

Преподаватель Семенова Ольга Леонидовна

Физика

Группа ТЭК 1/1

19.01.2023

**Электрическое поле. Напряженность электрического поля.**

**Проводники и диэлектрики в электрическом поле.**

1. **Образовательная:** сформировать представление о электрическом поле, рассмотреть его характеристики; сформулировать понятие физической величины «напряженность»; рассмотреть проводники и диэлектрики в электрическом поле.

2. **Воспитательная:** воспитать логическое мышление, внимание.

3. **Развивающая:** развитие коммуникативных качеств, критического мышления, познавательной активности студентов.

**Формируемые общие и профессиональные компетенции:** Материал лекции на тему: «Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Проводники и диэлектрики в электрическом поле» формирует такие общие компетенции:

- ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
- ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
- ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
- ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
- ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
- ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
- ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.
- ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
- ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

**Интеграционные связи:** тема взаимосвязана с предыдущими темами дисциплины «Физика»

**Список литературы по теме:**

1. Лабковский В.Б. 220 задач по физике с решениями: книга для учащихся 10-11 кл. общеобразовательных учреждений. М., 2006.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфентьевой. – 17 изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 2008. – 366 с.
3. Рымкевич А.П. Задачник: сборник для учащихся общеобразовательных учреждений. – М., «Дрофа» 2008.

**Вопросы лекции:**

- 1) Электрическое поле.
- 2) Напряженность электрического поля.
- 3) Проводники и диэлектрики в электрическом поле.

Закон Кулона, изученный на прошлом занятии, был установлен экспериментально и справедлив для покоящихся заряженных тел. Каким же образом происходит взаимодействие заряженных тел на расстоянии? До некоторых пор при изучении электрических взаимодействий бок о бок развивались две принципиально разные теории: **теория близкодействия** и **теория дальногодействия** (действия на расстоянии).

Теория близкодействия заключается в том, что заряженные тела взаимодействуют друг с другом посредством промежуточного звена (например, цепь в задаче о поднятии ведра из колодца является промежуточным звеном, посредством которого мы воздействуем на ведро, то есть поднимаем его).

Теория дальногодействия гласит, что заряженные тела взаимодействуют через пустоту. Шарль Кулон придерживался именно этой теории и говорил, что заряженные тела «чувствуют» друг друга. В начале XIX века конец спорам положил Майкл Фарадей (рис. 1). В работах, связанных с электрическим полем, он установил, что между заряженными телами существует некий объект, который и осуществляет действие заряженных тел друг на друга. Работы Майкла Фарадея были подтверждены Джеймсом Максвеллом (рис. 2). Он показал, что действие одного заряженного тела на другое распространяется за конечное время, таким образом, между заряженными телами должно существовать промежуточное звено, через которое осуществляется взаимодействие.



Рис. 1. Майкл Фарадей



Рис. 2. Джеймс Клерк Максвелл

**Электрическое поле** – это особая форма материи, которая создается покоящимися зарядами и определяется действием на другие заряды.

### Напряженность

Электрическое поле характеризуется определенными величинами. Одна из них называется напряженностью.

Вспомним, что по закону Кулона, сила взаимодействия двух зарядов:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}$$

Максвелл показал, что это взаимодействие осуществляется за конечное время:

$$t = \frac{l}{c}$$

где  $l$  – расстояние между заряженными частицами, а  $c$  – скорость света, скорость распространения электромагнитных волн.

Рассмотрим эксперимент по взаимодействию двух зарядов. Пусть электрическое поле создается положительным зарядом  $+q_0$ , и в это поле на некотором расстоянии помещается пробный, точечный положительный заряд  $+q$  (рис. 3,а). Согласно закону Кулона, на пробный заряд будет действовать сила электростатического взаимодействия со стороны заряда, создающего электрическое поле. Тогда отношение этой силы к величине пробного заряда будет характеризовать действие электрического поля в данной точке. Если же в эту точку будет помещен вдвое больший пробный заряд, то сила взаимодействия также увеличится вдвое (рис. 3,б). Аналогичным образом

отношение силы к величине пробного заряда снова даст значение действия электрического поля в данной точке. Так же действие электрического поля определяется и в том случае, если пробный заряд отрицательный (рис. 3,в).

