ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

«**ДЗЕРЖИНСКИЙ** **педагогический колледж**»

**ФИЗИКА**

**Конспект лекций**

(раздаточный материал)

**По разделу Основы электродинамики**

**ЭЛЕКТРОСТАТИКА**

(для студентов 1 курса гум. профиля)

**(**по учебнику Мякишева Г.Я., Буховцева Б.Б., Сотского Н.Н**.)**

Преподаватель физики:

Тренев Александр Алексеевич

Дзержинск 2018 г.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Электростатика.*** | | | | |
| ***Наука о свойствах и закономерностях поведения электромагнитного поля, осуществляющего взаимодействие между электрическими зарядами***, называется ***электродинамикой.***  ***Раздел электродинамики, изучающий неподвижные электрические заряды и их взаимодействие*** называется ***электростатикой.***  Все тела построены из мельчайших частиц, которые неделимы на более простые и поэтому называются *элементарными*. Все *элементарные частицы* имеют массу и благодаря этому притягиваются друг к другу согласно закону всемирного тяготения. С увеличением расстояния между частицами сила тяготения убывает обратно пропорционально квадрату этого расстояния. Большинство *элементарных частиц*, хотя и не все, кроме того, обладают способностью взаимодействовать друг с другом с силой, которая также убывает обратно пропорционально квадрату расстояния, но эта сила в огромное число раз превосходит силу тяготения. В атоме водорода, электрон притягивается к ядру (протону) с силой, ***в 1039***раз превышающей силу гравитационного притяжения.  *Если частицы взаимодействуют друг с другом с силами, которые убывают с увеличением расстояния так же, как и силы всемирного тяготения, но превышают силы тяготения во много раз, то говорят, что эти частицы имеют* *электрический заряд.* Сами частицы называются заряженными. Бывают частицы без электрического заряда, но не существует электрического заряда без частицы.    Взаимодействия между заряженными частицами носят название ***электромагнитных.*** *Электрический заряд*определяет интенсивность электромагнитных взаимодействий, подобно тому как масса определяет интенсивность гравитационных взаимодействий.  ***Физическая величина, являющаяся количественной мерой электромагнитного взаимодействия - электрический заряд***  Все тела обладают массой и поэтому притягиваются друг к другу. Заряженные же тела могут как *притягивать,* так и *отталкивать* друг друга. Этот важнейший факт, означает, что ***в природе есть частицы с электрическими зарядами противоположных знаков; в случае зарядов одинаковых знаков частицы отталкиваются, а в случае разных - притягиваются.***    Заряд элементарных частиц - ***протонов***, входящих в состав всех атомных ядер, называют ***положительным***, а заряд ***электронов***- ***отрицательным***. Между положительными и отрицательными зарядами внутренних различий нет..  К частицам, не имеющим электрического заряда, относится ***нейтрон*.**  Если элементарная частица имеет заряд, то его значение строго определено.  ***Существует минимальный заряд,*** называемый ***элементарным, которым обладают все заряженные элементарные частицы.*** Заряды элементарных частиц различаются лишь знаками. Отделить часть заряда, например у электрона, невозможно. | | | | |
| Единицу заряда в СИ - кулон устанавливают с помощью единицы силы тока. ***Один кулон (1 Кл) - это заряд, проходящий за 1 с через поперечное сечение проводника при***[***силе тока***](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0)***1 А.***  Заряд 1 Кл - очень большой в электростатике. Обычные заряды мкКл, нКл.  *Минимальный заряд, существующий в природе*, - это ***заряд элементарных частиц***. В единицах СИ **модуль** этого заряда равен: ***е=1,6.10-19 Кл.*** Такой заряд имеет ***электрон*(*-*)**, ***протон* (*+*)**, другие заряженные элементарные частицы.  Приборы для обнаружения заряда: ***электроскоп, электрометр*** | | | | ***[Электрический заряд](http://www.eduspb.com/public/img/formula/image013_5.png)***  ***[Электрический заряд](http://www.eduspb.com/public/img/formula/image015_6.png)*** |
