

**10 КЛАСС****РАЗДЕЛ - 3****ЭЛЕКТРОДИНАМИКА****СОДЕРЖАНИЕ 3-го РАЗДЕЛА**

№ блока	Название блока	№ ОК	§§ учебника
Блок 8.	Электростатика	55 – 63	§83-101
Блок 9.	Законы постоянного тока	64 – 68	§102-108
Блок 10.	Электрический ток в различных средах	69 – 75	§109-123

## Раздел-3

## ЭЛЕКТРОСТАТИКА

## БЛОК-8

Содержание ОК	№ ОК	§ § учебника
<b>Тема 55</b>	<b>ОК-55</b>	<b>§ 83-86</b>
1.Что изучает «электродинамика»		
2.Электрический заряд		
3.Строение атома		
4.Электризация		
5.Закон сохранения заряда		
<b>Тема 56</b>	<b>ОК-56</b>	<b>§87-88</b>
1.Закон Кулона		
2.Единица заряда		
<b>Тема 57</b>	<b>ОК-57</b>	<b>§89-92</b>
1.Электрическое поле		
2.Напряженность		
3.Принцип суперпозиции полей		
4.Графическое изображение полей		
<b>Тема 58</b>	<b>ОК-58</b>	<b>§93</b>
1.Проводники в электрическом поле		
<b>Тема 59</b>	<b>ОК-59</b>	<b>§94-95</b>
1.Диэлектрики в электрическом поле		
3.Диэлектрическая проницаемость		
<b>Тема 60</b>	<b>ОК-60</b>	<b>§96-97</b>
1.Работа электрического поля		
2.Потенциальная энергия		
3.Потенциал		
<b>Тема 61</b>	<b>ОК-61</b>	<b>§98</b>
1.Разность потенциалов		
2.Связь между напряженностью и напряжением		
3.Потенциал заряженного шара		
4.Потенциальная энергия взаимодействия зарядов		
5.Эквипотенциальные поверхности		
<b>Тема 62</b>	<b>ОК-62</b>	<b>§99</b>
1.Емкость		
2.Емкость шара		
<b>Тема 63</b>	<b>ОК-63</b>	<b>§100-101</b>
1.Конденсаторы		
2.Емкость плоского конденсатора		
3.Энергия заряженного конденсатора		
4.Соединения конденсаторов в батарею		
5.Назначение конденсаторов		
<b>Урок взаимоконтроля «Повторим теорию»</b>		<b>ВЗК-8</b>
<b>Тренировочные задания к БЛОКУ-8 «Электростатика»</b>		

## БЛОК -8

## ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

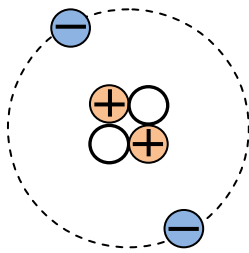
ОК - 55

- наука о свойствах и закономерностях поведения электромагнитного поля, осуществляющего взаимодействие между зарядами.

V в. до н.э. – янтарь → электрон → электричество

**1. Электрический заряд ( $q$ )** – физическая величина, определяющая интенсивность электромагнитных взаимодействий.

## 2. Строение атома



1. Атом – нейтральная частица

2. Число протонов ( $P$ ) равно числу электронов ( $\bar{e}$ )

3.  $|q_e| = |q_p| = q_{min}$

4.  $\bar{e} = -1,6 * 10^{-19}$  Кл (снять заряд с электрона невозможно!)

5.  $m_e = 9,1 * 10^{-31}$  кг

6.  $Q = ne$  - заряд тела

7. Величина заряда не зависит от скорости движения частиц

8. Недостаток  $\bar{e}$  → положительный ион

9. Избыток  $\bar{e}$  → отрицательный ион

**3. Электризация** – процесс получения электрически заряженных тел из электронейтральных

А) электризация трением

Б) электризация соприкосновением с заряженным телом

В) электризация через влияние (электростатическая индукция)

**Вред от электризации** - синтетические ткани,  
- текстильное производство,  
- перевозка нефтепродуктов,  
- копировальные установки и т.п.

**4. Закон сохранения заряда** – алгебраическая сумма зарядов в изолированной системе - постоянна.

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = const$$

*Пояснения к ОК -55***Что изучает электродинамика?**

**Электродинамика** — это наука о свойствах и закономерностях поведения особого вида материи — электромагнитного поля, осуществляющего взаимодействие между электрически заряженными телами или частицами.

Изучение природы этого взаимодействия привело науку к одному из самых фундаментальных понятий физики — *электромагнитному полю*.

Среди четырёх типов взаимодействий, открытых наукой, — *гравитационных, электромагнитных, сильных (ядерных) и слабых* — именно электромагнитные взаимодействия занимают первое место по широте и разнообразию проявлений.

К созданию электродинамики привела длинная цепь исследований и открытий, начиная с обнаружения способности янтаря, потёртого о шерсть, притягивать лёгкие предметы и кончая гипотезой великого английского учёного Джеймса Максвелла о порождении магнитного поля переменным электрическим полем. Лишь во второй половине XIX в., после создания электродинамики, началось широкое практическое использование электромагнитных явлений. Изобретение радио русским учёным А. С. Поповым (1859—1906) и итальянским учёным Г. Маркони и (1874—1937) — одно из важнейших применений принципов новой теории.

При развитии электродинамики впервые научные исследования предшествовали техническим применениям. Если паровая машина была построена задолго до создания теории тепловых процессов, то сконструировать электродвигатель или радиоприёмник оказалось возможным лишь после открытия и изучения законов электродинамики.

Бесчисленные практические применения электромагнитных явлений преобразовали жизнь людей на всём земном шаре. *Современная цивилизация немыслима без электрического тока.*

Телевизоры, компьютеры, электроплиты и многое другое, что кажется для нас естественным и привычным, образуют своеобразную среду обитания, об истоках которой мы не задумываемся. Нам кажется, что это существовало вечно. Однако это далеко не так, и стоит задуматься, что любой прибор, которым мы пользуемся, работает на основе того или иного физического закона.

Задача этого раздела физики состоит в изучении основных законов электромагнитных взаимодействий, а также в знакомстве с основными способами получения электрической энергии и использования её на практике.

## Электрический заряд и элементарные частицы

Раздел электродинамики, посвящённый изучению условий равновесия электрически заряженных тел, называют **электростатикой**.

Все тела построены из мельчайших частиц, которые неделимы на более простые и поэтому называются **элементарными**.

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 во много раз превосходит силу тяготения.

Так, в атоме водорода, электрон притягивается к ядру (протону) с силой, в  $10^{39}$  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.

Взаимодействие заряженных частиц называется **электромагнитным**.

*Электрический заряд определяет интенсивность электромагнитных взаимодействий, подобно тому, как масса определяет интенсивность гравитационных взаимодействий.*

Электрический заряд элементарной частицы — это не особый механизм в частице, который можно было бы снять с неё, разложить на составные части и снова собрать. Наличие электрического заряда у электрона и других частиц означает лишь существование определённых силовых взаимодействий между ними.

**Два знака электрических зарядов.** Все тела обладают массой и поэтому притягиваются друг к другу. Заряженные же тела могут как притягивать, так и отталкивать друг друга. Это 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. Если бы знаки зарядов частиц поменялись местами, то от этого характер электромагнитных взаимодействий несколько бы не изменился.

**Элементарный заряд.** Кроме электронов и протонов, есть ещё несколько типов заряженных элементарных частиц. Но только электроны и протоны могут неограниченно долго существовать в свободном состоянии. Остальные же заряженные частицы живут менее миллионных долей секунды. Они рождаются при столкновениях быстрых элементарных частиц и, просуществовав ничтожно малое время, распадаются, превращаясь в другие частицы.

К частицам, не имеющим электрического заряда, относится *нейтрон*. Его масса лишь незначительно превышает массу протона. Нейтроны вместе с протонами входят в состав атомного ядра. Если элементарная частица имеет заряд, то его значение строго определено.

**Заряженные тела.** Электромагнитные силы в природе играют огромную роль благодаря тому, что в состав всех тел входят электрически заряженные частицы. Составные части атомов — ядра и электроны — обладают электрическим зарядом.

Непосредственно действие электромагнитных сил между телами не обнаруживается, так как тела в обычном состоянии электрически нейтральны.

Атом любого вещества нейтрален, так как число электронов в нём равно числу протонов в ядре. Положительно и отрицательно заряженные частицы связаны друг с другом электрическими силами и образуют нейтральные системы.

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, 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 или перенести на нейтральное тело отрицательный заряд.