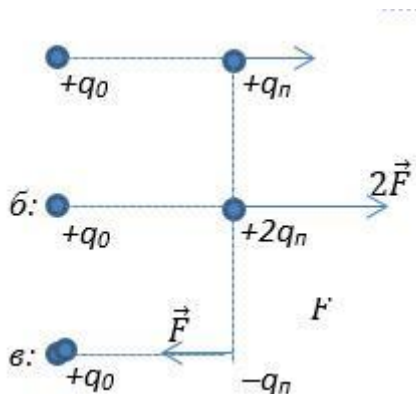


Рис. 3. Сила электростатического взаимодействия двух точечных зарядов

Таким образом, в точке, где находится пробный заряд, поле характеризуется величиной:

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

Эта величина и называется **напряженностью** электрического поля. Напряженность поля в данной точке не зависит от величины пробного заряда: во всех трех случаях отношение силы к величине заряда – постоянная величина. Единица измерения напряженности:

$$[E] = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

Напряженность – векторная величина, является **силовой** характеристикой электрического поля, направлена в ту же сторону, куда и сила электростатического взаимодействия. Она показывает, с какой силой электрическое поле действует на помещенный в него заряд.

#### Напряженность поля точечного заряда

Рассмотрим напряженность электрического поля уединенного точечного заряда либо заряженной сферы.

Из определения напряженности следует, что для случая взаимодействия двух точечных зарядов, зная силу их кулоновского взаимодействия, можем получить величину напряженности электрического поля, которое создается

зарядом  $q_0$  в точке на расстоянии  $r$  от него до точки, в которой исследуется электрическое поле:

$$E = k \frac{|q_0|}{\epsilon r^2}$$

Данная формула показывает, что напряженность поля точечного заряда изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния от данного заряда, то есть, например, при увеличении расстояния в два раза, напряженность уменьшается в четыре раза.

### Линии напряженности

Попытаемся теперь охарактеризовать электростатическое поле нескольких зарядов. В этом случае необходимо воспользоваться сложением векторных величин напряженностей всех зарядов. Внесем пробный заряд и запишем сумму векторов сил, действующих на этот заряд. Результирующее значение напряженности получится при разделении значений этих сил на величину пробного заряда. Данный метод называется **принципом суперпозиции**.

Напряженность электростатического поля принято изображать графически при помощи **силовых линий**, которые также называют линиями напряженности. Такое изображение можно получить, построив вектора напряженности поля в как можно большем количестве точек вблизи данного заряда или целой системы заряженных тел.

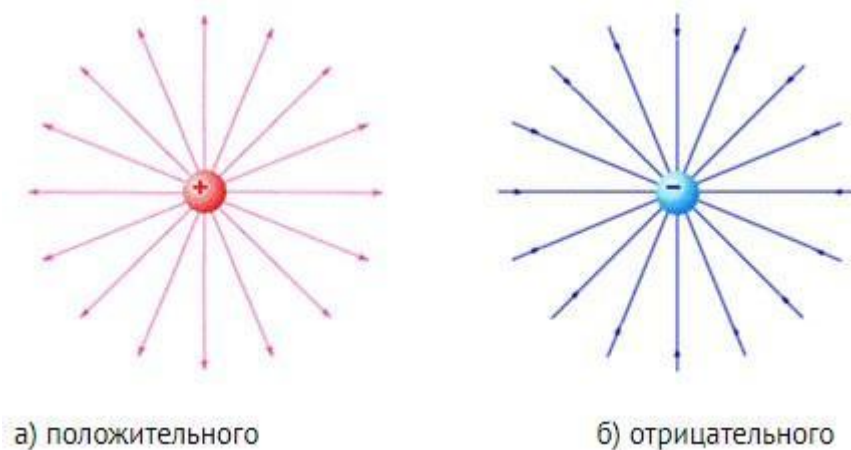


Рис. 4. Линии напряженности электрического поля точечного заряда

Рассмотрим несколько примеров изображения силовых линий. Линии напряженности выходят из положительного заряда (рис. 4,а), то есть положительный заряд является источником силовых линий. Заканчиваются линии напряженности на отрицательном заряде (рис. 4,б).

Рассмотрим теперь систему, состоящую из положительного и отрицательного зарядов, находящихся на конечном расстоянии друг от друга (рис. 5). В этом случае линии напряженности направлены от положительного заряда к отрицательному.

Большой интерес представляет электрическое поле между двумя бесконечными плоскостями. Если одна из пластин заряжена положительно, а другая отрицательно, то в зазоре между плоскостями создается **однородное** электростатическое поле, линии напряженности которого оказываются параллельными друг другу (рис. 6).