| Макроскопическое тело заряжено электрически в том случае, если оно содержит избыточное количество элементарных частиц с каким-либо одним знаком заряда. Так, ***отрицательный заряд*** тела обусловлен ***избытком числа электронов*** по сравнению с числом [протонов](http://school.xvatit.com/index.php?title=42._%D0%91%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0:_%D1%8F%D0%B4%D1%80%D0%BE_%D1%96_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%BA%D0%B0._%D0%A1%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D1%8F%D0%B4%D0%B5%D1%80._%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B5_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE._%D0%9D%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B5_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE._%D0%A1%D1%83%D1%87%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%B5_%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B7%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%83), а ***положительный - недостатком электронов***. Для того чтобы получить *электрически заряженное макроскопическое тело*, т.е. ***наэлектризовать*** его, *нужно отделить часть отрицательного заряда от связанного с ним положительного*. Это можно сделать с помощью *трения*. ***Электризация - процесс сообщения телу электрического заряда.***  Вы знаете, что масса тел сохраняется. Сохраняется также и [электрический заряд](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D0%BB_%D0%B8_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4).    При [*электризации*](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D1%8F%D1%81%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D1%81%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%B0) тел выполняется ***закон сохранения электрического заряда***. Этот закон справедлив для системы, в которую не входят извне и из которой не выходят наружу заряженные частицы, т. е. для *изолированной системы*. ***В изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц сохраняется***. Если заряды частиц обозначить через ***q1, q2*** и т. д., то  Закон сохранения электрического зарядаСправедливость закона сохранения заряда подтверждают наблюдения над огромным числом превращений *элементарных частиц*. Этот закон выражает одно из самых фундаментальных свойств электрического заряда. Причина сохранения заряда до сих пор неизвестна.    Электрический заряд во Вселенной сохраняется. Полный электрический заряд [Вселенной](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%91%D1%83%D0%B4%D1%83%D1%89%D0%B5%D0%B5_%D0%92%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9), скорее всего, равен нулю; число положительно заряженных элементарных частиц равно числу отрицательно заряженных элементарных частиц. | | | | |
| ***Закон Кулона*** | | | | |
| Основной закон *электростатики* был экспериментально установлен *Шарлем*[*Кулоном*](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%92%D1%96%D0%B4%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB_%E2%84%961_%D0%B4%D0%BE_%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83_%D0%BD%D0%B0_%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%83_%C2%AB%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B0%C2%BB) в 1785 г. и носит его имя.    *Если расстояние между телами во много раз больше их размеров, то ни форма, ни размеры заряженных тел существенно не влияют на взаимодействия между ними*. В таком случае *заряженные тела считают* ***точечными зарядами***. Вспомните, что и *закон всемирного тяготения* тоже сформулирован для тел, которые можно считать *материальными точками.*    Сила взаимодействия заряженных тел зависит от свойств ***среды*** между заряженными телами. Пока будем считать, что взаимодействие происходит в вакууме. Опыт показывает, что воздух очень мало влияет на силу взаимодействия заряженных тел, она оказывается почти такой же, как в вакууме. С помощью *крутильных весов* удалось установить, как взаимодействуют друг с другом неподвижные заряженные тела. | | | | закон Кулона |
| Опыты Кулона привели к установлению закона, поразительно напоминающего *закон всемирного тяготения.* ***Сила взаимодействия двух точечных зарядов в***[***вакууме***](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA_%D0%B2_%D0%B2%D0%B0%D0%BA%D1%83%D1%83%D0%BC%D0%B5)***прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними***. Эту силу называют кулоновской.    Если обозначить модули зарядов через |***q1***|и |***q2***|, а расстояние между ними через ***r***, то закон Кулона можно записать в следующей форме:  [закон Кулона](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A87-1.jpg)где ***k***- коэффициент пропорциональности, численно равный силе взаимодействия единичных зарядов на расстоянии, равном единице длины. Его значение зависит от выбора системы единиц. В системе СИ его значение равно ***k*** = ***9·109 Н·м2/Кл2***  ***Диэлектрическая проницаемость среды***(***ε***). *Характеризует электрические свойства среды*. Для любой среды ***ε*** >1. Зависит только от свойств среды.  ***Диэлектрическая проницаемость показывает во сколько раз сила взаимодействия двух точечных неподвижных зарядов в вакууме больше их сил взаимодействия в среде.***  *Диэлектрическая проницаемость среды ( e )*     ***Полная форма записи закона Кулона.* Полная форма записи закона Кулона**  ***Электрическое поле. Напряженность электрического поля.*** | | | | |