Это можно сделать с помощью трения. Если провести расчёской по сухим волосам, то небольшая часть самых подвижных заряженных частиц — электронов перейдёт с волос на расчёску и зарядит её отрицательно, а волосы зарядятся положительно.

При электризации трением оба тела приобретают заряды, противоположные по знаку, но одинаковые по модулю.



**Электризация** - процесс получения электрически заряженных тел из электронейтральных.

■ Электризация **трением:**

а) участвуют два тела;

б) оба заряжаются: одно- положительно, другое- отрицательно.

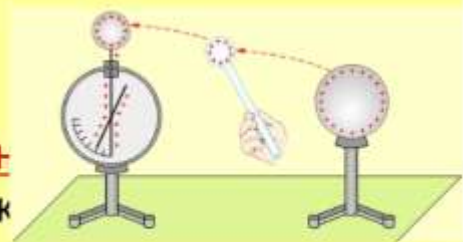
в) заряды обоих тел одинаковы по величине.



■ Электризация

**соприкосновением с заряженным телом.**

■ Электризация **через влияние** (электростатическая индукция)



**Электризация тел и её проявления.**

Значительная электризация происходит при трении синтетических тканей. Снимая с себя рубашку из синтетического материала в сухом воздухе, можно слышать характерное потрескивание. Между заряженными участками трущихся поверхностей проскакивают маленькие искорки.

С явлением электризации приходится считаться на производстве. Так, нити пряжи на текстильных фабриках электризуются за счёт трения, притягиваются к веретёнам и роликам и рвутся. Пряжа притягивает пыль и загрязняется.

В типографиях происходит электризация бумаги при печати, и листы слипаются. Чтобы это не происходило, применяют специальные устройства для стекания заряда. Однако электризация тел при тесном контакте иногда используется, например, в различных электрокопировальных установках и др.

**Закон сохранения электрического заряда.** Опыты с электризацией доказывают, что при электризации трением происходит перераспределение имеющихся зарядов между телами, до этого нейтральными. Небольшая часть электронов переходит с одного тела на другое. При этом новые частицы не возникают, а существовавшие ранее не исчезают.

При электризации 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*.

**Формулировка закона**

*В изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех тел сохраняется.*

Если заряды тел обозначить через  $q_1, q_2$  и т. д., то

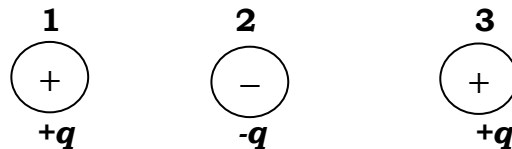
$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const.}$$

Смысл закона. Если число заряженных элементарных частиц не меняется, то выполнение закона сохранения заряда очевидно. Но элементарные частицы могут превращаться друг в друга, рождаться и исчезать, давая жизнь новым частицам. Однако во всех случаях заряженные частицы рождаются только парами с одинаковыми по модулю и противоположными по знаку зарядами; исчезают заряженные частицы тоже только парами, превращаясь в нейтральные. *И во всех этих случаях алгебраическая сумма зарядов остаётся одной и той же.*

Справедливость 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.

**Пример задачи на применение закона сохранения заряда.**

Металлический шарик 1, укрепленный на длинной изолирующей ручке и имеющий заряд  $+q$ , приводят поочередно в соприкосновении с двумя такими же шариками 2 и 3, расположенными на изолирующихся подставках и имеющими, соответственно, заряды  $-q$  и  $+q$ . Во сколько раз уменьшится заряд на шарике 3?



**Решение.** *Поскольку шарики одинаковые, то после соприкосновения с первым шариком, шарики окажутся незаряженными. После соприкосновения с последним шариком, заряд перераспределится равномерно. Значит, на третьем шарике заряд уменьшится в два раза.*

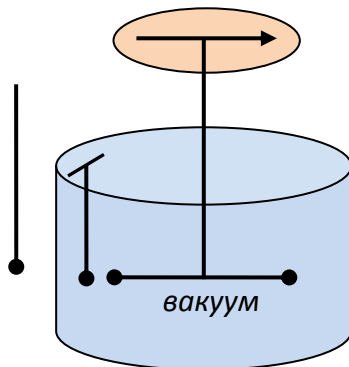


## БЛОК -8

ОК - 56

## ЗАКОН КУЛОНА (1785г.)

## 1. Эксперимент



$$1. F \sim \frac{1}{R^2}$$

$$2. F \sim |q_1| * |q_2|$$

$$F \sim \frac{|q_1| * |q_2|}{R^2}$$

$$F = k \frac{|q_1| * |q_2|}{R^2}$$

Сила взаимодействия двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними

## 2. Единица заряда – Кулон (Кл)

1Кл – это заряд, проходящий за 1с через поперечное сечение проводника при силе тока в 1А

1Кл – это сумма зарядов  $6,25 * 10^{18}$  электронов

## 3. Коэффициент пропорциональности (экспериментально)

$$k = \frac{FR^2}{|q_1| * |q_2|} = \frac{\text{Нм}^2}{\text{Кл}^2}; \quad k = 9 * 10^9 \frac{\text{Нм}^2}{\text{Кл}^2} \text{ (вакуум)}$$

$$1\text{Кл} \oplus \text{-----} F = 9 * 10^9 \text{ Н} \text{-----} \ominus 1\text{Кл}$$

$$R = 1\text{м}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0}$$

4. Диэлектрическая проницаемость среды ( $\epsilon$ )

– характеризует электрические свойства среды

$$\epsilon = 1 \text{ – вакуум}$$

5. Электрическая постоянная ( $\epsilon_0$ )

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85 * 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Нм}^2}$$

## 6. Закон Кулона для среды - в СИ

$$F = \frac{|q_1| * |q_2|}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R^2}$$

*Пояснения к ОК -56***Закон Кулона**

Основной закон электростатики был экспериментально установлен Шарлем Кулоном 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.

Кстати, что закон всемирного тяготения был сформулирован для тел, которые можно считать материальными точками.

Заряженные тела, размерами и формой которых можно пренебречь при их взаимодействии, называются **точечными зарядами**.

Сила взаимодействия заряженных тел зависит от свойств среды между заряженными телами. 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 и в вакууме.

**Опыты Кулона.** Идея опытов Кулона аналогична идее опыта Кавендиша по определению гравитационной постоянной. Открытие закона взаимодействия электрических зарядов было облегчено тем, что эти силы оказались велики и благодаря этому не нужно было применять особо чувствительную аппаратуру, как при проверке закона всемирного тяготения в земных условиях. С помощью крутильных весов удалось установить, как взаимодействуют друг с другом неподвижные заряженные тела.

Крутильные весы состоят из стеклянной палочки, подвешенной на тонкой упругой проволочке (см.рис.в ОК). На одном конце палочки закреплён маленький металлический шарик, а на другом — противовес. Ещё один металлический шарик закреплён неподвижно на стержне, который, в свою очередь, крепится на крышке весов.

При сообщении шарикам одноимённых зарядов они начинают отталкиваться друг от друга. Чтобы удержать их на фиксированном расстоянии, упругую проволочку нужно закрутить на некоторый угол до тех пор, пока возникшая сила упругости не скомпенсирует кулоновскую силу отталкивания шариков. По углу закручивания проволочки определяют силу взаимодействия шариков.

Крутильные весы позволили изучить зависимость силы взаимодействия заряженных шариков от значений зарядов и от расстояния между ними. Измерять силу и расстояние в то время умели. Единственная трудность была связана с зарядом, для измерения которого не существовало даже единиц. Кулон нашёл простой способ изменения заряда одного из шариков в 2, 4 и более раза, соединяя его с таким же незаряженным шариком.

Заряд при этом распределялся поровну между шариками, что и уменьшало исследуемый заряд в известном отношении. Новое значение силы взаимодействия при новом заряде определялось экспериментально.

Опыты Кулона привели к установлению закона, поразительно напоминающего закон всемирного тяготения.

*Сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.*

Силу взаимодействия зарядов называют **кулоновской силой**.

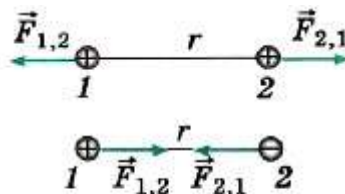
Если обозначить модули зарядов через  $|q_1|$  и  $|q_2|$ , а расстояние между ними через  $R$ , то закон Кулона можно записать в следующей форме:

$$F = k \frac{|q_1| * |q_2|}{R^2}$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности, численно равный силе взаимодействия единичных зарядов на расстоянии, равном единице длины. Его значение зависит от выбора системы единиц.