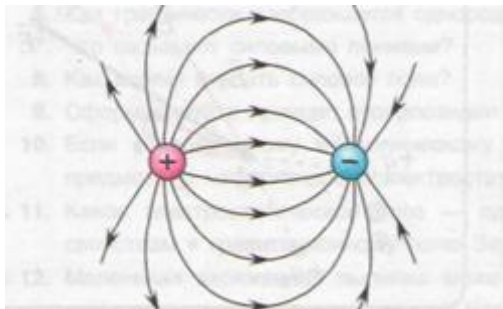


Рис. 5. Линии напряженности системы двух зарядов

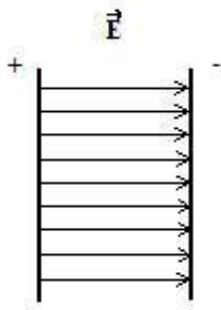


Рис. 6. Линии напряженности поля между заряженными пластинами

В случае **неоднородного** электрического поля величина напряженности определяется густотой силовых линий: там, где силовые линии гуще, величина напряженности поля больше (рис. 7).

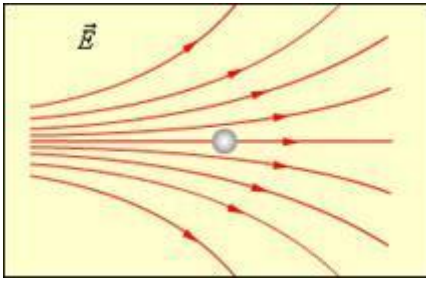


Рис. 7. Неоднородное электрическое поле

**Линиями напряженности** называют непрерывные линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с векторами напряженности в этой точке.

Линии напряженности начинаются на положительных зарядах, заканчиваются на отрицательных и являются непрерывными.

Изображать электрическое поле с помощью силовых линий мы можем так, как сами посчитаем нужным, то есть число силовых линий, их густота ничем не ограничивается. Но при этом необходимо учитывать направление векторов напряженности поля и их абсолютные величины.

Очень важно следующее замечание. Как говорилось ранее, закон Кулона применим только для точечных покоящихся зарядов, а также заряженных шариков, сфер. Напряженность же позволяет характеризовать электрическое поле вне зависимости от формы заряженного тела, которое это поле создает. По электрическим свойствам все вещества разделяют на два больших класса - вещества, которые проводят электрический ток (**проводники**) и вещества, которые не проводят электрический ток (**диэлектрики**, или изоляторы).

Мы знаем, что все вещества состоят из атомов, которые, в свою очередь, состоят из заряженных частиц. Если внешнее поле вокруг вещества отсутствует, то его частицы распределяются так, что суммарное электрическое поле внутри вещества равно нулю. Если вещество поместить во внешнее электрическое поле, то поле начнет действовать на заряженные частицы и они перераспределятся так, что в веществе возникнет собственное электрическое поле. Полное электрическое поле  $\vec{E}$  складывается из внешнего поля  $\vec{E}_0$  и внутреннего поля  $\vec{E}'$  создаваемого заряженными частицами вещества.

**Проводник** - это тело или материал, в котором электрические заряды начинают перемещаться под действием сколь угодно малой силы. Поэтому эти заряды называют **свободными**.

В металлах свободными зарядами являются электроны, в растворах и расплавах солей (кислот и щелочей) - ионы.

**Диэлектрик** - это тело или материал, в котором под действием сколь угодно больших сил заряды смещаются лишь на малое, не превышающее размеров атома расстояние относительно своего положения равновесия. Такие заряды называются **связанными**.

Рассмотрим подробнее эти классы веществ.

### **Проводники в электрическом поле.**

**Проводниками** называют вещества, проводящие электрический ток.

Типичными проводниками являются металлы.

*Основная особенность проводников* – наличие **свободных зарядов** ( в металлах это электроны), которые участвуют в тепловом движении и могут перемещаться по всему объему проводника.

В отсутствие внешнего поля в любом элементе объема проводника отрицательный свободный заряд компенсируется положительным зарядом ионной решетки. В проводнике, внесенном в электрическое поле, происходит перераспределение свободных зарядов, в результате чего на поверхности проводника возникают нескомпенсированные положительные и отрицательные заряды. Этот процесс называют **электростатической индукцией**, а появившиеся на поверхности проводника заряды – **индукционными зарядами**.

