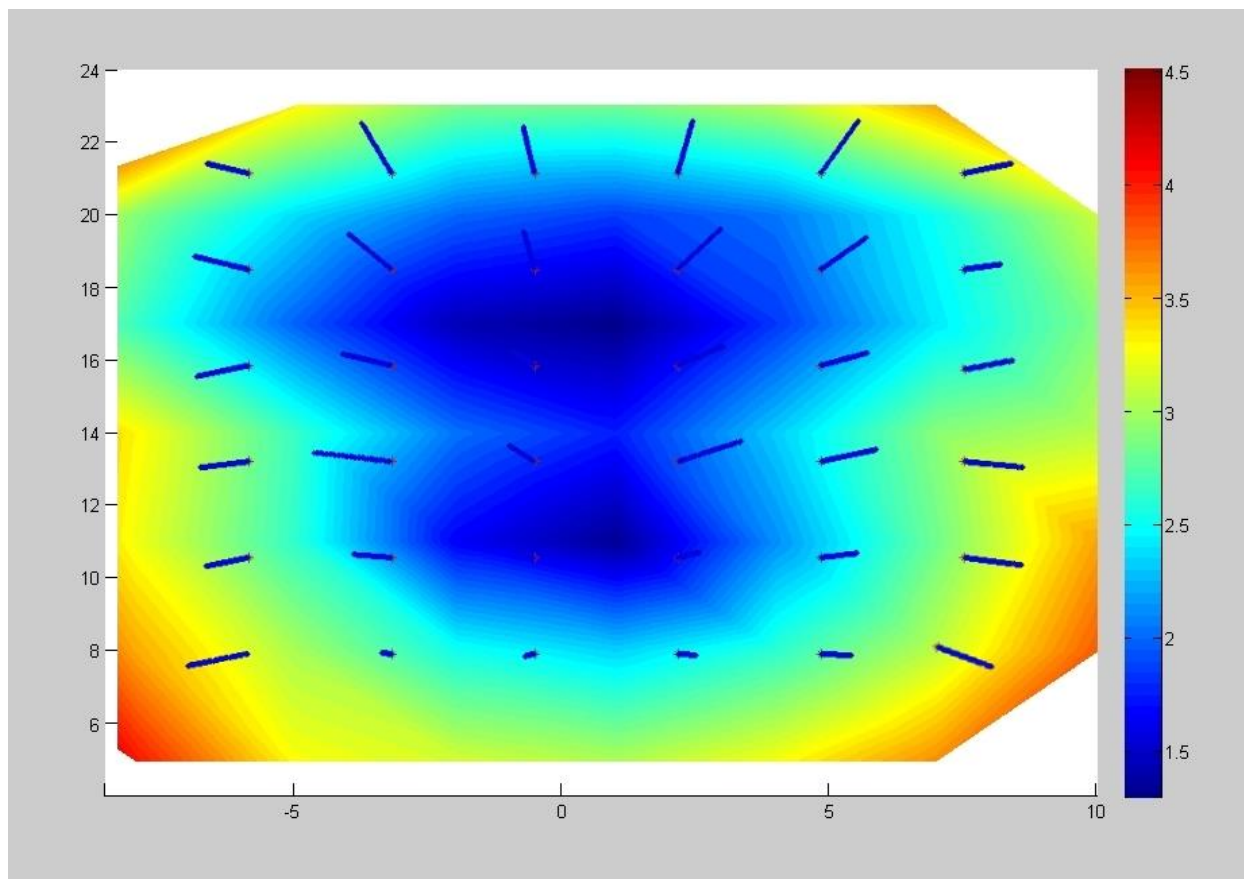
Визуализация линий напряжённости клеммы



Введя силовую характеристику поля — напряжённость, мы получили следующую визуализацию. При расчёте значений для её построения мы использовали ранее введённые формулы № 1 и № 2. Стоит отметить следующую закономерность построения: чем длинней линия, тем больше изменение поля в данной точке. И наоборот.

Сопоставление визуализаций характеристик электрического поля клеммы

При сопоставлении и наложении второй и третьей визуализации, мы получили картину, подтверждающую верность наших расчётов и дающую возможность считать данные, полученные в ходе эксперимента, верными.



4. Заключение

Итак, в ходе работы, были выполнены все поставленные задачи.

1. Мы собрали установку для моделирования полей с помощью электролитической ванны.
2. Мы провели с её помощью измерение электрических полей, создаваемых электродами различной формы.
3. Мы визуализировали картину потенциалов и напряжённости различных объектов.

Полученные визуализации дают ясное представление о распределении напряжённостей и потенциалов и согласуются с теорией, что означает достоверность результатов, получаемых на установке. Следовательно, её можно использовать для демонстраций или проведения фронтальных лабораторных работ по физике в старших классах средней школы.

5. Перспективы и развитие

В настоящее время мы ищем технические решения автоматизации процессов измерения. С одной стороны, это проектировка конструкции, по которой будет двигаться зонд, а с другой, разработка алгоритмов и их воплощение в программе, управляющей перемещениями зонда. Однако работа ведётся для улучшения не только качества измерений, но и их представления в презентации, а именно, мы изучаем возможности программы FEMlab для построения теоретических визуализаций, чтобы затем сравнивать результаты эксперимента с результатами теоретических построений. Также мы ведём переговоры с учителями физики лицея № 1557 о возможности проведения открытых уроков с использованием нашей установки. Таким образом, проект не кончается, и я уверен, что, в будущем, достигнув поставленных целей, мы не остановимся и придумаем что-нибудь новое, тем самым добавляя вклад в общее дело просвещения и популяризации науки.

Ведь, в итоге, главное, что мы хотим показать нашим проектом – каждый способен понять вещи, на первый взгляд кажущиеся странными и неестественными. Главное — дать возможность понимания. Возможность современную и наглядную, объясняющую то основное, без чего невозможно проникновение в суть ещё более тонких и ещё более необычных вещей. Доступное понимание каждому — ни больше, ни меньше.

6. Список использованной литературы

- ❖ Мякишев Г. Я., Синяков А. З., Слободков Б. А. Физика: Электродинамика. 10-11 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики. — 3-е изд // М.: Дрофа, 2001.
- ❖ Савельев И. В. Курс общей физики, том II. Электричество. — М.: Наука, 1982.
- ❖ Лабораторные работы по курсу общей физики. Электричество и магнетизм. / Под редакцией Горбатого И. Н. — М.: МИЭТ, 2003.