Такую же форму имеет закон всемирного тяготения, только вместо заряда в закон тяготения входят массы, а роль коэффициента  $k$  играет гравитационная постоянная.

Кроме этого, можно обнаружить, что два заряженных шарика, подвешенные на нитях, либо притягиваются друг к другу, либо отталкиваются.



*Силы взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов направлены вдоль прямой, соединяющей эти заряды.*

**Единица электрического заряда.** Выбор единицы заряда, как и других физических величин, произволен. Естественно было бы за единицу принять заряд электрона, что, и сделано в атомной физике, но этот заряд слишком мал, и поэтому пользоваться им в качестве единицы заряда не всегда удобно.

В Международной системе единиц (СИ) единица заряда является не основной, а производной и эталон для неё не вводится. Наряду с метром, секундой и килограммом в СИ введена основная единица для электрических величин — единица силы тока — *ампер*.

Эталонное значение ампера устанавливается с помощью магнитных взаимодействий токов.

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 1 А:  $1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}$ .

Единица коэффициента  $k$  в законе Кулона при записи его в единицах СИ —  $\text{Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$ , это следует из формулы закона Кулона.

Числовое значение этого коэффициента можно определить экспериментально. Для этого надо измерить силу взаимодействия  $F$  между двумя известными зарядами  $|q_1|$  и  $|q_2|$ , находящимися на заданном расстоянии  $r$ , и эти значения подставить в формулу.

Полученное значение  $k$  будет равно:  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$ .

Вместо коэффициента  $k$  часто применяется другой коэффициент, который называется *электрической постоянной*  $\epsilon_0$ . Она связана с коэффициентом  $k$  следующим соотношением:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

Тогда закон Кулона будет иметь вид:

$$F = \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Если заряды взаимодействуют в среде, то сила взаимодействия уменьшается:

$$F = \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

где  $\epsilon$  — *диэлектрическая проницаемость* среды, показывающая, во сколько раз сила взаимодействия зарядов в среде меньше, чем в вакууме.

Минимальный заряд, существующий в природе, — это заряд элементарных частиц. В единицах СИ модуль этого заряда равен:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Заряд, который можно сообщить телу, всегда кратен минимальному заряду:

$$q = \pm N|e|,$$

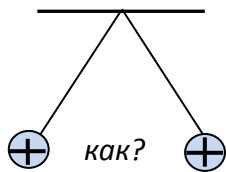
где  $N$  — целое число.

**БЛОК -8**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ**

**ОК - 57**

- вид материи, посредством которой происходит взаимодействие электрических зарядов

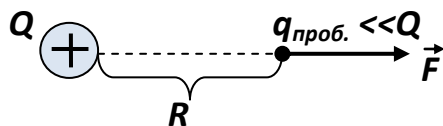


1. Теория дальнодействия – мгновенное действие на расстоянии

2. Теория близкодействия - Фарадей, Максвелл

- 1. Свойства электрического поля** – порождается электрическим зарядом,  
 - обнаруживается по действию на заряд,  
 - действует на заряд с силой.

**2. Напряженность** – силовая характеристика поля



Опыт:

$q \text{ — } F$

$2q \text{ — } 2F$

$F \sim q$

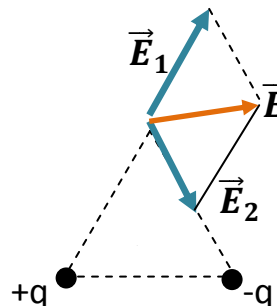
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{|q|} = \frac{H}{Кл}$$

$$E = \frac{kQq}{R^2q} = k \frac{Q}{R^2}$$

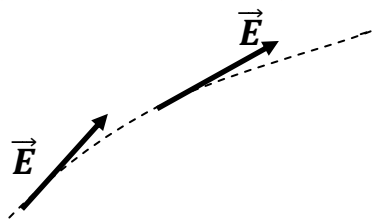
- напряженность поля созданного точечным зарядом  
 Q – заряд, создающий поле

**3. Принцип суперпозиции полей**

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 \dots$$



**4. Графическое изображение поля**



**Силовая линия** – это линия, касательная к которой в каждой точке поля совпадает с вектором напряженности

- Свойства:** - нигде не пересекаются,  
 - не замкнуты,  
 - начинаются на (+) заряде, а кончаются на(-)  
 - через каждую точку поля можно провести одну силовую линию.

уединенный заряд	неоднородное поле	однородное поле

*Пояснения к ОК -57*

Закон взаимодействия неподвижных электрических зарядов был установлен экспериментально. Но оставался нерешённым вопрос о том, как осуществляется это взаимодействие.

**Дальнодействие.** После открытия закона всемирного тяготения И. Ньютоном, а затем закона Кулона, описывающего взаимодействие электрических заряженных тел, возник вопрос, почему физические тела, обладающие массой, действуют друг на друга на больших расстояниях через пустое пространство и почему заряженные тела взаимодействуют между собой даже через электрически нейтральную среду?

До введения понятия «поле» на этот вопрос не было удовлетворительного ответа. Долгое время считалось, что взаимодействие между телами может непосредственно осуществляться через пустое пространство, которое не принимает участия в передаче взаимодействий, а передача взаимодействия от тела к телу передается мгновенно, т.е. с бесконечной скоростью. Такое предположение составляет сущность концепции дальнодействия, которую обосновал Р. Декарт. Большинство ученых придерживалось этой концепции вплоть до конца XIX в.

Принцип дальнодействия утвердился в физике еще и потому, что гравитационное взаимодействие микроскопических тел в соответствии с законом всемирного тяготения И. Ньютона малозаметно, – притяжение слишком слабо, чтобы его ощутить. Поэтому экспериментально это было трудно подтвердить или опровергнуть. Только известные опыты Г. Кавендиша были первыми лабораторными наблюдениями гравитационного притяжения.

**Близкодействие.** Напротив, законы взаимодействия электрически заряженных тел допускали возможность их относительно простой проверки. Вскоре было установлено, что взаимодействие электрических зарядов происходит не мгновенно. Каждая электрически заряженная частица создает электрическое поле, действующее на другие частицы не в тот же момент, а спустя некоторое время.

Иными словами, взаимодействие передается через посредника – электромагнитное поле, а скорость распространения электромагнитного поля равна скорости света. Это составляет суть *концепции близкодействия*.

**Близкодействие и дальнодействие**—это взаимно противоположные взгляды для объяснения взаимодействия материальных структур. По концепции **близкодействия** любое взаимодействие на материальные объекты может быть передано только между соседними точками пространства за конечный промежуток времени.

**Дальнодействие** допускает действие на расстоянии мгновенно с бесконечной скоростью, т. е. фактически вне времени и пространства. После Ньютона эта концепция получает широкое распространение в физике, хотя он сам понимал, что введенные им силы дальнодействия

(например, силы тяготения) являются лишь формальным приближенным приемом, позволяющим дать верное в некоторых пределах описание наблюдаемых явлений. Окончательное утверждение принципа близкодействия пришло с выработкой концепции физического поля как материальной среды. Уравнения поля описывают состояние системы в данной точке в данный момент времени как зависящее от состояния в ближайший предшествующий момент в ближайшей соседней точке. Если электромагнитное поле может существовать независимо от материального носителя, то электрическое взаимодействие нельзя объяснить мгновенным действием на расстоянии. Поэтому дальное действие Ньютона уступило место близкодействию, полям, распространяющимся в пространстве с конечной скоростью.

**Таким образом, согласно современной науке, взаимодействия между структурами передаются посредством соответствующего поля с конечной скоростью, равной скорости света в вакууме.**

После длительной борьбы теория близкодействия одержала окончательную победу. Решительный поворот к представлению о близкодействии был сделан великим английским учёным Майклом Фарадеем, а окончательно завершён английским учёным Джеймсом Максвеллом.

Согласно идее Фарадея электрические заряды не действуют друг на друга непосредственно. Каждый из них создаёт в окружающем пространстве электрическое поле. Поле одного заряда действует на другой заряд, и наоборот. По мере удаления от заряда поле ослабевает.

Основываясь на идеях Фарадея, Максвелл сумел теоретически доказать, что электромагнитные взаимодействия должны распространяться в пространстве с конечной скоростью.

Итак, электрическое поле существует реально: его свойства можно исследовать опытным путём. Но мы не можем сказать, из чего это поле состоит.

**Электрическое поле — это особое состояние материи**, которое нельзя обнаружить нашими органами чувств. Его можно обнаружить, лишь помещая в него электрические заряды.

