

Основы электродинамики

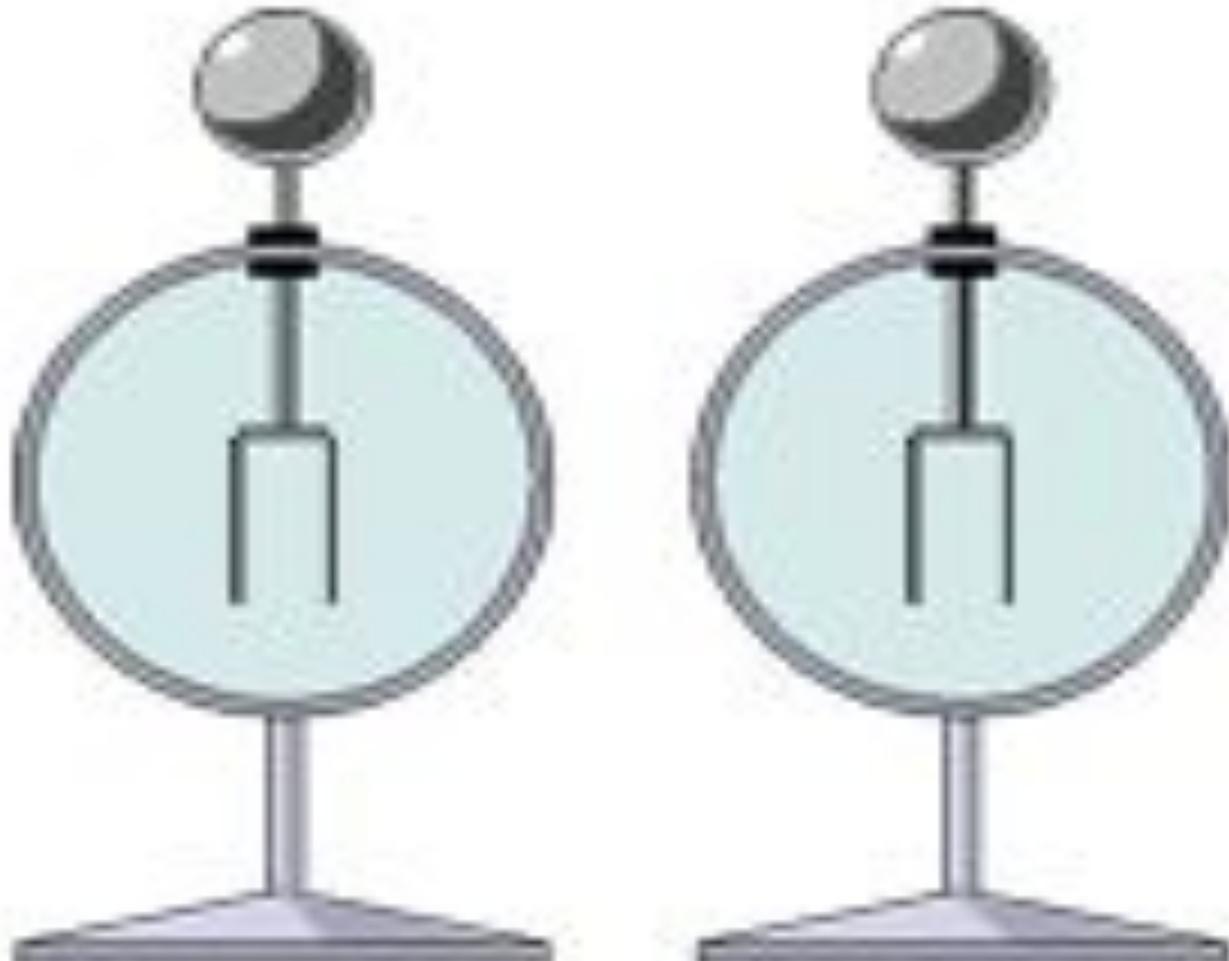


- *Электродинамика* изучает электромагнитное взаимодействие заряженных частиц.
- *Электростатика* – раздел электродинамики, изучающий взаимодействие неподвижных электрических зарядов.

Электрический заряд

- Способность частиц к электромагнитному взаимодействию характеризует электрический заряд.
- Электрический заряд - физическая величина, определяющая силу электромагнитного взаимодействия

Посмотрите анимацию и объясните происходящее.