*Явление перераспределения зарядов внутри проводника под действием внешнего электрического поля называется электростатической индукцией.*

*Заряды, появляющиеся на поверхности проводника, называются индукционными зарядами.*

Индукционные заряды создают свое собственное поле  $\vec{E}'$ , которое компенсирует внешнее поле  $\vec{E}_0$  во всем объеме проводника:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}' = 0 \quad (\text{внутри проводника}).$$

**Полное электростатическое поле внутри проводника равно нулю, а потенциалы во всех точках одинаковы и равны потенциалу на поверхности проводника.**

### **Диэлектрики в электрическом поле.**

**Диэлектриками (изоляторами)** называют вещества, не проводящие электрического тока.

В отличие от проводников, в **диэлектриках** (изоляторах) нет свободных электрических зарядов. Они состоят из нейтральных атомов или молекул. Заряженные частицы в нейтральном атоме связаны друг с другом и не могут

перемещаться под действием электрического поля по всему объему диэлектрика.

При внесении диэлектрика во внешнее электрическое поле  $\vec{E}_0$  в нем возникает некоторое перераспределение зарядов, входящих в состав атомов или молекул. В результате такого перераспределения на поверхности диэлектрического образца появляются избыточные нескомпенсированные **связанные** заряды. Все заряженные частицы, образующие макроскопические связанные заряды, по-прежнему входят в состав своих атомов.

Связанные заряды создают электрическое поле  $\vec{E}'$ , которое внутри диэлектрика направлено противоположно вектору напряженности внешнего поля  $\vec{E}_0$ . Этот процесс называется **поляризацией диэлектрика**.

**Электрической поляризацией** называют особое состояние вещества, при котором электрический момент некоторого объёма этого вещества не равен нулю.

В результате полное электрическое поле внутри диэлектрика  $\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$  оказывается по модулю меньше внешнего поля  $\vec{E}_0$ .

Физическая величина, равная отношению модуля напряженности внешнего электрического поля в вакууме  $\vec{E}_0$  к модулю напряженности полного поля в однородном диэлектрике  $\vec{E}$ , называется **диэлектрической проницаемостью вещества**.

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$

Диэлектрическая проницаемость среды показывает, во сколько раз напряженность поля в вакууме больше, чем в диэлектрике. Это величина безразмерная (нет единиц измерения).

При поляризации **неоднородного диэлектрика** связанные заряды могут возникать не только на поверхностях, но и в объеме диэлектрика. В этом случае электрическое поле связанных зарядов  $\vec{E}'$  и полное поле  $\vec{E}$  могут иметь сложную структуру, зависящую от геометрии диэлектрика.

Утверждение о том, что электрическое поле  $\vec{E}$  в диэлектрике в  $\varepsilon$  раз меньше по модулю по сравнению с внешним полем  $\vec{E}_0$  строго справедливо только в случае **однородного диэлектрика**, заполняющего все пространство, в котором создано внешнее поле. В частности:

**Если в однородном диэлектрике с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$  находится точечный заряд  $q$ , то напряженность поля**

$\vec{E}$ , создаваемого этим зарядом в некоторой точке, и потенциал  $\varphi$  в  $\epsilon$  раз меньше, чем в вакууме:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$$

Существует несколько механизмов поляризации диэлектриков. Основными из них являются **ориентационная, электронная и ионная** поляризации. Ориентационная и электронная механизмы проявляются главным образом при поляризации газообразных и жидких диэлектриков, ионная - при поляризации твердых диэлектриков.

Если двум изолированным друг от друга проводникам сообщить заряды  $q_1$  и  $q_2$ , то между ними возникает некоторая разность потенциалов  $\Delta\varphi$ , зависящая от величин зарядов и геометрии проводников.

Разность потенциалов  $\Delta\varphi$  между двумя точками в электрическом поле часто называют **напряжением** и обозначают буквой  $U$ .

Наибольший практический интерес представляет случай, когда заряды проводников одинаковы по модулю и противоположны по знаку:  $q_1 = -q_2 = q$ . В этом случае можно ввести понятие **электрической емкости**.

*Емкостью (электрической емкостью) проводников называется физическая величина, характеризующая способность проводника или системы проводников накапливать электрический заряд.*

### **Домашнее задание**

**Ответить на вопросы:**

- 1) Что называют электрическим полем?
- 2) Что называют напряженностью электрического поля?
- 3) Что такое линии напряженности?
- 4) Что называют диэлектриком?
- 5) Что такое проводник?

**Ответы присылать на электронную почту: [teacher-m2022@yandex.ru](mailto:teacher-m2022@yandex.ru)**