

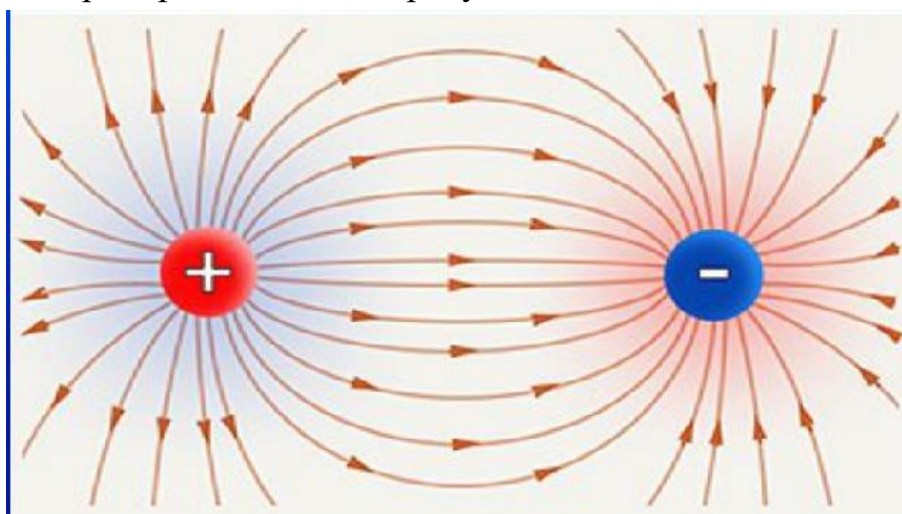
Тема 1.1. Электрическое поле

Вопросы:

1. Понятие об электрическом поле. Закон Кулона.
2. Основные характеристики электрического поля
3. Электрическое поле в диэлектриках и проводниках
4. Конденсатор, его заряд и электрическая емкость

Понятие об электрическом поле. Закон Кулона.

Электрическое поле – это одна из сторон электромагнитного поля, возбуждаемое электрическими зарядами или изменением магнитного поля и характеризующуюся воздействием на электрически заряженную частицу с силой, пропорциональной заряду частицы и не зависящей от её скорости.



Электростатическое поле – поле неподвижных, электрически заряженных тел, заряды которых не изменяются во времени.

Электростатическое поле неразрывно связано с заряженными частицами. Различают положительные и отрицательные заряды, заряды одного знака отталкиваются друг от друга, разных знаков – притягиваются. Силовое взаимодействие заряженных тел определяется законом Кулона.

Закон Кулона - Сила взаимодействия между двумя точечными заряженными телами, расположенными в данной среде на расстоянии r друг от друга, прямо пропорциональна произведению зарядов этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Сила взаимодействия зависит от электрических свойств среды.

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot r^2}$$

F – сила взаимодействия между двумя точечными зарядами, Н;

q_1, q_2 – заряды, Кл;

r – расстояние между зарядами, м;

ε_r - относительная диэлектрическая проницаемость среды;

$\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ - электрическая постоянная, Ф/м.

Абсолютная ДП характеризует диэлектрические свойства вещества, т.е. его способность поляризоваться под воздействием внешнего электрического поля.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r, \text{ Ф/м (Фарада на метр)}$$

Относительная ДП показывает во сколько раз напряжённость поля в данном диэлектрике меньше напряжённости поля в вакууме.

Характеристики электрического поля

Основными величинами, характеризующими электрическое поле, являются напряженность, электрический потенциал и разность потенциалов.