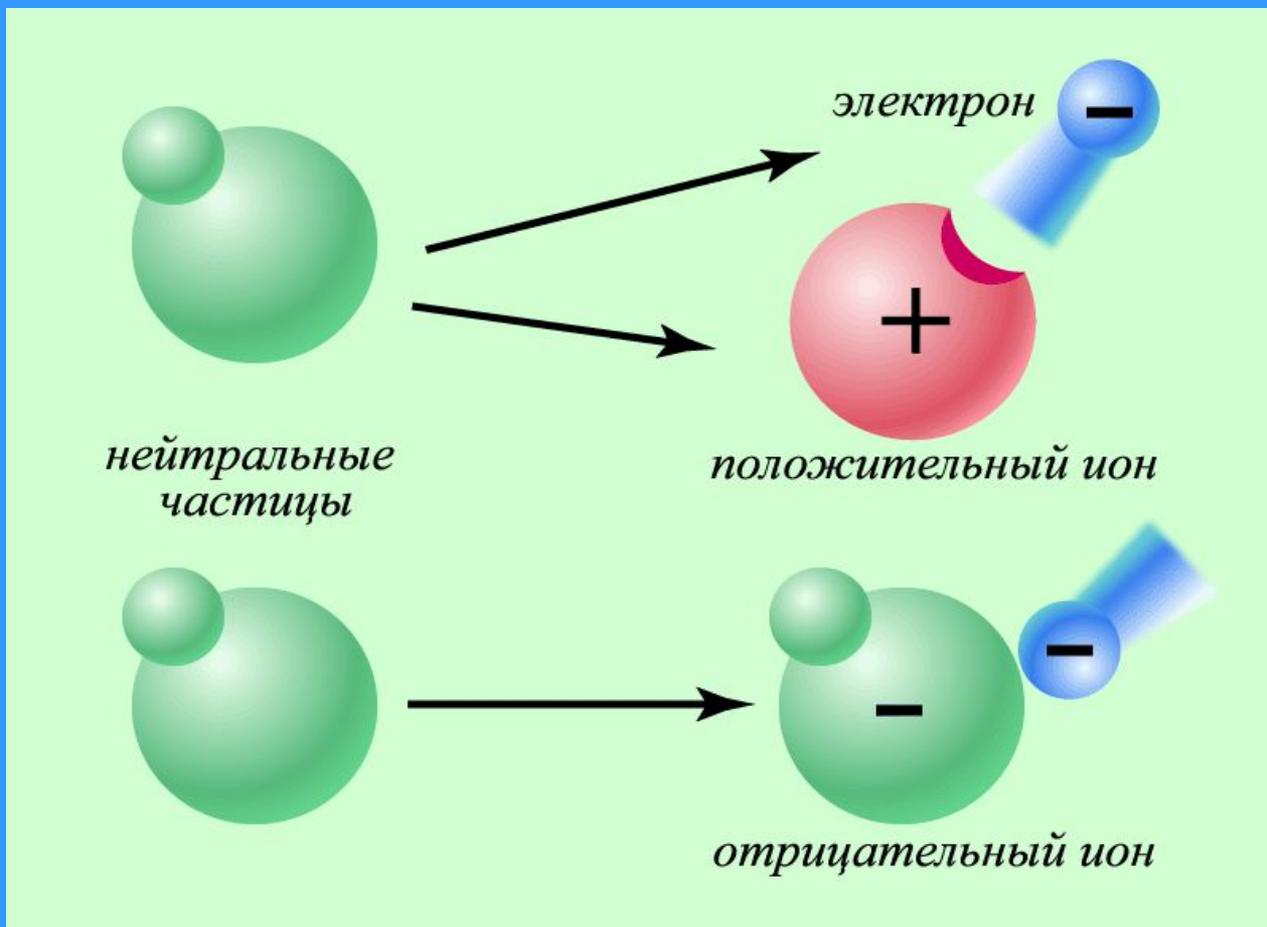
Электризация

- При электризации заряжаются оба тела, в ней участвующие.
- Электризация - это процесс получения электрически заряженных тел из электронейтральных.
- Степень электризации тел в результате взаимного трения характеризуется **значением** и **знаком** электрического заряда, полученного телом.

Строение атома



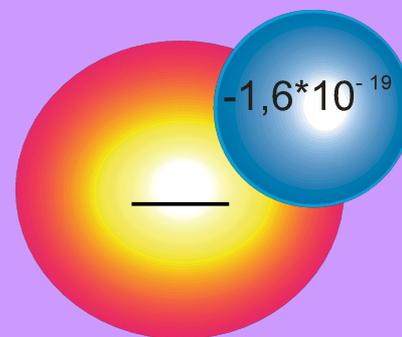
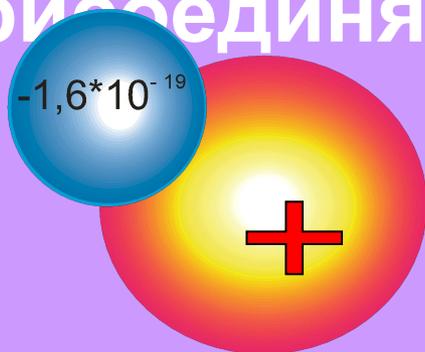
Схема образования ИОНОВ



Причины

электризации

- При электризации одни вещества отдают электроны, а другие их присоединяют.



