

## **Отчет по проектной практической работе**

### **«Визуализация электрического поля»**

Выполнили:

Студенты

Бобрусь Александр Владимирович, Р32091

Марьин Савва Сергеевич, Р32111

Преподаватель:

Музыченко Яна Борисовна

Санкт-Петербург

2022

## Оглавление

<b>Аннотация .....</b>	<b>3</b>
<b>Введение.....</b>	<b>3</b>
<b>Теория.....</b>	<b>4</b>
Основная сводка .....	4
Формулы, используемые при расчетах .....	5
<b>Эксперимент.....</b>	<b>5</b>
<b>Выводы.....</b>	<b>6</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>6</b>
<b>Приложение 1.....</b>	<b>8</b>

## Аннотация

Майкл Фарадей — английский физик-экспериментатор, основоположник учения об электромагнитном поле (частью которого является электрическое поле), которое затем математически оформил и развил Максвелл. Основной идейный вклад Фарадея в физику электромагнитных явлений заключался в отказе от принципа дальнего действия Ньютона и во введении понятия физического поля — непрерывной области пространства, сплошь заполненной силовыми линиями и взаимодействующей с веществом.

В современной формулировке электрическое поле математически определяется как векторное поле, которое связывает с каждой точкой в пространстве силу (электростатическую или кулоновскую) на единицу заряда, приложенную к бесконечно малому положительному пробному заряду, покоящемуся в этой точке.

В данном проекте главной задачей является визуализация электрического поля. Поставленной задаче было решено успешно и в нужный срок. Подробнее о промежуточных этапах разработки изложено в [следующем разделе](#).

## Введение

Для электрического поля характерно отсутствие реальной визуализации. То есть, оно невидимо. По этой причине для его представления и изучения используют программную визуализацию, которую может наблюдать человек. Она заключается в графическом моделировании поведения электрического поля и взаимодействия зарядов. Моделирование происходит по физическим законам и набору формул, о которых подробнее рассказано в разделе [“Теория”](#).

Для разработки функционального приложения был выбран язык программирования JavaScript, основной функционал (front-end часть) реализован на нем. Разработка происходила согласно графику и плану, установленному перед началом работы над проектом в соответствующем [документе](#), после того как была исследована предметная область, а также проведен анализ решений, реализующих подобный функционал.

Начальный план разработки предполагал наличие в итоговом проекте следующего особенностей:

- 1) Визуализация электрического поля с возможностью добавления зарядов в нужном количестве, а также их редактирования - перемещения и удаления (см. [Приложение 1](#), рис. 1).
- 2) Настройка контрастности. Для слабовидящих людей, а также людей с нарушенным цветовосприятием (дальтонизм) предусмотрен специальный режим повышенной контрастности.
- 3) Удобство использования.

В процессе работы значительных отклонений от плана не было. Однако, был пересмотрен режим “Повышенной контрастности” для слабовидящих людей,

а также людей с дальтонизмом. Было принято решение не добавлять данный режим, а изначально проектировать приложение таким образом, чтобы при его использовании у людей с нарушением зрения не было затруднений - линии напряженности отображаются крупными четкими штрихами. Градиентные переходы отсутствуют, цветовая гамма состоит из двух (помимо черного и белого) контрастирующих цветов - красного и синего, которые хорошо различимы людьми с нарушением цветовосприятия.

В ходе работы также столкнулись с некоторыми затруднениями, а именно - проблемами оптимизации. При добавлении даже небольшого количества зарядов (до 10 штук) вычисления, необходимые для отрисовки линий напряженности, занимали слишком много времени - приложение зависало на неопределенный период, при том, что для вычислений использовался современный серверный процессор. Данная проблема была решена благодаря разбиению поля отрисовки на сетку фиксированного размера (экспериментальным образом был вычислен размер сетки 10 пикселей). Таким образом, вектора напряженности считаются не отдельно для каждого штриха, формирующего линию напряженности, а для набора штрихов, попадающих в узлы сетки, не ухудшая при этом качество изображения и отрисовки линий. Оптимизация дала такой рост производительности, который позволил отказаться от серверной части приложения. Теперь расчет векторов напряженности не требуют больших вычислительных затрат, следовательно, нет нужды в аренде производительного сервера, все расчеты могут происходить прямо на устройстве пользователя, который запускает приложение. Причем независимо от того, насколько мощным является устройство, это никак не повлияет на работоспособность приложения, даже при добавлении значительного количества зарядов - более 50 (см. [Приложение 1](#), рис. 2). Подробнее конечный результат рассматривается в разделе [“Выводы”](#).