| Закон Кулона не объясняет механизм передачи электромагнитного взаимодействия: *близкодействие* (непосредственный контакт) или *дальнодействие*?  ***Теория близкодействия***- определяет взаимодействие между заряженными телами с помощью промежуточной среды (посредством электрического поля - Фарадей, Максвелл).  ***Теория действия на расстоянии***- взаимодействие между заряженными телами, передается ***мгновенно*** на любые расстояния через пустоту.  На ***опыте скорость конечна* (*скорость света с=3.108м/с***).  Для объяснения вводится понятие ***электрического поля*** (впервые - М. Фарадей) - ***особый вид материи, существующий вокруг любого электрического заряда и проявляющий себя в действии на другие заряды.***  ***Свойства электрического поля:***  существует вокруг электрического заряда, материально. ***Основное свойство*** - действие с *силой* на электрический заряд, внесенный в него. | | | | |
| Пусть заряд  ***q0*** создает поле, в произвольную точку которого мы помещаем положительный заряд  ***q***. Во сколько бы раз мы не изменяли заряд ***q***  в этой точке, сила взаимодействия изменится во столько же раз (з-н Кулона). Поэтому отношение силы, действующей на помещаемый в данную точку поля заряд, к этому заряду для каждой точки поля *не зависит* от заряда и может рассматриваться как *характеристика поля.* Эту характеристику называют напряженностью электрического поля. *Напряженность  -**силовая характеристика электрического поля.*  Подобно силе, напряженность поля – *векторная величина*; ее обозначают буквой [A91-9.jpg](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A91-9.jpg). Если помещенный в поле заряд обозначить через ***q*,** то напряженность будет равна:  [Напряженность электрического поля](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A91-1.jpg)***Напряженность поля в данной точке равна отношению силы, с которой поле действует на точечный заряд, помещенный в эту точку, к этому заряду.***Отсюда сила, действующая на заряд ***q*** со стороны электрического поля, равна: [Напряженность электрического поля](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A91-2.jpg)  Направление вектора [A91-9.jpg](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A91-9.jpg) совпадает с направлением силы, действующей на ***положительный*** заряд, и противоположно направлению силы, действующей на отрицательный заряд.  Т.е. вектор напряженности направлен *от положительного заряда и к отрицательному.*  Единицы измерения напряженности в *системе СИ единицы измерения Напряженности поля в данной точке* | | | | |
| **Напряженность поля точечного заряда.** Найдем напряженность электрического поля, создаваемого точечным зарядом *q0*. По закону Кулона этот заряд будет действовать на положительный заряд *q* с силой, равной[Напряженность электрического поля](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A91-3.jpg)Модуль напряженности поля точечного заряда *q0* на расстоянии *r* от него равен: [Напряженность электрического поля](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A91-4.jpg) | Напряженность электрического поля | | | |
| Принцип суперпозиции полей:  ***если в данной точке пространства различные заряженные частицы создают электрические поля, напряженности которых [A91-12.jpg](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A91-12.jpg) и т. д., то результирующая напряженность поля в этой точке равна сумме напряженностей этих полей:*** [Напряженность электрического поля](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A91-6.jpg)причем напряженность поля, создаваемая отдельным зарядом, определяется так, как будто других зарядов, создающих поле, не существует.  Т.о. напряженности складываются *геометрически:* | Напряженность электрического поля | | | |
| ***Графическое представление электростатического поля.*** | | | | |
| Электрическое поле не действует на [органы чувств](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%9D%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0,_%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%8B_%D1%87%D1%83%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B2_%D0%B8_%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%80%D1%8B%D0%B1). Его мы не видим. Электрическое поле изображают графически с помощью *силовых линий* (*линий напряженности*).  ***Силовые линии*** -***непрерывные*** (воображаемые) ***линии, касательные к которым в каждой точке, через которую они проходят, совпадают по направлению с векторами напряженности.*** | | | | |