При изучении электрического поля мы сталкиваемся с особым видом материи, движение которой не подчиняется законам механики Ньютона. *Главное свойство электрического поля — действие его на электрические заряды с некоторой силой.* По действию на заряд устанавливают факт существования поля, распределение его в пространстве, изучают все его характеристики.

Электрическое поле, созданное неподвижными зарядами, называют **электростатическим**.

Оно не меняется со временем. Электростатическое поле создаётся только электрическими зарядами. Оно существует в пространстве, окружающем эти заряды, и неразрывно с ними связано.

Если поле изменяется со временем, то такое поле называют **переменным**.



### Напряженность электрического поля.

Для количественной характеристики электрического поля служит специальная физическая величина — *напряженность электрического поля*.

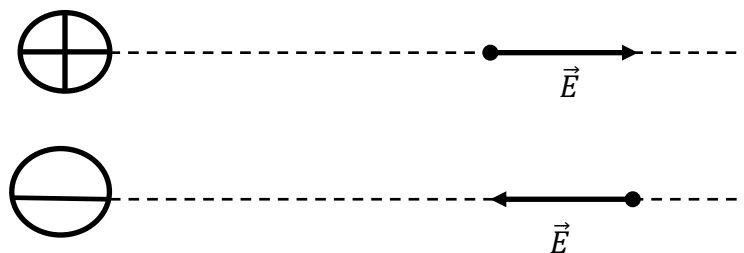
Рассмотрим точечный электрический заряд величины  $Q$  и будем вносить в электрическое поле этого заряда другой точечный пробный заряд величины  $q$ . На пробный заряд  $q$  будет действовать сила  $F$ , различная в разных точках поля, которая, согласно закону Кулона, будет пропорциональна величине пробного заряда  $q$ . Поэтому отношение этой силы к величине пробного заряда  $F/q$  уже не зависит от выбора пробного заряда и характеризует электрическое поле в той точке, где находится пробный заряд. Эта величина и получила название напряженности поля.

Если электрическое поле вызвано одним точечным зарядом  $Q$ , величина напряженности поля получается непосредственно из закона Кулона путем деления обеих частей равенства на величину второго заряда. Обозначая напряженность поля через  $E$ , мы имеем

$$E = \frac{kQq}{R^2q} = k \frac{Q}{R^2}$$

Напряженность поля точечного заряда убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от заряда.

Так как электрический заряд есть скаляр, а сила — вектор, то напряженность поля, получаемая от деления вектора на скаляр, есть *вектор*. Направление этого вектора определяет направление силы, действующей на положительный заряд, помещенный в рассматриваемую точку поля. Так, например, если поле вызвано положительным зарядом, то вектор напряженности направлен вдоль радиуса-вектора от заряда во внешнее пространство (отталкивание положительного пробного заряда); если поле вызвано отрицательным зарядом, то вектор напряженности направлен к заряду.



Из сказанного следует, что если известна напряженность поля в какой-либо точке, то тем самым определена и сила, действующая на электрический заряд, помещенный в эту точку. А именно:

$$F = qE.$$

Отметим в заключение, что для случая поля, вызванного точечным зарядом, выбор величины пробного заряда безразличен.

### Принцип суперпозиции полей. (или сложение полей).

Рассмотрим электрическое поле двух точечных зарядов  $+q$  и  $-q$ . Пусть  $E_1$  — напряженность поля в точке, создаваемая зарядом  $+q$  (когда заряда  $q_2$  нет вовсе), а  $E_2$  — напряженность поля заряда  $q_2$  (когда нет заряда  $q_1$ ). Опыт показывает, что напряженность  $E$  результирующего поля (при наличии обоих зарядов) может быть найдена по правилу сложения векторов (по

правилу параллелограмма) (рис. в ОК). Или, иначе, напряженность результирующего электрического поля есть векторная сумма напряженностей полей, создаваемых отдельными зарядами.

Правило векторного сложения электрических полей справедливо не только для двух, но и для какого угодно количества зарядов. Если  $\mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2, \mathbf{E}_3, \dots$  — напряженности полей, создаваемых отдельными зарядами в какой-либо точке, то напряженность  $\vec{E}$  результирующего в той же точке равна геометрической сумме напряженностей.

### **Графическое изображение поля.**

Для описания электрического поля нужно задать вектор напряженности в каждой точке поля. Это можно сделать аналитически, выражая зависимость напряженности поля от координат в виде формул. Однако такую зависимость можно представить и графически, используя силовые линии.

*Силовой линией, или линией вектора напряженности поля, называют линию, проведенную в электрическом поле, для которой направление касательной в любой точке совпадает с направлением вектора напряженности поля (см. рис. ОК).* Поскольку касательная, как и всякая прямая, определяет два взаимно противоположных направления, то силовой линии приписывают определенное направление, отмечая его на чертеже стрелкой.

Чтобы при помощи силовых линий изобразить не только направление, но и величину напряженности поля, условились на графиках поля проводить силовые линии с определенной густотой, а именно так, чтобы число силовых линий, проходящих через единицу поверхности, перпендикулярной к силовым линиям, было равно (или пропорционально) величине напряженности поля в данном месте.

Изображая силовые линии поля, мы получаем своеобразные графики или карты поля, которые сразу наглядно показывают, чему равна напряженность в разных частях поля и как она изменяется в пространстве. Вследствие большой наглядности этот способ представления полей широко применяют в электротехнике.

На рис. в ОК изображено однородное поле. На краях плоскостей эта параллельность заметно нарушается.

***Поле, напряженность которого во всех точках имеет одну и ту же величину и направление, называется однородным.***

Силовые линии однородного поля представляют собой параллельные прямые, густота которых всюду одна и та же.

Графические изображения однородных полей отличаются друг от друга только по густоте распределения силовых линий, которая определяет величину напряженности поля.

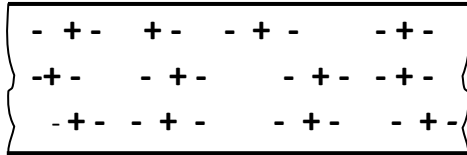
Однородное поле представляет собой простейший, но очень важный вид электрического поля, часто встречающийся в практике.

**БЛОК -8**

**ПРОВОДНИКИ  
В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

ОК - 58

**1.«Поля нет»**



Свободные заряды совершают тепловое движение

«Электронный газ»

**2.«Поле есть»**



Электростатическая индукция -  
разделение разноименных зарядов  
в проводнике, помещенном в эл.поле.  
(Электризация через влияние)

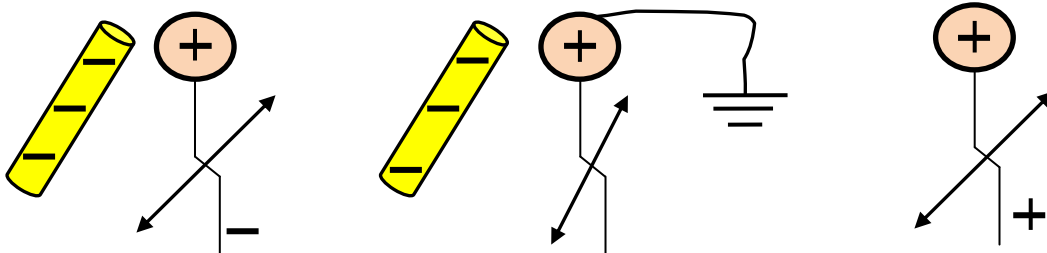
На  $\vec{e}$  действует сила, возникает кратковременный ток, до тех пор, пока

$$E_{\text{внутр.}} = E_{\text{внеш.}}$$

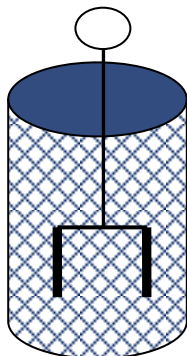
Заряды можно закрепить



**3.Зарядка электрометра**



**4.Электрический ток проводников.**



- внутри проводника при равновесии зарядов  $E=0$  и  $q=0$ ,  
- весь статический заряд сосредоточен на его поверхности

«Защита приборов от внешних полей»

*Пояснения к ОК -58***Проводники в электрическом поле.**

В металлах носителями свободных зарядов являются электроны. При образовании кристаллической решётки металла электроны внешних оболочек атомов полностью утрачивают связи со своими атомами и становятся «собственностью» всего проводника в целом. В результате образовавшиеся положительно заряженные ионы оказываются окружёнными отрицательно заряженным «газом» т.н. «*электронным газом*»

Свободные электроны участвуют в тепловом движении и могут перемещаться по металлу в любом направлении.