## Теория

### Основная сводка

Электрический заряд (количество электричества) — это физическая скалярная величина, определяющая способность тел быть источником электромагнитных полей и принимать участие в электромагнитном взаимодействии. Точечный заряд - заряженное тело, размерами которого можно пренебречь по сравнению с расстоянием до других заряженных тел.

Свойства электрического заряда:

- 1) Существует в двух видах - положительный и отрицательный.
- 2) Любой заряд  $q$  всегда кратен заряду электрона -  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.
- 3) В электрически изолированной системе алгебраическая сумма зарядов не изменяется.
- 4) Электрический заряд является релятивистски инвариантным: его величина не зависит от системы отсчета, т.е. не зависит движется заряд или покоится.

Электрическое поле – определенная форма материи, через которую осуществляются электромагнитные взаимодействия. Любое заряженное тело, помещенное в какую-либо точку поля оказывается под воздействием силы.

Напряженность электрического поля - векторная физическая величина, характеризующая электрическое поле в данной точке, численно равная силе, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в данную точку поля. Вектор напряженности совпадает по направлению с силой, действующей на положительный заряд.

Линии напряженности - линии, касательные к которым в каждой точке поля направлены также как и вектор напряженности. Линии напряженности начинаются на положительных зарядах, заканчиваются на отрицательных зарядах. Линии не пересекаются, не замкнуты.

Эквипотенциальная поверхность — поверхность, в любой своей точке ортогональная силовым линиям поля.

### Формулы, используемые при расчетах

Напряженность электрического поля:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$\vec{E}$  – векторное поле

$\vec{F}$  – сила, действующая на единичный заряд

$q$  – заряд

Напряженность электростатического поля, создаваемого в данной точке системой зарядов, есть векторная сумма напряженности полей отдельных зарядов:

$$E = \frac{k * |q|}{r^2}$$

$k$  – постоянная

$q$  – заряд

$r$  – радиус

Правильность построения эквипотенциальных поверхностей проверяется по формуле ортогональности векторов:

$$\cos(\vec{a}, \vec{b}) = 0$$

$a$  – вектор штриха напряженности

$b$  – вектор штриха эквипотенциальной поверхности

## Эксперимент

Весь код программы, написанный в процессе выполнения данного проекта, опубликован в открытом доступе на ресурсе [GitHub](https://github.com), где он доступен для просмотра, скачивания в удобном формате, а также есть возможность

клонирования проекта и его модифицирования всем желающим (см. [Приложение 1](#), рис. 3).

### **Выводы**

- 1) В данном проекте был реализован весь функционал, запланированный изначально – визуализация электрического поля с возможностью редактирования зарядов – их удаления, перемещения и изменения. Помимо этого, были добавлены дополнительные функции – проверка точечного заряда, а также отображение эквипотенциальных поверхностей. Говоря о технической реализации – была произведена оптимизация приложения, выходящая за рамки начального плана.
- 2) Также была выполнена цель, заключающаяся в создании приложения, превосходящего аналоги ([пример 1](#), [пример 2](#)). Проблема которых заключается в сложности использования (необходимо скачивать проект и обязательно производить его сборку, либо скачивать приложение), а также отсутствии кроссплатформенности (конкретная реализация доступна только для телефонов с ОС android, либо только для компьютеров). Мы же придерживались концепции веб-приложения, что позволяет его использовать, просто перейдя [по ссылке](#). Это можно сделать как с компьютера или ноутбука, так и с телефона, планшета, либо другого устройства, нет необходимости что-либо скачивать и настраивать.
- 3) Актуальности и сфера применения. Данное приложение может использоваться в сфере образовательной деятельности. А именно – на уроках в школах и университетах, таким образом, облегчая восприятие информации и наглядно демонстрируя материал по теме электрических полей. Приложение легко масштабируемо – поэтому в перспективе возможно построить образовательную платформу, позволяющую более подробно изучать окружающий мир и явления, недоступные человеческому глазу.