| ***Свойства:*** 1.Не замкнуты. Начинаются на положительных и заканчиваются на отрицательных зарядах.  2. Непрерывны и не пересекаются.  3.Густота линий тем больше, чем больше напряженность. Т.е. напряженность поля прямо пропорциональна количеству силовых линий, проходящих через единицу площади поверхности.  ***Электрическое поле, напряженность которого одинакова во всех точках пространства,*** называется ***однородным.*** В ограниченной области пространства [электрическое поле](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) можно считать приближенно однородным, если напряженность поля внутри этой области меняется незначительно.    Однородное электрическое поле изображается параллельными линиями, расположенными на равных расстояниях друг от друга. | | Силовые линии электрического поля  Силовые линии электрического поля | | |
| ***Проводники в электростатическом поле.*** | | | | |
| ***Проводники- тела, через которые электрические заряды могут переходить от заряженного тела к незаряженному*** (вследствие наличия в них свободных носителей заряда – ***электронов***).  ***Свободные электроны***- электроны, способные свободно перемещаться внутри проводника ( в основном в *металлах*) под действием электрического поля. Свободные электроны возникают при образовании металлов: электроны с внешних оболочек атомов утрачивают связи с ядрами и начинают принадлежать всему проводнику.  Наличие в проводнике свободных зарядов приводит к тому, что даже при наличии внешнего электрического поля внутри проводника напряженность поля равна нулю. Если бы напряженность электрического поля была отлична от нуля, то поле приводило бы свободные заряды в упорядоченное движение, т. е. в проводнике существовал бы [*электрический ток*](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA).  ***http://class-fizika.narod.ru/10_11_class/10_3/5.jpgВнутри проводника электростатического поля нет*** (Е = 0), что справедливо для заряженного проводника и для незаряженного проводника, внесенного во внешнее электростатическое поле.Почему? - т.к. существует явление ***электростатической индукции***, т.е. ***явление разделения зарядов в проводнике, внесенном в электростатическое поле*** (Евнешнее) с образованием нового электростатического поля (Евнутр.) внутри проводника.  Внутри проводника оба поля ( Евнешн. и Евнутр.) компенсируют друг друга, тогда внутри проводника ***Е = 0.***  *http://class-fizika.narod.ru/10_11_class/10_3/7.jpgПрименение:* Экранирование (***электростатическая защита***, [М. Фарадей](http://www.eduspb.com/node/1323), 1837) – металлический экран, внутри которого ***Е = 0***, т.к. весь заряд будет сосредоточен на поверхности проводника Чтобы защитить чувствительные к электрическому полю приборы, их помещают в металлические ящики.  *Итак*. Внутри проводника не только ***напряженность поля равна нулю***, ***равен нулю и заряд***. Весь статический заряд проводника сосредоточен на его поверхности. Этот вывод справедлив как для незаряженных проводников в электрическом поле, так и для заряженных. Линии напряженности электрического поля в любой точке поверхности проводникаперпендикулярныэтой поверхности.  ***Диэлектрики в электростатическом поле.*** | | | | |
| ***Диэлектрики*** (***изоляторы***) ***- тела, через которые электрические заряды не могут переходить от заряженного тела к незаряженному.*** У диэлектрика электрические заряды, а точнее, электрически заряженные частицы - электроны и ядра в нейтральных атомах ***связаны***друг с другом. Они не могут, подобно свободным зарядам проводника, перемещаться под действием электрического поля по всему объему тела.    Различие в строении проводников и диэлектриков приводит к тому, что они по-разному ведут себя в электростатическом поле. [Электрическое поле](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) может существовать внутри диэлектрика. | | | | |
| ***Два вида диэлектриков***. Существующие диэлектрики можно разбить на два вида:     ***полярные***, состоящие из таких молекул, у которых *центры распределения положительных и отрицательных зарядов не совпадают;*    ***неполярные,*** состоящие из атомов или молекул, у которых *центры распределения положительных и отрицательных зарядов совпадают*. Следовательно, молекулы у этих диэлектриков разные.   *К полярным* диэлектрикам относятся [спирты](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%80%D1%82%D1%8B_(%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F_10_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81)), вода и другие вещества; к *неполярным* - инертные газы, кислород, водород, [бензол](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%90%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D1%83%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%8B._%D0%91%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%BE%D0%BB), полиэтилен и др.  ***Неполярные*** ***диэлектрики***. Положительный заряд атома (заряд ядра) сосредоточен в его центре. Электрон движется в атоме с большой скоростью. Один оборот вокруг ядра он делает за очень малое время, порядка 10-15 с. Поэтому, например, уже за 109 с он успевает совершить миллион оборотов и, следовательно, миллион раз побывать в двух любых точках *1*и *2*, расположенных симметрично относительно ядра.  ***Полярные*** ***диэлектрики***. Атом натрия имеет во внешней оболочке один валентный электрон, слабо связанный с атомом. У атома хлора семь валентных электронов. При образовании молекулы единственный валентный электрон натрия захватывается хлором. Оба нейтральных атома превращаются в систему из двух ионов с зарядами противоположных знаков.  На большом расстоянии такую молекулу можно приближенно рассматривать как ***совокупность двух точечных зарядов, равных по модулю и противоположных по знаку, находящихся на некотором расстоянии l друг от друга***  Такую в целом нейтральную систему двух зарядов называют ***электрическим диполем.*** | | | Диэлектрики  ***Неполярный***  На рис. схема простейшего атома - атома водорода  Диэлектрики  ***Полярный***  Молекула поваренной соли NаСl  Диэлектрики  ***Электрический диполь*** | |
| ***Поляризация диэлектриков.*** | | | | |
| Что происходит с диэлектриком в электрическом поле?  ***Поляризация полярных диэлектриков*.** *Полярный****диэлектрик*** состоит из молекул, которые можно рассматривать как *электрические диполи*. Тепловое движение приводит к беспорядочной ориентации диполей (*рис.*)*,* поэтому на поверхности диэлектрика, а также и в любом его объеме, содержащем большое число молекул (выделенный прямоугольник на рис.), *электрический заряд в среднем равен нулю*. *Напряженность электрического поля в диэлектрике в среднем также равна нулю.*  ***q = 0*** и ***Eвнутр = 0***  Поместим диэлектрик между двумя параллельными [металлическими](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%9C%D0%BE%D0%B7%D0%B0%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D1%81_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BC_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%BC) пластинами, несущими заряды противоположного знака. Если размеры пластин много больше расстояния между ними, то поле между пластинами *однородно*. Со стороны этого поля на каждый электрический диполь будут действовать две силы, одинаковые по модулю, но противоположные по направлению (*рис.* ). Они создадут момент сил, стремящийся повернуть *диполь* так, чтобы его ось была направлена по силовым линиям поля .При этом положительные [заряды](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%92%D1%96%D0%B4%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB_%E2%84%961_%D0%B4%D0%BE_%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8_%C2%AB%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D1%82%D1%96%D0%BB._%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4._%D0%94%D0%B2%D0%B0_%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D1%96%D0%B2%C2%BB) смещаются в направлении электрического поля, а отрицательные - в противоположную сторону.  ***Смещение положительных и отрицательных связанных зарядов диэлектрика в противоположные стороны называют поляризацией.***     Однако тепловое движение препятствует созданию упорядоченной ориентации всех диполей. Только при температуре, стремящейся к абсолютному нулю, все диполи выстраивались бы вдоль силовых линий. Таким образом, под влиянием поля происходит лишь *частичная ориентация электрических диполей.* Это означает, что в среднем число диполей, ориентированных вдоль поля, больше, чем число диполей, ориентированных против поля. На рис.видно, что у положительно заряженной пластины на поверхности диэлектрика появляются преимущественно отрицательные заряды диполей, а у отрицательно заряженной - положительные.  В результате на поверхности диэлектрика возникает *связанный заряд*. Внутри диэлектрика положительные и отрицательные заряды диполей компенсируют друг друга и средний поляризованный связанный электрический заряд по-прежнему *равен нулю.*  ***Поляризация неполярных диэлектриков.*** Неполярный диэлектрик в электрическом поле также *поляризуется*. Под действием поля положительные и отрицательные заряды его [молекулы](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8B_%D0%B8_%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D1%8B) смещаются в противоположные стороны и центры распределения положительного и отрицательного зарядов перестают совпадать, как и у полярной молекулы. Молекулы растягиваются (*рис.* ). Такие деформированные молекулы можно рассматривать как *электрические диполи*, оси которых направлены вдоль поля. На поверхностях диэлектрика, примыкающих к заряженным пластинам, появляются связанные заряды, как и при поляризации полярного диэлектрика.  