

Изучение электростатического поля методом моделирования

Компьютерная симуляция лабораторной работы № 10

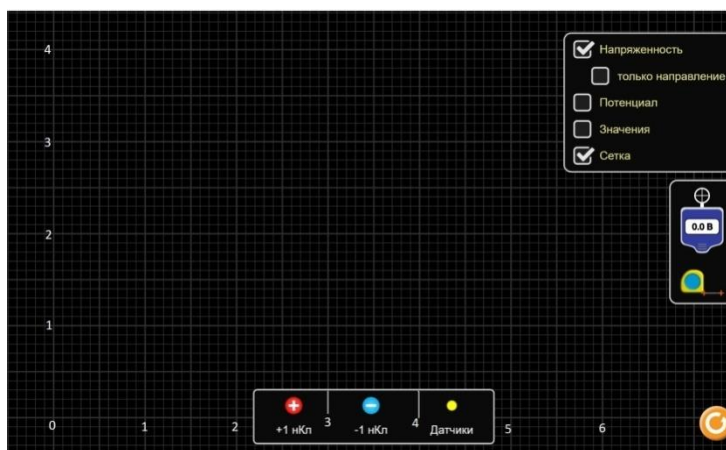
Цель работы — получить экспериментально семейство эквипотенциальных поверхностей системы точечных зарядов; сравнить их с ожидаемыми теоретическими эквипотенциалами; изучить связь силовых линий и эквипотенциалей.

Теория

Интегральная и дифференциальная связь напряжённости электрического поля и потенциала, геометрическая связь силовых линий и эквипотенциалей, принцип суперпозиции изложены в приведенной литературе.

Описание установки

Виртуальная лабораторная работа выполняется с помощью компьютерного [симулятора](#) разработанного в рамках проекта [PhET](#).



В нижней части симулятора (см. рис.) помещены объекты, которые можно размещать на экране: заряды, положительные и отрицательные, и датчики. Минимальный заряд в данной симуляции 1 нКл. Большой, но кратный ему заряд, можно получить, накладывая несколько минимальных зарядов друг на друга. Датчик – это пробный положительный единичный заряд для исследования поля.

У правого края экрана помещены вольтметр и рулетка, которые также можно выносить на экран. Таким образом, в симуляторе три измерительных прибора: датчик(и), вольтметр, рулетка. В таблице приборов должны быть записаны их цены деления.

В правом верхнем углу экрана размещён набор вариантов, или, по-нижегородски, опций, режимов отображения на экране.

По умолчанию включён режим «Напряжённость». Внесите на экран положительный заряд. При этом на экране возникает распределение векторов, привязанных к сетке точек в пространстве («Сетка стрелок»). Каждый вектор указывают направление (но не величину) электрического поля в данной точке, таким образом, возникает картина силовых линий поля. Качественно величина напряжённости поля показывается яркостью каждого вектора: больше напряжённость – больше яркость. Если включить режим «Напряжённость – только направление», то вариации яркости стрелок отключаются.

Если внести датчик на экран, то красная стрелка от него покажет направление вектора напряжённости поля, а её длина пропорциональна величине напряжённости.

При включении режима «Сетка» отображается «Координатная сетка». При выполнении работы включите этот режим постоянно.

При включении режима «Значения» возле стрелки датчика будут указаны величина напряжённости и азимутальный угол стрелки, а справа внизу экрана – отрезок, соответствующий расстоянию 1 метр. Определите и запишите в таблицу приборов цену деления датчика. Определите и запишите в протокол цену деления координатной сетки и цену деления сетки стрелок.

На рисунке нами дополнительно нанесена числовая разметка горизонтальной и вертикальной осей для задания координат зарядов (белые цифры слева и внизу экрана).

Рулетка предназначена для точного измерения расстояния между точками. Запишите в таблицу приборов цену деления рулетки. Перенести рулетку на экран, совместить левый крестик рулетки с первой точкой, поставить

курсор на правый крестик, совместить его со второй точкой. Расстояние между точками будет указано возле рулетки.

Вольтметр. Вынесите вольтметр на экран. На нём появится название «Эквипотенциал», употреблённое переводчиком вместо исконно русского «Вольтметр». Цифровой индикатор покажет значение потенциала точки в пространстве, совмещённой с перекрестьем вольтметра. Запишите в таблицу приборов цену деления вольтметра. Если нажать на «Карандаш», то будет нарисована эквипотенциальная линия, соответствующая данному значению потенциала. Флажок «Значения» позволяет подписывать эквипотенциальные линии. Нажатие на «Ластик» отключает отображение эквипотенциали.

Режим «Потенциал» включает отображение поля потенциала яркостью цвета. Никакой дополнительной количественной информации он не даёт.

Задания к работе

Вместе с допуском к выполнению работы студент получает индивидуальные значения зарядов и их расстановку на плоскости.

Часть 1.