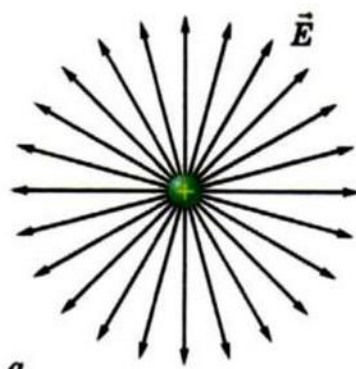
Напряжённость электрического поля - это силовая характеристика электрического поля в данной точке. Она равна отношению силы, с которой поле действует на точечный положительный заряд, к этому заряду. Напряжённость электрического поля величина векторная, направленная по радиусу от положительного точечного заряда.

$$\vec{E} = \frac{F}{q}, \text{ В/м}$$

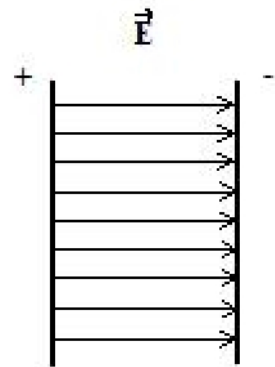
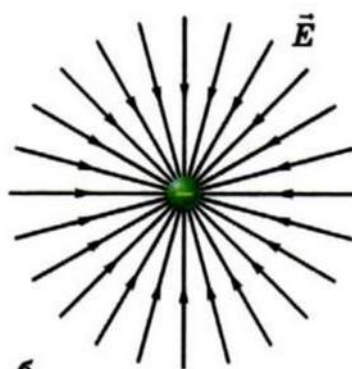
Из закона Кулона видно, что напряжённость поля зависит от заряда q и от удаления от этого заряда r :

$$E = \frac{|q|}{\varepsilon_0 \cdot 4\pi \cdot r^2}$$

Линии напряжённости - линии, изображающие поле, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением напряжённости поля в этой точке. ЛН начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных зарядах и нигде не пересекаются. Расстояние между Л.Н. пропорционально модулю напряжённости в данной области поля.



Неоднородное электрическое поле



Однородное электрическое поле

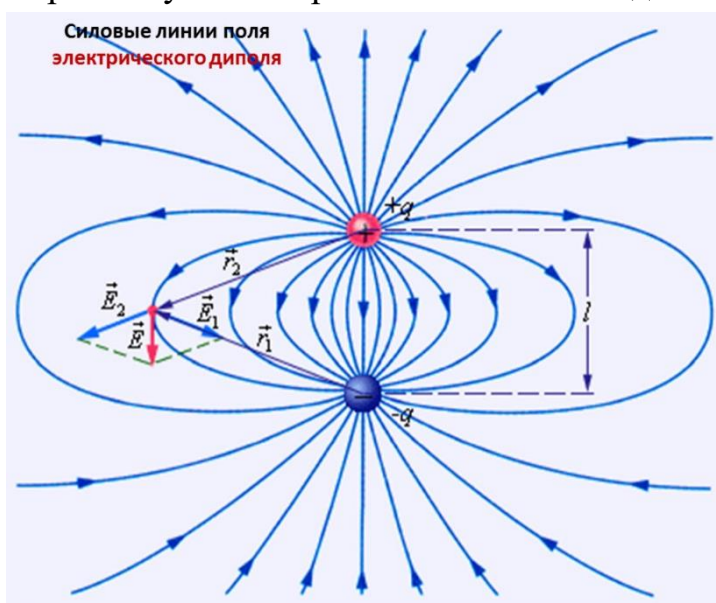
Однородное электрическое поле: Напряжённость поля во всех точках одинакова. Линии напряжённости параллельны и располагаются на равных расстояниях друг от друга.

Пример: поле двух разноименно заряженных проводящих плоскостей.

Неоднородное электрическое поле характеризуется неодинаковой напряжённостью в разных точках поля. Линии напряжённости располагаются гуще в области большей напряжённости.

Пример: поле заряженного шарика, поле двух зарядов.

Если поле создаётся несколькими зарядами, то его напряжённость в любой точке равна сумме напряжённостей от каждого из них в отдельности.



Потенциалом электрического поля заряда q в данной точке называют величину, численно равную работе, которое совершает поле при перемещении единичного положительного заряда q из данной точки в бесконечность.