В результате *поляризации* возникает поле, создаваемое *связанными поляризованными* зарядами и направленное против внешнего поля (*рис.*). Если напряженность внешнего поля ***E0***, а напряженность поля, создаваемого поляризованными зарядами, ***E1***, то напряженность поля внутри диэлектрика равна: [Поляризация диэлектриков](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A95-1.jpg)  Как видим, ***поле внутри диэлектрика ослабляется***. Степень ослабления поля зависит от свойств диэлектрика.    *Итак*. В электрическом поле связанные заряды диэлектрика смещаются в противоположные стороны, происходит ***поляризация диэлектрика***. Поляризованный диэлектрик сам создает электрическое поле. Независимо от вида диэлектрика *напряженность поля в нем всегда меньше напряженности внешнего поля, вызвавшего его поляризацию.* | | | [Поляризация диэлектриков](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A14.20.jpg)  [Поляризация диэлектриков](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A14.21.jpg)  [Поляризация диэлектриков](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A14.22.jpg)  [Поляризация диэлектриков](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A14.23.jpg)  [Поляризация диэлектриков](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A14.24.jpg)  [Поляризация диэлектриков](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A14.25.jpg) | |

|  |
| --- |
| ***Проводники в электростатическом поле*** |
| Что происходит с телами, если их зарядить или поместить в электрическом поле? Проще всего ответить на этот вопрос в случае *проводника*.    **Свободные заряды.** В проводниках, к которым в первую очередь относятся [металлы](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8B%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%E2%80%94_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B._%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%B8), имеются ***заряженные частицы, способные перемещаться внутри проводника под влиянием электрического поля***. По этой причине заряды этих частиц называют **свободными зарядами**.    В металлах носителями свободных зарядов являются ***электроны***.  При образовании металла его нейтральные атомы начинают взаимодействовать друг с другом. Благодаря этому взаимодействию *электроны* внешних оболочек атомов полностью утрачивают связи со своими атомами и становятся «собственностью» всего проводника в целом.  В результате образовавшиеся положительно заряженные ионы оказываются окруженными отрицательно заряженным «газом», образованным *коллективизированными* электронами. Эти свободные электроны участвуют в тепловом движении и могут перемещаться по металлу в любом направлении.     **Электростатическое поле внутри проводника.** Наличие в проводнике свободных зарядов приводит к тому, что даже при наличии внешнего электрического поля внутри проводника напряженность поля равна нулю. Если бы напряженность электрического поля была отлична от нуля, то поле приводило бы свободные заряды в упорядоченное движение, т. е. в проводнике существовал бы [*электрический ток*](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA)*.* Утверждение об отсутствии электростатического поля внутри проводника справедливо как для заряженного проводника, так и для незаряженного, помещенного во внешнее электростатическое поле.    На примере незаряженной проводящей пластины (проводника), внесенной в однородное поле, выясним, в результате какого процесса напряженность электростатического поля внутри проводника оказывается равной нулю (рис.14.15). Силовые линии поля изображены сплошными линиями.     В первый момент (при внесении пластины в поле) возникает *электрический ток*. Под действием электрического поля электроны пластины начинают перемещаться справа налево. Левая сторона пластины заряжается отрицательно, а правая - положительно (см. рис. 14.15).  [Проводники в электростатическом поле](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A14.15.jpg)В этом состоит явление ***электростатической индукции*** – ***явление разделения зарядов в проводнике, помещенном в электростатическое поле.*** (Если, не убирая пластину из поля, разделить ее пополам вдоль линии *NN* (см. рис. 14.15), то обе половины окажутся заряженными.)  Появившиеся заряды создают свое поле (линии напряженности этого поля показаны на рисунке 14.15 штриховыми прямыми), которое накладывается на внешнее поле и компенсирует его. За ничтожно малое время заряды перераспределяются так, что напряженность результирующего поля внутри пластины становится равной нулю и движение зарядов прекращается.     