### **Список литературы**

- 1) Савельев И. В., Курс общей физики, т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика: Учебное пособие – 2-е изд., перераб. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 496 с.
- 2) Парселл Э., Том 2. Берклеевский курс физики. Электричество и магнетизм: – 2-е изд., М.: Наука.





## Панель редактирования заряда.

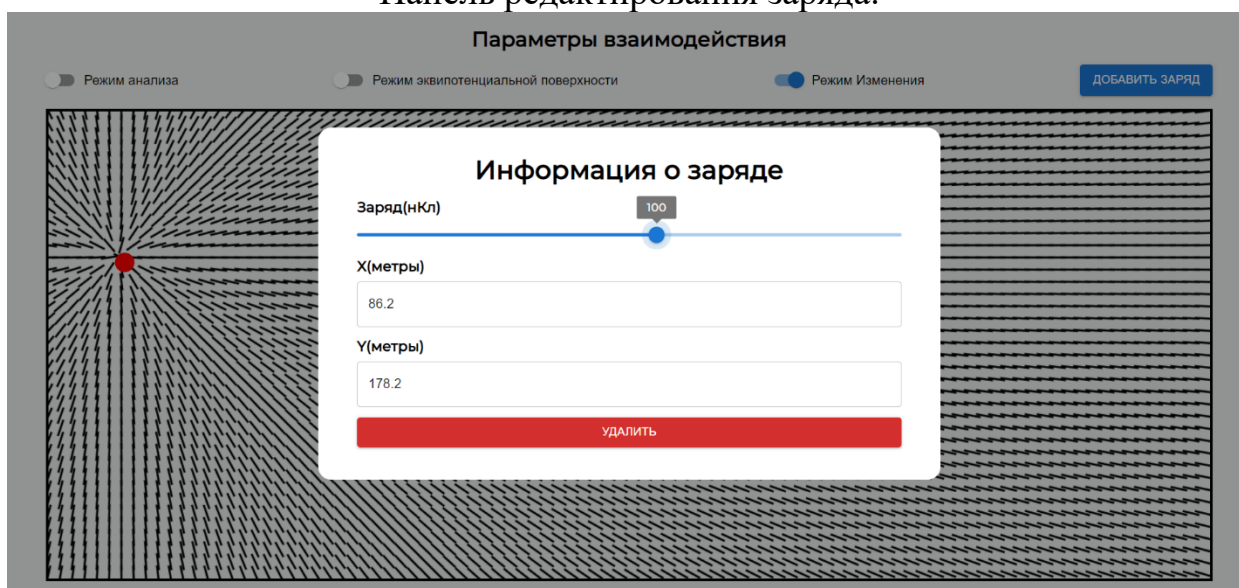


Рис. 1

Визуализация электрического поля, демонстрирующая взаимодействие 50 зарядов.