1. Разместите в заданной точке экрана заданный заряд.
2. Используя вольтметр, постройте не менее десяти эквипотенциалей с шагом один вольт. Используя только целые значения, подпишите эквипотенциали.
3. Разместите на рабочем поле не менее 10 датчиков таким образом, чтобы полученная картина давала представление о том, как пересекаются силовые линии и эквипотенциали. Скрин экрана приложить к отчету, дав словесное описание полученной картины.
4. Очистите рабочее поле от датчиков и эквипотенциалей.
5. Постройте две эквипотенциали на минимальном расстоянии. Рассчитайте напряженность поля между эквипотенциалами. Поместите между ними датчик. Сделайте скрин. Скрин и расчеты приложите к отчету.

6. Очистите рабочее поле от датчика и эквипотенциалей.
7. Смещаясь от заряда вдоль оси x вправо, измерьте потенциал в пяти точках. Шаг смещения 1 метр.
8. Расстояния до заряда и значения потенциала занесите в таблицу измерений.
9. Рассчитайте теоретические значения потенциалов в этих точках.
10. Постройте на миллиметровке графики расчётной и измеренной зависимостей $\varphi(R)$ (теоретическая – линия, измеренная - маркеры). Какую функцию R следует выбрать по горизонтальной оси, чтобы сделать наглядной проверку теоретической зависимости?

Часть 2.

11. Поместите на экран два заряда, положительный и отрицательный. Такая пара зарядов называется «диполь» и играет важную роль в изучении электрических свойств диэлектриков. Координаты зарядов задаёт преподаватель.
12. Включите «Напряжённость – Только направление». Используя вольтметр, постройте на рабочей плоскости семейство эквипотенциальных линий, соответствующих целым значениям потенциала. Постройте не менее 20 линий с шагом в 1 вольт. Флажок "**Значения**" позволяет подписывать эквипотенциальные линии. Сделайте скрин экрана для протокола.
13. Кнопкой «Ластик» вольтметра отключите эквипотенциали. Измерьте потенциал $\varphi_{\text{изм}}$ в точке P , заданной преподавателем. Рулеткой измерьте расстояния R_1 и R_2 от зарядов до точки P . Рассчитайте теоретический потенциал $\varphi_{\text{теор}}$ в точке P по принципу суперпозиции потенциалов. Рассчитайте относительное отклонение $\varphi_{\text{изм}}$ от $\varphi_{\text{теор}}$ (в процентах).

Часть 3.

14. Расположить на окружности радиусом 1 метр равномерно 32 точечных заряда 1нК одного знака (модель равномерно заряженной сферы). Для этих целей используйте Рулетку. Знак зарядов определяет преподаватель. Центр окружности – точка $(x;y) = (1,0;2,0)$. Включить «Напряжённость» и «Значения».
15. Поставить два датчика: один в центре окружности, а второй в точке $(x;y) = (2,5;2,0)$. Сделать снимок экрана. Какой теоретически должна быть напряжённость поля в центре тонкого равномерно заряженного кольца? Вторым датчиком также измерить напряжённость электрического поля на горизонтальной линии $y = 2,0$ вне окружности в точках с координатами $x = 3,0; 4,0, 5,0; 6,0$.
16. Рассчитайте в этих точках $x = 2,5 ÷ 6,0$ вне окружности напряжённость электрического поля суммарного заряда 32 нКл, помещённого в центр окружности. Напряжённость численно равна $E(\text{В/м}) = 32/R^2$, где R - расстояние в метрах от центра окружности.
17. Изобразите на миллиметровке измеренную и теоретическую зависимости напряжённости $E(R)$ (теоретическая – линия, измеренная - маркеры). Какую функцию R следует выбрать по горизонтальной оси, чтобы сделать наглядной проверку теоретической зависимости?

Контрольные вопросы

1. Что такое электрическое поле?
2. Сформулируйте, что такое напряженность электростатического поля.
3. Силовая линия электростатического поля. Свойства силовой линии.
4. Напряженность электростатического поля точечного заряда.
5. Какие поля называются потенциальными?
6. Сформулируйте, что такое потенциал электростатического поля.
7. Эквипотенциальная линия (поверхность), их свойства.

8. Объясните (докажите) взаимное расположение силовых и эквипотенциальных линий?
9. Сформулируйте принцип суперпозиции для потенциалов и напряженности электрического поля.
10. Потенциал и напряженность электростатического поля точечного заряда.
11. Выведите дифференциальную связь напряженности с потенциалом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сарина М. П. Электричество. Электричество и магнетизм. Ч. 1: учебное пособие / М. П. Сарина; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 152с.: - Режим доступа: <https://elibrary.nstu.ru/source?id=41714>
2. Заикин А.Д. [Физика-2](#)

Заготовка протокола лаб. №10

1. Титульный лист
2. Таблица приборов – заполнить цены деления приборов. Ниже таблицы приборов записать цены деления координатной сетки и сетки стрелок.
3. Расчётные формулы, в том числе формула относительной погрешности в процентах.
4. Ожидаемые графики потенциала и напряженности. Обратит внимание на выборы переменных по горизонтальной оси
5. Заготовки таблиц измерений для каждого задания