Итак, ***электростатического поля внутри***[***проводника***](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA_%D0%B2_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%85)***нет***. На этом факте основана ***электростатическая защита***. Чтобы защитить чувствительные к электрическому полю приборы, их помещают в металлические ящики.    **Электрический заряд проводников.** Внутри проводника при равновесии зарядов не только напряженность поля равна нулю, ***равен нулю и заряд.*** ***Весь статический заряд проводника сосредоточен на его поверхности*** (а линии напряженности электрического поля в любой точке поверхности проводника перпендикулярны этой поверхности). В самом деле, если бы внутри проводника имелся [заряд](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%86%D0%BB%D1%8E%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97_%D0%B4%D0%BE_%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8_%C2%AB%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D1%83%C2%BB), то вблизи заряда имелось бы и поле. Но электростатического поля внутри проводника нет. Следовательно, ***заряды в проводнике могут располагаться только на его поверхности.*** Этот вывод справедлив как для незаряженных проводников в электрическом поле, так и для заряженных. |
| ***Электроемкость. Конденсаторы.*** |
| Выясним важный для практики вопрос: при каком условии можно накопить на проводниках большой электрический заряд?    При любом способе электризации тел - с помощью трения, электростатической машины, гальванического элемента и т. д. - первоначально нейтральные тела заряжаются вследствие того, что некоторая часть заряженных частиц переходит от одного тела к другому. Обычно этими частицами являются *электроны.*    При электризации двух проводников, *например* от электростатической машины, один из них приобретает заряд *+q*, а другой *-q*. Между проводниками появляется электрическое поле и возникает разность потенциалов (напряжение). С увеличением [заряда](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%95%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%B0) проводников электрическое поле между ними усиливается.    В сильном электрическом поле (при большом напряжении и соответственно при большой напряженности) диэлектрик (*например*, воздух) становится проводящим. Возможен так называемый *пробой* диэлектрика: между проводниками проскакивает искра, и они разряжаются. Чем меньше увеличивается напряжение между проводниками с увеличением их зарядов, тем больший заряд можно на них накопить.    **Электроемкость.** Введем физическую величину, характеризующую ***способность двух проводников накапливать электрический заряд***. Эту величину называют **электроемкостью**.    Напряжение *U* между двумя проводниками пропорционально электрическим зарядам, которые находятся на проводниках (на одном *+|q|*, а на другом *-|q|*). Действительно, если заряды удвоить, то напряженность электрического поля станет в 2 раза больше, следовательно, в 2 раза увеличится и работа, совершаемая полем при перемещении заряда, т. е. в 2 раза увеличится напряжение. Поэтому отношение заряда *q* одного из проводников (на другом находится такой же по модулю заряд) к разности потенциалов между этим проводником и соседним ***не*** зависит от заряда.  [Электроемкость](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A99-1.jpg)Оно определяется геометрическими размерами проводников, их формой и взаимным расположением, а также электрическими свойствами окружающей среды.    Это позволяет ввести понятие *электроемкости* двух [проводников](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2).    ***Электроемкостью двух проводников*** называют ***отношение заряда одного из проводников к разности потенциалов между ними:***  Чем меньше напряжение *U* между проводниками при сообщении им зарядов *+|q|* и *-|q|*, тем больше электроемкость проводников. На проводниках можно накопить большие заряды, не вызывая пробоя диэлектрика. Но сама электроемкость не зависит ни от сообщенных проводникам зарядов, ни от возникающего между ними напряжения.    **Единицы электроемкости.** Формула (14.22) позволяет ввести *единицу электроемкости*.    *Электроемкость двух проводников численно равна единице, если при сообщении им зарядов*+1 Кл *и* -1 Кл *между ними возникает разность потенциалов* 1 В. Эту единицу называют ***фарад***(Ф); 1 Ф = 1 Кл/В.Из-за того что заряд в 1 Кл очень велик, емкость 1 Ф оказывается очень большой.  Поэтому на практике часто используют доли этой единицы: *микрофарад* (мкФ) - 10-6 Ф и *пикофарад* (пФ) - 10-12 Ф. |
| ***Конденсаторы*** |