Потенциал электрического поля заряженного тела или системы тел удобнее считать как величину, численно равную работе, совершенной силами поля при перенесении единичного заряда из данной точки поля в точку, потенциал которой принят за ноль. Следовательно, потенциал есть величина относительная.

Потенциал является энергетической характеристикой электрического поля.

Потенциал электрического точечного заряда обратно пропорционален расстоянию от заряда.

$$\varphi = \frac{q}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r}, \text{ В}$$

Разность потенциалов (электрическое напряжение) есть скалярная величина, равная отношению работы, совершенной полем при перемещении положительного заряда между двумя точками поля, к этому заряду.

Разность потенциалов является энергетической характеристикой электрического поля.

Разность потенциалов величина абсолютная $U = \varphi_1 - \varphi_2$. В. $U = \frac{A}{q}$.

Электрическое поле в диэлектриках и проводниках

Все вещества (материалы) разделяются по своим электрическим свойствам на проводники, диэлектрики и полупроводники.

Проводники - материалы, хорошо проводящие электрический ток.

Диэлектрики (изоляторы) – вещества, которые плохо проводят или совсем не проводят электрический ток.

У таких материалов электрические заряды молекул прочно связаны внутримолекулярными силами и свободных электронов очень мало.

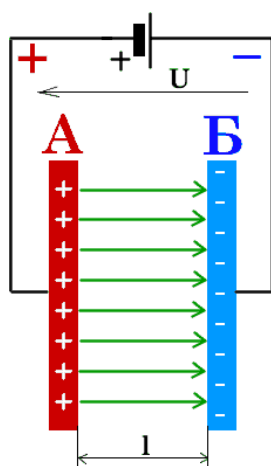
К диэлектрикам относятся: мрамор, фарфор, слюда, стекло и др.

В молекулах диэлектрика очень трудно отделить отрицательный заряд от положительного, но под действием ЭП возникает такое явление как Поляризация.

Поляризация – явление в диэлектриках, когда под действием сил электрического поля внутренние молекулярные заряды упруго смещаются: положительные заряды по направлению поля, а отрицательные - в обратном направлении.

Конденсатор, его заряд и электрическая емкость

Конденсатор - система, состоящая из двух проводников, разделенных диэлектриком. Проводники называются **обкладками** конденсатора.



Если два таких проводника соединить с полюсами источника электрической энергии, то между ними (и разделяющем их диэлектрике) создается электрическое поле.

Положим, что конденсатор, состоящий из двух металлических пластин А и Б, являющихся его обкладками, подключен к полюсам источника тока.

Если напряжение этого источника U , то очевидно, что обкладки конденсатора находятся под таким же напряжением U .

Электрическое поле, возникшее в диэлектрике конденсатора, характеризуется напряженностью.

Пусть расстояние между обкладками конденсатора l .

Напряженность электрического поля представляет собой отношение напряжения на обкладках к расстоянию между ними, т. е.

$$E = U/l \text{ В/м}$$

Чем больше напряжение на обкладках конденсатора, тем больше напряженность поля в его диэлектрике.

Обкладки конденсатора, соединенные с полюсами источника энергии, имеют положительный и отрицательный заряды. Величины зарядов, равные между собой по абсолютной величине, пропорциональны напряжению U на обкладках конденсатора. Значит, если величину заряда на одной из обкладок обозначить буквой Q , то можно написать следующее равенство: $Q=CU$. В этом равенстве величина C – коэффициент пропорциональности, является так называемой емкостью конденсатора.

Если заряд Q выражен в кулонах, а напряжение U в вольтах, то емкость выражается в Фарадах.

Емкость конденсатора зависит от обкладок, расстояния между ними и диэлектрической проницаемости.