Заряженные частицы, способные свободно перемещаться в проводнике под влиянием электрического поля, называются **свободными зарядами**.

Свободные электроны в металлическом проводнике, помещенном в электрическое поле, под действием сил поля будут перемещаться в направлении, противоположном напряженности поля.

На рисунке (см.ОК) изображён проводник, помещённый в поле, которое создает заряженное тело, напряжённость которого направлена слева направо.

На поверхности проводника слева появляется избыточный отрицательный заряд, а на другой, — избыточный положительный заряд. Таким образом, проводник, помещённый в электрическое поле, электризуется. Заряды, появляющиеся на поверхности проводника, создадут внутри проводника добавочное электрическое поле. Силовые линии этого поля на которого направлены противоположно силовым линиям основного поля. Напряжённость результирующего поля в проводнике ослабится, т. е. уменьшится сила, действующая на свободные электроны и вызывающая их движение. Движение зарядов в проводнике прекратится, когда напряжённость результирующего поля внутри проводника окажется равной нулю.

Явление разделения зарядов и их распределение по поверхности проводника во внешнем электрическом поле называют **электростатической индукцией или электризацией через влияние**.

*Причина этого явления есть действие внешнего электрического поля на свободные электроны в проводнике. Заряды, появляющиеся на проводниках при внесении их в электрическое поле, называются индуктированными зарядами.*

*Электризацией через влияние можно объяснить явление притяжения между наэлектризованным и ненаэлектризованным телами, и передачу электрического заряда при соприкосновении этих тел.*

**Как оставить на теле заряд после удаления влияющего тела? (см.рис)**

К электрометру поднесли отрицательно заряженную эбонитовую палочку.

На стержне электрометра произойдет разделение зарядов. На шарике будет положительный заряд, а на другом конце стержня электрометра — отрицательный заряд.

Затем, не удаляя заряженное тело, дать стечь отрицательному заряду с проводника, для этого надо коснуться рукой шарика электрометра, и отрицательный заряд стечет «в землю». После этого убираем палочку. Электрометр заряжен.

*То обстоятельство, что электрическое поле внутри проводника отсутствует, может быть использовано для защиты тел от воздействия внешнего электрического поля. Для этой цели достаточно окружить данное тело хотя бы тонким проводящим слоем, например, поместить его в металлический ящик. Внутри такого ящика поля не будет.*

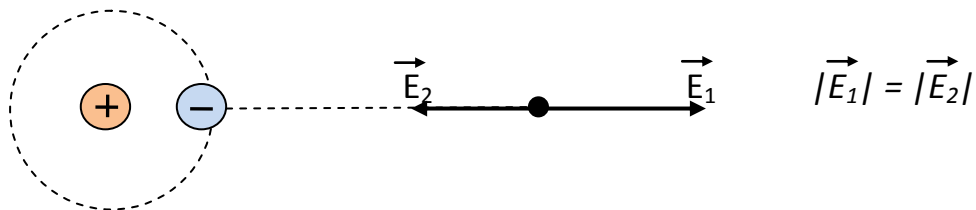
Для доказательства того факта, что внутри заряженного проводника электрическое поле отсутствует, Фарадей построил большую проволочную клетку, установил её на изоляторы и заряжал. Помещаясь внутрь этой клетки с очень чувствительным электроскопом в руках, Фарадей убедился в том, что внутри клетки не действуют никакие электрические силы, хотя на наружной поверхности сосредоточивался значительный заряд.

**БЛОК -8**

**ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

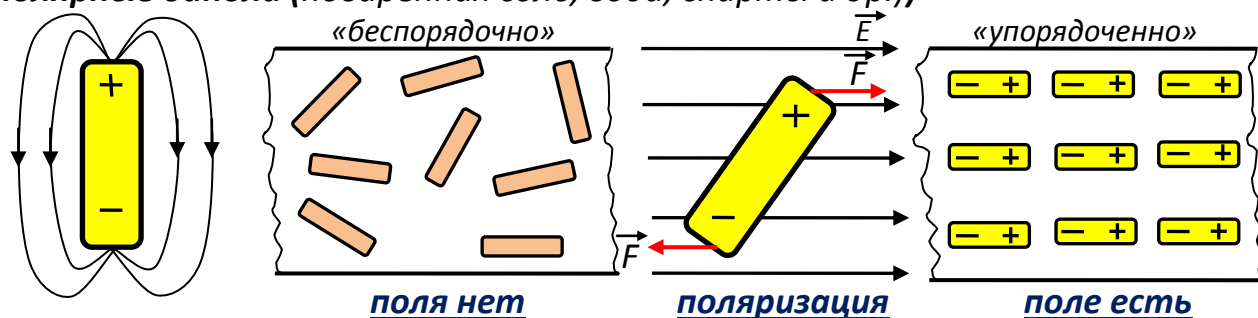
**ОК - 59**

**1.Свободные заряды отсутствуют** (воздух, стекло, эбонит, фарфор, дерево)

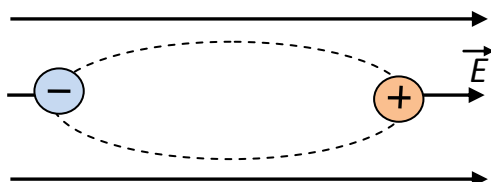


**2.Наличие диполей**

**а.полярные диполи** (поваренная соль, вода, спирты и др.)

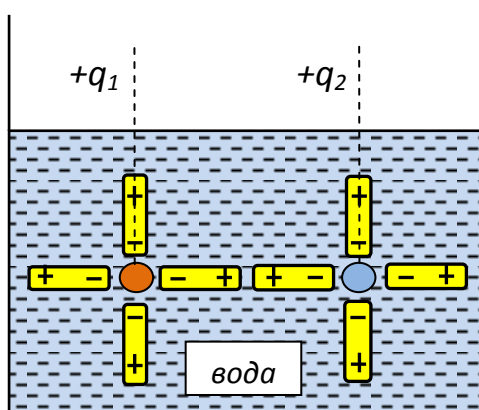


**б.неполярные диполи** (инертные газы, кислород, водород и др.)



под влиянием внешнего поля центры зарядов смещаются - диэлектрик поляризуется

**3.Диэлектрическая проницаемость среды ( $\epsilon$ )**



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

-вода =81  
-эбонит =4  
-стекло =7

- внутри диэлектрика поле ослабевает,
- степень ослабления зависит от свойств диэлектрика,
- вокруг зарядов  $q_1$  и  $q_2$  действия диполей нескомпенсированы, они и ослабляют поле

*Пояснения к ОК -59*

**Диэлектрики в электрическом поле.** В отличие от проводников в диэлектриках почти не существует свободных зарядов. Внутри атомов и молекул диэлектриков отрицательно и положительно заряженные частицы связаны между собой электрическими силами, но не абсолютно жёстко, а могут в известной мере смещаться под действием приложенных к ним сил.

Отрицательные и положительные заряды каждой молекулы одинаковы, поэтому любая молекула в целом не заряжена. В любой части объёма диэлектрика общий положительный заряд равен отрицательному заряду и результирующее действие этих зарядов будет равно нулю.

Если поместить диэлектрик в электрическое поле, то на положительные и отрицательные заряды молекул его начнут действовать противоположно направленные силы. Под действием этих сил заряды каждой молекулы сместятся, причём это смещение будет происходить по направлению напряжённости поля. Силы поля будут растягивать молекулы и ориентировать их вдоль силовых линий. В результате молекулы расположатся упорядоченно. И в этом случае в любой части диэлектрика суммарный электрический заряд будет равен нулю. Но на поверхностях диэлектрика, ограничивающих его, появятся заряды: с одной стороны положительные, с другой — отрицательные.

***Процесс смещения зарядов в диэлектрике, помещённом в поле, называется поляризацией, а сам диэлектрик в этом состоянии — поляризованным.***

Поляризация диэлектрика несколько напоминает электризацию проводника через влияние. Однако между этими явлениями существует глубокое различие.

В проводниках электризация обуславливается наличием в них свободных зарядов. Если разделить в электрическом поле проводник, заряженный через влияние, то обе части проводника окажутся заряженными противоположно. Заряды остаются на проводниках и после удаления поля.

Иначе обстоит дело в случае диэлектрика. Если разделить диэлектрик в электрическом поле на две части, то на вновь образованных поверхностях обеих частей появятся заряды обоих знаков – на одной стороне положительные, на другой – отрицательные.

Заряды, появляющиеся на поверхностях поляризованного диэлектрика, называются *связанными зарядами*.