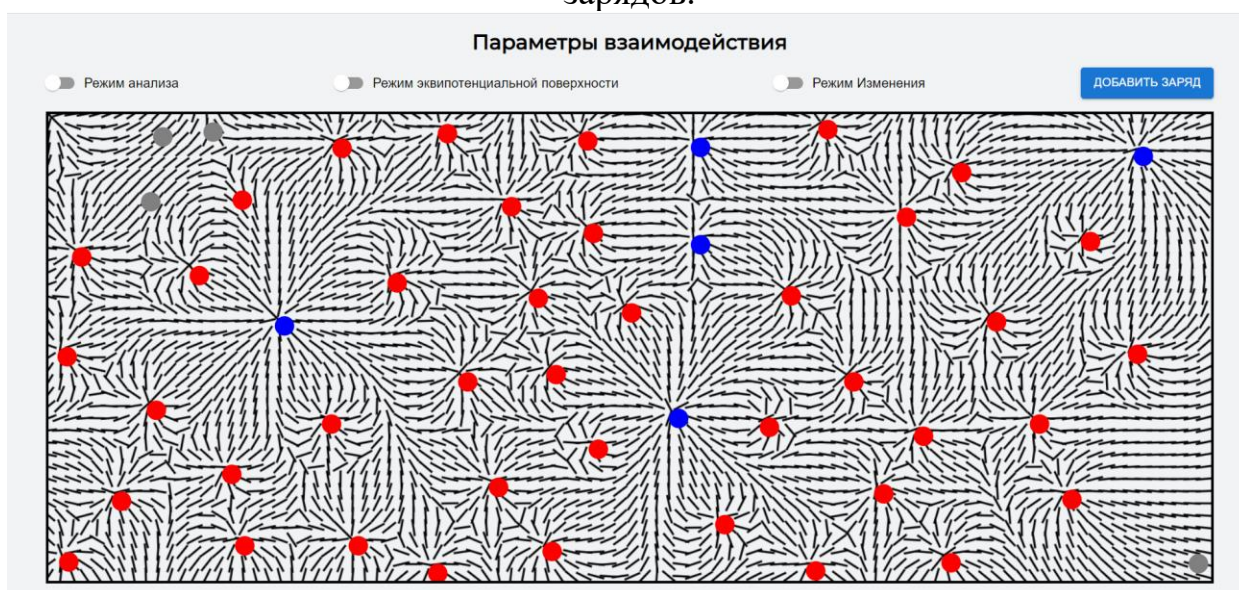


Рис. 2



## Открытый код программы, доступный для скачивания.

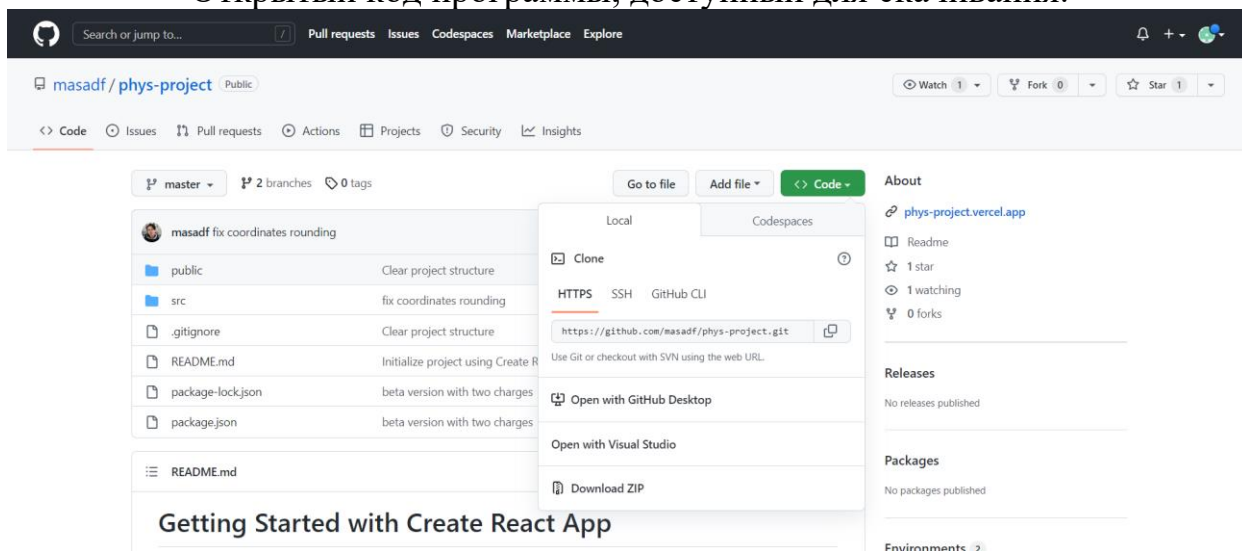


Рис. 3