Емкость конденсатора тем больше, чем больше площадь S его обкладок и диэлектрическая проницаемость среды, разделяющей их, а также, чем меньше расстояние между обкладками

Заряд и разряд конденсатора

Подключаем конденсатор к источнику энергии, происходит заряд конденсатора до напряжения между обкладками U , равного напряжению источника E . Обкладка, соединенная с положительным полюсом источника, получит положительный заряд, вторая обкладка — равный по величине отрицательный заряд $Q=CU$.

Для заряда конденсатора необходимо, чтобы одна из обкладок потеряла, а другая приобрела некоторое количество свободных электронов.

Электроны движутся от одной обкладки конденсатора на другую под действием напряжения источника. Движение этих зарядов называется током зарядки конденсатора.

С повышением напряжения на конденсаторе ток заряда уменьшается и становится равным нулю. В начальный момент заряда конденсатора напряжение на нем быстро возрастает, так как ток заряда имеет большую величину зарядов и происходит быстрое накопление зарядов на обкладках конденсатора.

С повышением емкости конденсатора возрастает количество зарядов, накапливаемых на его обкладках, а с увеличением сопротивления цепи уменьшается зарядный ток, что замедляет накопление зарядов на этих обкладках.

Если заряженный конденсатор замкнуть на какое-либо сопротивление R , то под действием напряжения на конденсаторе будет протекать ток разряда конденсатора.

Разряд конденсатора сопровождается переносом электронов с одной пластины (где их избыток) на другую (где их недостаток) и продолжается до тех пор, пока потенциалы обкладок не станут одинаковыми, т. е. напряжение на конденсаторе не уменьшится до нуля.

По мере понижения напряжения разрядный ток уменьшается, и перенос зарядов с одной обкладки на другую замедляется. Продолжительность процесса разряда конденсатора зависит от сопротивления цепи и емкости конденсатора. Увеличение сопротивления и емкости увеличивает длительность разряда.

С повышением сопротивления разрядный ток уменьшается, замедляя перенос зарядов с одной обкладки на другую; с возрастанием емкости конденсатора увеличивается заряд на обкладках.

При неизменном напряжении ток через конденсатор не проходит, конденсатор не пропускает постоянный ток, так как между его обкладками помещен диэлектрик.

При заряде конденсатор накапливает электрическую энергию, потребляя ее от источника. Накопленная энергия сохраняется некоторое время.

Чем больше емкость конденсатора и напряжение между его обкладками, тем больше энергия, накопленная им. После заряда в конденсаторе определенное время сохраняется накопленная энергия, и напряжение на нем не меняется. При длительном хранении конденсатор полностью разряжается. Это явление называется саморазрядом конденсатора.

Оно объясняется тем, что любой диэлектрик не идеальный изолятор и содержит небольшое количество свободных электронов. Поэтому под действием разности потенциалов заряды переносятся с одной обкладки на другую, т.е. появляется ток утечки. При большом токе утечки конденсатор считается неисправным

Соединение конденсаторов

Соединение конденсаторов в цепи бывает параллельным и последовательным.

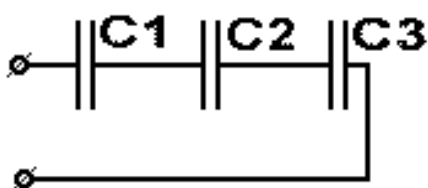


Рис .1

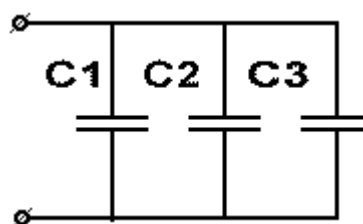


Рис.2

При **последовательном соединении** конденсаторов (рис.1) уменьшается общая емкость системы, которая будет меньше емкости любого из последовательно включенных конденсаторов, так как последовательное включение подобно увеличению толщины диэлектрика, т. е. расстоянию между обкладками конденсатора.

$$1/C = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3$$

При **параллельном соединении** (рис.2) емкость их равна сумме емкостей, так как параллельное соединение увеличивает общую площадь обкладок:

$$C=C1+C2+C3$$