**Полярные и неполярные молекулы.**

В отсутствие внешнего электрического поля центры тяжести положительных и отрицательных зарядов могут либо совпадать (*неполярные молекулы*), либо быть сдвинутыми друг относительно друга (*полярные молекулы*).



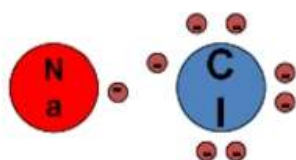
**Полярные диэлектрики.**

Молекулы полярных диэлектриков с точки зрения электрических свойств являются *диполями*.

Диполь это система двух одинаковых по модулю и противоположных по знаку зарядов, находящихся на некотором расстоянии друг от друга .

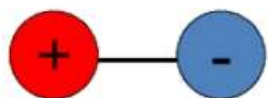
Например, в молекуле поваренной соли NaCl одинокий внешний электрон натрия захватывается атомом хлора (которому как раз недостает одного электрона до полного комплекта из 8 электронов на внешней оболочке). Молекула становится диполем, состоящим из положительного иона  $\text{Na}^+$  и отрицательного иона  $\text{Cl}^-$ .

## Строение диэлектрика



строение молекулы  
поваренной соли

NaCl



**электрический диполь-**  
совокупность двух точечных  
зарядов, равных по модулю  
и противоположных по  
знаку.



Как диполи ведут себя и молекулы воды. Это связано с геометрией их строения: молекула воды похожа на треугольник, в вершинах которого расположены два атома водорода и один атом кислорода. В результате центры положительных и отрицательных зарядов молекулы оказываются в разных местах, что и наделяет молекулу свойствами диполя.

К полярным диэлектрикам относятся также низкомолекулярные спирты и ряд других веществ.

При отсутствии внешнего электрического поля молекулы-диполи полярного диэлектрика, совершая хаотическое тепловое движение, ориентированы в самых разных направлениях. Электрические поля этих диполей полностью компенсируют друг друга, и результирующее поле равно нулю во всех областях диэлектрика.

Но если поместить такой диэлектрик во внешнее поле, то оно развернет диполи так, что они окажутся ориентированными вдоль линий напряженности (минусы диполей повернутся влево к тем полюсам, которые создают внешнее поле). Это показано на рисунке в ОК.

**Происходит поляризация**, т.е. смещение положительных и отрицательных связанных зарядов диэлектрика в противоположные стороны.

#### **Неполярные диэлектрики.**

Далеко не все диэлектрики являются полярными. Диэлектрик называется неполярным, если его молекулы имеют симметричное распределение положительных и отрицательных зарядов и потому не ведут себя как диполи. К неполярным диэлектрикам относятся, например, керосин, масло, воздух, инертные газы.

Тем не менее, поляризация наблюдается и у неполярных диэлектриков.

#### **Диэлектрическая проницаемость.**

Степень поляризации вещества характеризуется особой величиной, которая называется диэлектрической постоянной.

**Диэлектрическая постоянная показывает, во сколько раз напряжённость поля данных зарядов в диэлектрике (однородном) будет меньше, чем в вакууме.**

Принято обозначать греческой буквой  $\varepsilon$  (эпсилон). И можно записать

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

На практике диэлектрическую постоянную воздуха принимают за единицу. Если два точечных заряда находятся в диэлектрике, то напряжённость поля, создаваемого каждым из зарядов в точке, где находится другой заряд, уменьшается в  $\varepsilon$  раз.

Значит, и сила, с которой эти заряды взаимодействуют между собой, также в  $\varepsilon$  раз меньше. Поэтому закон Кулона для зарядов, помещённых в диэлектрик, выражается формулой:

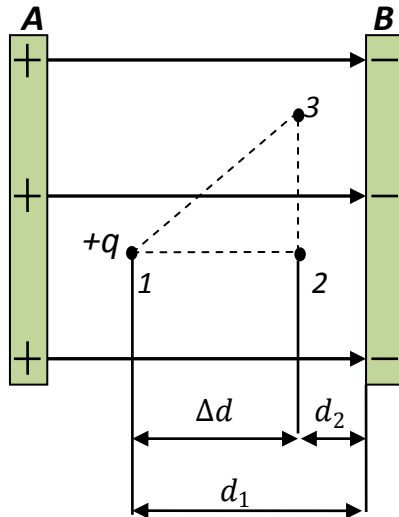
$$F = k \frac{q_1 q_2}{\varepsilon r^2}$$

## БЛОК -8

ОК - 60

## РАБОТА. ПОТЕНЦИАЛ

## 1. Работа электростатического поля



$$A_{12} = \underline{F} S \cos(F, S) = \underline{q E} \Delta d$$

$$A_{23} = 0, \text{ т.к. } \cos 90^\circ = 0$$

$$A_{31} = -q E \Delta d, \text{ т.к. } \cos 180^\circ = -1$$

$$A_{1231} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 0$$

**Электростатическое поле потенциально**  
 а. работа не зависит от формы траектории  
 б. работа по замкнутому контуру равна 0

## 2. Потенциальная энергия

$$A = q E \Delta d = q E (d_1 - d_2) = - (q E d_2 - q E d_1)$$

По 3.С.Э.  $A = - \Delta W_p = - (W_{p2} - W_{p1})$

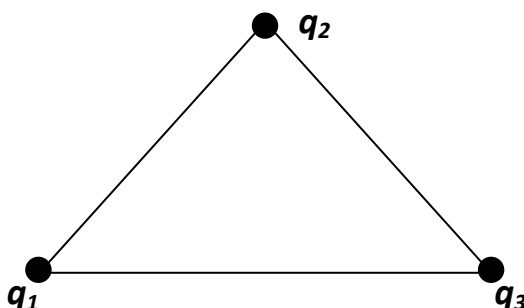
$W_p = q E d$  - потенциальная энергия заряда в данной точке поля

## 3. Потенциал – энергетическая характеристика поля

$$\varphi = \frac{W}{q} = \frac{2W}{2q} = \text{const}; \varphi = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}$$

$$\varphi = \frac{A}{q}$$

$\varphi$  – скаляр,  $\varphi > 0$ , если  $+q$ ,  $\varphi < 0$ , если  $-q$



$\varphi = \pm \varphi_1 \pm \varphi_2 \pm \varphi_3$

*Пояснения к ОК - 60***Работа в электрическом поле.**

На всякий заряд, находящийся в электрическом поле, действует сила, и поэтому при движении заряда в поле совершается определённая работа. Как рассчитать эту работу?

Рассмотрим перемещение заряда в однородном поле, образованном двумя параллельными пластинами **A** и **B**, заряженными противоположными зарядами (см.рис.) В таком поле силовые линии на всём своём протяжении перпендикулярны к этим пластинам, и если пластина **A** заряжена положительно, то напряжённость поля **E** направлена от **A** к **B**.

Допустим, что положительный заряд  $q$  переместился из точки 1 к точке 2 по какому-нибудь пути  $s = \Delta d$ , и рассчитаем работу по перемещению заряда  $A_{12}$ .

Затем рассчитаем работу –  $A_{23}$ ,  $A_{31}$  и на конец на участке  $-A_{1231}$ .

Итак, рассмотренные примеры показывают, что **работа по перемещению заряда из одной точки электрического поля в другую не зависит от формы пути перемещения, а зависит только от положения этих точек в поле.**

Мы знаем, что работа, совершаемая силой тяжести при движении тела по наклонной плоскости равна работе, совершаемой при падении тела с высоты, равной высоте наклонной плоскости. Таким образом, работа силы тяжести, или можно сказать, работа при перемещении тела в поле тяжести, также не зависит от формы пути, а зависит только от разности высот начальной и конечной точек пути.

Можно доказать, что этим важным свойством обладает не только однородное, но и любое электрическое поле. Аналогичным свойством обладает и поле силы тяжести.

**Потенциал.**

Пусть мы имеем некоторое положительно заряженное тело. Вокруг этого тела существует электрическое поле. Будем в этом поле переносить положительный заряд; при этом будет совершаться определённая работа  $A$ . Величина этой работы пропорциональна величине переносимого заряда и зависит от того, из какой и в какую точку поля заряд переносится. Если взять отношение величины совершаемой работы  $A$  к величине перемещаемого заряда  $q$ , то величина этого отношения — уже не будет зависеть от величины переносимого заряда, а будет зависеть только от выбора начальной и конечной точек перемещения заряда в поле, причём форма пути никакого значения иметь не будет.