| Систему проводников очень большой *электроемкости* вы можете обнаружить в любом радиоприемнике или купить в магазине. Называется она *конденсатором*.  [Конденсаторы](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A14.33.jpg)   **Конденсатор.** Большой электроемкостью обладают *системы из двух проводников****,*** называемые ***конденсаторами.*** Конденсатор представляет собой ***два проводника, разделенные слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников.*** Проводники в этом случае называются **обкладками** конденсатора.    Простейший плоский конденсатор состоит из двух одинаковых параллельных пластин, находящихся на малом расстоянии друг от друга (рис.14.33).  Если заряды пластин одинаковы по модулю и противоположны по знаку, то силовые линии электрического поля начинаются на положительно заряженной обкладке конденсатора и оканчиваются на отрицательно заряженной (рис.14.28). Поэтому почти ***все электрическое поле сосредоточено внутри конденсатора и однородно.***  [Конденсаторы](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A100-1.jpg)   Для зарядки конденсатора нужно присоединить его обкладки к полюсам источника напряжения, *например* к полюсам батареи аккумуляторов. Можно также первую обкладку соединить с полюсом батареи, у которой другой полюс заземлен, а вторую обкладку конденсатора заземлить. Тогда на заземленной обкладке останется заряд, противоположный по знаку и равный по модулю заряду незаземленной обкладки. Такой же по модулю [заряд](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%86%D0%BB%D1%8E%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97_%D0%B4%D0%BE_%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8_%C2%AB%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D1%83%C2%BB) уйдет в землю.    Под *зарядом конденсатора* понимают абсолютное значение заряда одной из обкладок.    Электроемкость конденсатора определяется формулой (14.22).      **Электроемкость плоского конденсатора.** Геометрия плоского конденсатора полностью определяется площадью *S* его пластин и расстоянием *d* между ними. От этих величин и должна зависеть емкость плоского конденсатора.    Чем больше площадь пластин, тем больший заряд можно на них накопить: *q~S*. С другой стороны, напряжение между пластинами согласно формуле (14.21) пропорционально расстоянию *d* между ними. Поэтому емкость     Кроме того, емкость конденсатора зависит от свойств *диэлектрика* между пластинами. Так как диэлектрик ослабляет поле, то электроемкость при наличии диэлектрика *увеличивается.*  **Различные типы конденсаторов.** В зависимости от назначения конденсаторы имеют различное устройство. Обычный технический бумажный конденсатор состоит из двух полосок алюминиевой фольги, изолированных друг от друга и от металлического корпуса бумажными лентами, пропитанными парафином. Полоски и ленты туго свернуты в пакет небольшого размера.     Значительного увеличения *электроемкости* за счет уменьшения расстояния между обкладками достигают в так называемых *электролитических конденсаторах* *(рис.14.36).* Диэлектриком в них служит очень тонкая пленка оксидов, покрывающих одну из обкладок (полосу фольги). Другой обкладкой служит бумага, пропитанная раствором специального вещества (электролита).  Как и любая система заряженных тел, [конденсатор](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B) обладает *энергией*. Для того чтобы зарядить конденсатор, нужно совершить работу по разделению положительных и отрицательных зарядов. Согласно закону сохранения энергии эта работа равна *энергии конденсатора.*  [Конденсаторы](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A14.28.jpg)[Конденсаторы](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A14.36.jpg) [Энергия заряженного конденсатора](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:A101-3.jpg)     Эти формулы справедливы для любого конденсатора. Энергия конденсатора пропорциональна его электроемкости и квадрату напряжения между пластинами. Вся эта энергия сосредоточена в электрическом поле.  **Применение конденсаторов.** Зависимость электроемкости конденсатора от расстояния между его пластинами используется при создании одного из типов клавиатур компьютера.  Они имеют одно важное свойство: конденсаторы могут накапливать энергию более или менее длительное время, а при разрядке через цепь с малым сопротивлением они отдают энергию почти мгновенно. Именно это свойство широко используют на практике.  Лампа-вспышка, применяемая в [фотографии](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B5_%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%B0._%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%8F), питается электрическим током разряда конденсатора, заряжаемого предварительно специальной батареей. Возбуждение квантовых источников света - лазеров осуществляется с помощью газоразрядной трубки, вспышка которой происходит при разрядке батареи конденсаторов большой электроемкости.    Однако основное применение конденсаторы находят в радиотехнике. |