Условимся вносить заряд в поле, перемещая его из бесконечно удалённой точки поля, т. е. из такой точки пространства, напряжённость поля в которой равна нулю. Величина отношения работы, которую придётся при этом совершить против сил электрического поля, к величине переносимого заряда будет зависеть только от положения конечной точки перемещения.

Поэтому эта величина может служить для характеристики этой точки поля.

**Величина, измеряемая отношением работы, совершаемой при перемещении положительного заряда из бесконечности в данную точку поля, к величине перемещаемого заряда, называется потенциалом поля в данной точке.**

Из этого определения видно, что **потенциал поля в данной точке численно равен работе, совершаемой при перемещении единицы положительного заряда из бесконечности в данную точку поля.**

Величина потенциала обозначается буквой  $\varphi$  (фи).

$$\varphi = \frac{A}{q}$$

*Потенциал представляет собой скалярную величину – это энергетическая характеристика поля.*

Потенциалы точек поля положительно заряженного тела имеют положительную величину, потенциалы же поля отрицательно заряженного тела имеют отрицательную величину.

**БЛОК -8**

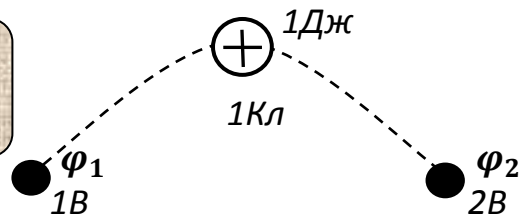
**РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ**

**ОК - 61**

**1. Разность потенциалов (напряжение)**

$$A = -(W_{p2} - W_{p1}) = -(q\phi_2 - q\phi_1) = q(\phi_1 - \phi_2)$$

$$\phi_1 - \phi_2 = \Delta\phi = U = \frac{A}{q}; U = \frac{1\text{Дж}}{1\text{Кл}} = 1\text{В}$$



**2. Связь между E и U**

$$A = q E \Delta d$$

$$A = q U$$

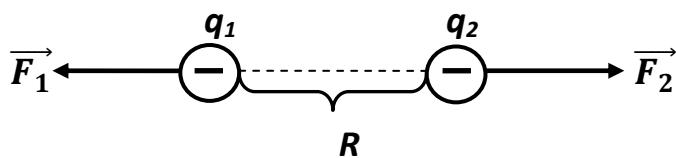
$$E = \frac{U}{\Delta d} = \frac{1\text{В}}{1\text{м}} = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

**3. Потенциал и напряженность заряженного шара**

$$\phi_{\text{шара}} = \frac{A}{q} = \frac{FR}{q} = k \frac{QqR}{qR^2} = k \frac{Q}{R_{\text{шара}}}; \quad \phi_{\text{внутри шара}} = \phi_{\text{на поверхности}}$$

$$E_{\text{внутри шара}} = 0; \quad E_{\text{на поверхности}} = \frac{\phi}{R} = k \frac{Q}{(R_{\text{шара}})^2}$$

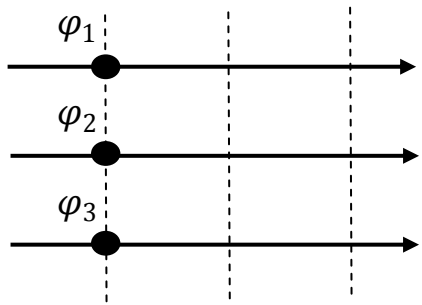
**4. Потенциальная энергия взаимодействия зарядов**



$$W = F R$$

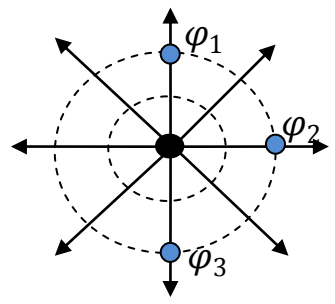
$$W = k \frac{|q_1||q_2|}{R}$$

**5. Эквипотенциальные поверхности – поверхности, имеющие одинаковый потенциал**



$$\alpha = 90^\circ$$

$$A = 0$$



$$\phi_1 = \phi_2 = \phi_3$$

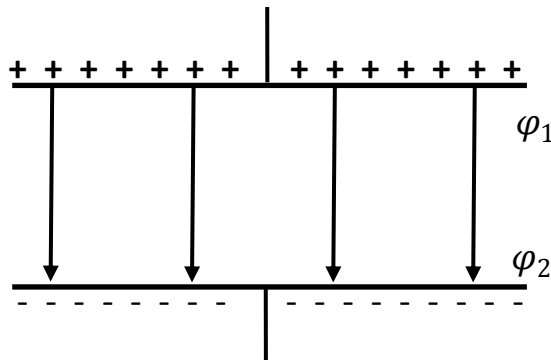
## БЛОК -8

## ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ

ОК - 62

- способность двух проводников накапливать электрический заряд

## 1. Электроёмкость уединенного проводника



$$C = \frac{q}{U} = \frac{2q}{2U} = \frac{3q}{3U} = \text{const}$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

$$C = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}} = 1\text{Ф (Фарад)}$$

Электроёмкость уединенного проводника называется физической величиной, численно равная отношению заряда одного из проводников к разности потенциалов между ними

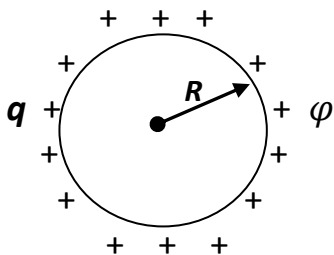
«С» ЗАВИСИТ ОТ:

- размеров проводника
- среды

«С» НЕ ЗАВИСИТ ОТ:

- заряда
- разности потенциалов
- вида материала

## 2. Электроёмкость шара



$$\Delta\varphi_{\text{шара}} = U_{\text{шара}} = k \frac{Q}{R_{\text{шара}}}$$

$$C_{\text{шара}} = \frac{Q}{U_{\text{шара}}} = \frac{Q}{kQ/R} = \frac{R}{k}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon}$$

$$C_{\text{шара}} = \frac{R}{k} = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$$

$$C_{\text{Земли}} = \frac{6,4 * 10^6 \text{ м}}{9 * 10^9 \text{ Нм}^2/\text{Кл}} = 7 * 10^{-4} \text{ Ф} = 700 \text{ мкФ}$$



*Пояснения к ОК -62***Електроёмкость.**

При электризации двух проводников между ними появляется электрическое поле и возникает разность потенциалов (напряжение). С увеличением заряда проводников электрическое поле между ними усиливается.

В сильном электрическом поле возможен так называемый *пробой* диэлектрика: между проводниками проскакивает искра, и они разряжаются. Чем меньше увеличивается напряжение и соответственно напряжённость поля между проводниками с увеличением их зарядов, тем больший заряд можно на них накопить.

Физическая величина, характеризующая способность проводников накапливать электрический заряд, называется **электроёмкостью**.

Напряжение  $U$  между двумя проводниками пропорционально электрическим зарядам, которые находятся на проводниках (на одном  $+q$ , а на другом  $-q$ ). Действительно, если заряды удвоить, то напряжённость электрического поля станет в 2 раза больше, соответственно в 2 раза увеличится и работа, совершаемая полем при перемещении заряда из одной точки поля в другую, т. е. в 2 раза увеличится напряжение. Поэтому отношение заряда  $q$  одного из проводников к разности потенциалов между проводниками не зависит от заряда. Оно *определяется геометрическими размерами проводников, их формой и взаимным расположением, а также электрическими свойствами окружающей среды*.

**Электроёмкостью двух проводников** называют отношение заряда одного из проводников к разности потенциалов между ними:

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} = \Phi \text{ (Фарад)}$$

Чем больше электроёмкость, тем больший заряд скапливается на проводниках при одном и том же напряжении. Обратим внимание, что сама электроёмкость не зависит ни от сообщённых проводникам зарядов, ни от возникающего между ними напряжения.

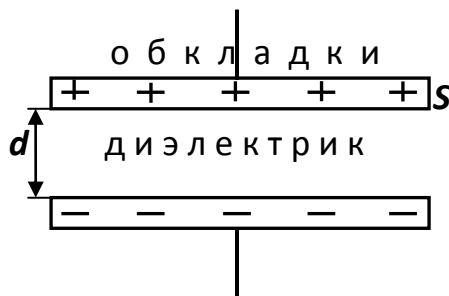
*Единицей электроёмкости в СИ является фарад.*

**1 фарад** — это электроёмкость двух проводников в том случае, если при сообщении им зарядов  $+1 \text{ Кл}$  и  $-1 \text{ Кл}$  между ними возникает разность потенциалов  $1 \text{ В}$ :  **$1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл/В}$** .

Из-за того что заряд в 1 Кл очень велик, ёмкость 1 Ф оказывается очень большой. Поэтому на практике часто используют доли этой единицы: микрофарад (мкФ) —  $10^{-6} \text{ Ф}$  и пикофарад (пФ) —  $10^{-12} \text{ Ф}$ .

**БЛОК -8****КОНДЕНСАТОРЫ**

ОК - 63

**1.Устройства и свойства**

$$- d \ll S$$

- способны накапливать большой заряд,

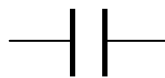
- всё электрическое поле сосредоточено внутри

- под зарядом понимают заряд одной из пластин

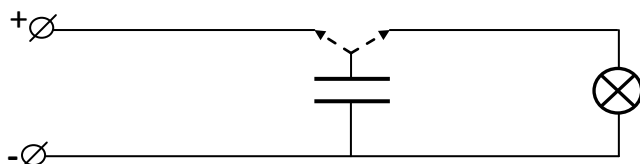
**2.Виды конденсаторов**

1.по типу диэлектрика-воздушные, слюдяные, керамические, бумажные, электролитические

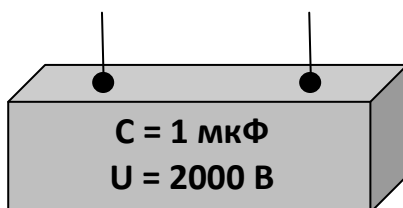
2.по способности изменять емкость

постоянныйпеременный**3.Емкость плоского конденсатора**

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

**4.Энергия заряженного конденсатора**

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$



$$W = \frac{CU^2}{2} = 2 \text{ Дж}$$

$$N = \frac{A}{t} = \frac{2 \text{ Дж}}{10^{-6} \text{ с}} = 2 * 10^6 \text{ Вт}$$

**Заряженный конденсатор опасен для жизни!**

**5.Назначение конденсаторов**

- фотовспышка,

- не пропускать постоянный ток,

- накапливать на короткое время заряд для быстрого изменения потенциала

*Пояснения к ОК -63***Конденсатор.**

Слово «конденсатор» в переводе на русский язык означает «сгуститель». В данном случае — «сгуститель электрического поля».

Конденсатор представляет собой два проводника, разделённые слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников.

Проводники конденсатора называются **обкладками**.

Простейший *плоский конденсатор* состоит из двух одинаковых параллельных пластин, находящихся на малом расстоянии друг от друга

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. Поэтому почти всё электрическое поле сосредоточено внутри конденсатора и однородно.

Для зарядки конденсатора нужно присоединить его обкладки к полюсам источника напряжения, например к полюсам батареи аккумуляторов.

Под зарядом конденсатора понимают абсолютное значение заряда одной из обкладок.

Емкость конденсатора определяется формулой .

$$C = \frac{q}{U}$$

Электрические поля окружающих тел почти не проникают внутрь конденсатора и не влияют на разность потенциалов между его обкладками. Поэтому емкость конденсатора практически не зависит от наличия вблизи него каких-либо других тел.

**Емкость плоского конденсатора.**

Геометрические характеристики плоского конденсатора полностью определяются площадью **S** его пластин и расстоянием **d** между ними. От этих величин и должна зависеть ёмкость плоского конденсатора.

Кроме того, ёмкость конденсатора зависит от свойств диэлектрика между пластинами. Так как диэлектрик ослабляет поле, то емкость при наличии диэлектрика увеличивается:

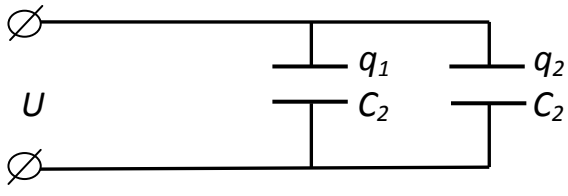
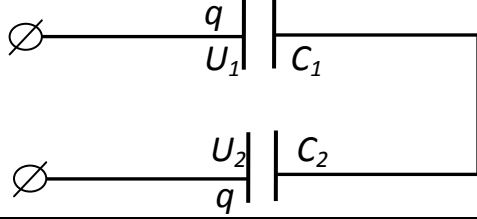
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

где  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость диэлектрика.

## БЛОК -8

ОК - 63

## 6.Соединения конденсаторов в батарее

Параллельное	Последовательное
	
1. $q = q_1 + q_2$	1. $U = U_1 + U_2$
2. $U = U_1 = U_2$	2. $q = q_1 = q_2$
3. $\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}; \quad \frac{q_1}{q_2} = \frac{C_1}{C_2}$	3. $C_1 U_1 = C_2 U_2; \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1}$
4. $C U = C_1 U_1 + C_2 U_2$ $C = C_1 + C_2$	4. $\frac{q}{C} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}; \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

**БЛОК -8****Повторим теорию!****ВЗК - 8****«Электростатика»**

1. Что изучает электродинамика?
2. Что такое электрический заряд?
3. Каково строение атома?
4. Какой заряд называют элементарным? Каково его значение?
5. Можно ли делить электрический заряд бесконечно?
6. Как найти заряд тела? Какое тело является электрически нейтральным?
7. Что называют положительным и отрицательным ионом?
8. В чем состоит явление электризации? Объясните это явление с точки зрения электронной теории.
9. Сформулируйте закон сохранения заряда?
10. Как был установлен закон Кулона? Сформулируйте этот закон.
11. Какова единица измерения заряда, и каков его физический смысл?
12. Чему равен коэффициент пропорциональности в законе Кулона, и каков его физический смысл?
13. Какая величина характеризует влияние среды на силу взаимодействия? Запишите закон Кулона для взаимодействия зарядов.
14. Чему равна электрическая постоянная?
15. Что такое электрическое поле?
16. Назовите основные свойства электрического поля.
17. Какое поле называют электростатическим?
18. Что называют напряженностью электрического поля? Какая формула выражает суть этого понятия?
19. Чему равна напряженность точечного заряда?
20. Сделав чертёж, объясните сущность суперпозиции электрических полей.
21. Что называют линиями напряженности электрического поля?
22. Какими свойствами обладают силовые линии электрического поля? Какими свойствами обладают силовые линии электрического поля?
23. Какое поле называют однородным?
24. Приведите примеры графического изображения электрических полей.
25. Какое направление имеет вектор напряженности?
26. Какие вещества называют проводниками?
27. Какие электрические заряды называют свободными? Какие частицы являются носителями свободных зарядов в металлах?
28. Что происходит в металле, помещенном в электрическое поле?
29. Как распределяются по проводнику сообщенный ему заряд? Что называется электростатической индукцией?
30. Как можно закрепить заряды на теле?
31. На каком принципе основана электростатическая защита?
32. Какие вещества называют диэлектриками?
33. Какие диэлектрики называют полярными, а какие – неполярными и что к ним относится?
34. Опишите поведение диполя во внешнем электрическом поле?

35. Объясните, почему внутри диэлектрика поле ослабевает?  
Каков физический смысл диэлектрической проницаемости?
36. Что понимают под работой электрического поля? Запишите формулу работы по перемещению заряда в электрическом поле?
37. Зависит ли работа поля от формы траектории? Чему равна работа поля по замкнутому контуру? К какому виду поля относится электростатическое поле?
38. Как связано изменение потенциальной энергии с работой? Чему равна потенциальная энергия заряженной частицы в однородном электрическом поле?
39. Что называют потенциалом электростатического поля? Какая формула выражает смысл этого понятия? Потенциал – величина векторная или скалярная?
40. Что называют разностью потенциалов между двумя точками поля? Какая формула выражает смысл этого понятия?
41. Какова единица измерения потенциала и разности потенциалов? Сформулируйте определение этой единицы.
42. Какова связь между напряженностью поля и напряжением?
43. Чему равен потенциал заряженного шара?
44. Какие поля называют эквипотенциальными? Изобразите эквипотенциальные поверхности.
45. Что называют электроёмкостью? Какая формула выражает сущность этого понятия?
46. Какова единица измерения электроёмкости? От чего зависит и не зависит электроёмкость?
47. Запишите формулу электроёмкости шара.
48. Что называют конденсатором? Зарядом конденсатора?
49. Какие типы конденсаторов вы знаете?
50. Запишите формулу электроёмкости плоского конденсатора.
51. Запишите формулу энергии заряженного конденсатора.
52. Чему равна общая электроёмкость конденсаторов при их параллельном соединении?
53. Чему равна общая электроёмкость конденсаторов при их последовательном соединении?