- Различие энергии связи электрона с атомом в различных веществах.

- **Заряды рождаются и исчезают попарно: сколько родилось(исчезло) положительных зарядов, столько родилось (исчезло) и отрицательных. В этом суть закона сохранения электрического заряда**

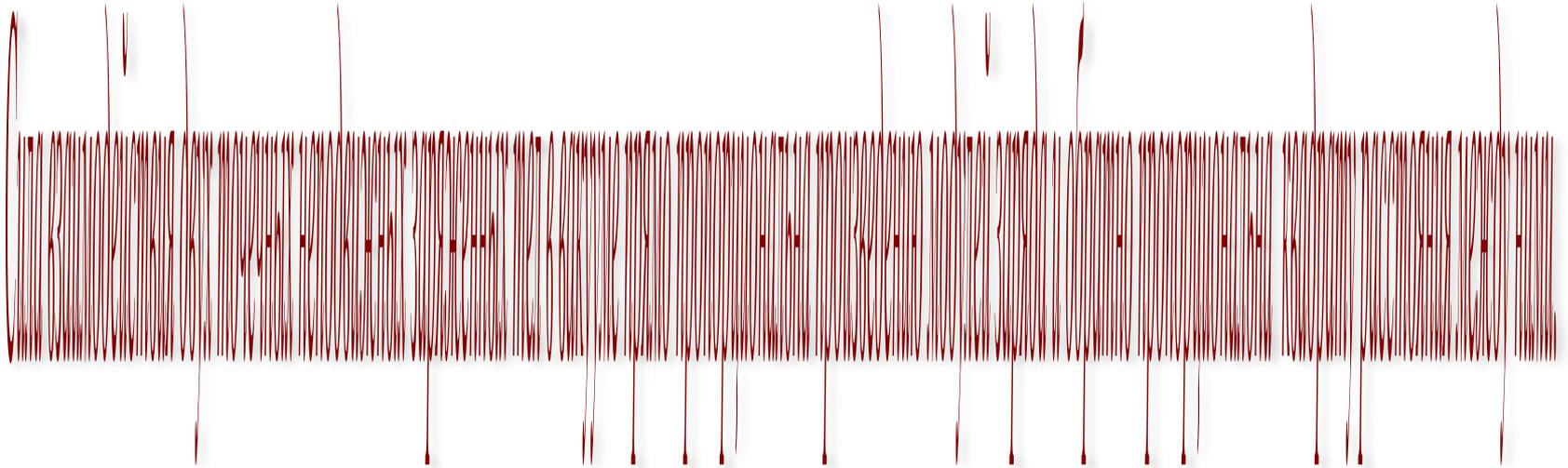
$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}$$

q_1, q_2, \dots, q_n – заряды электрически
изолированной системы

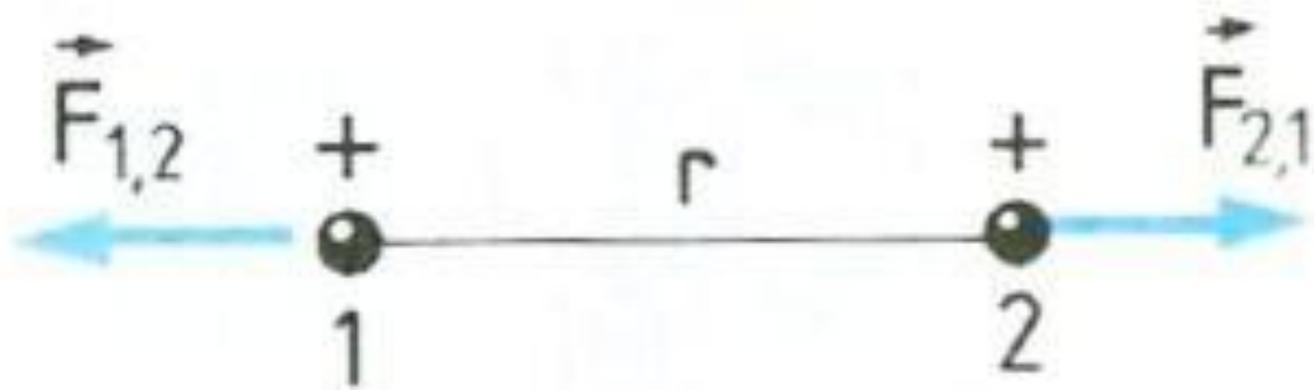
Контрольный вопрос

- *В типографиях, в цехах текстильных фабрик устанавливают специальные приборы - нейтрализаторы, которые разделяют молекулы воздуха на положительно и отрицательно заряженные ионы. Почему это уменьшает электризацию трущихся частей машин и изделий (бумаги в ротационной машине, пряжи в ткацком станке) и способствует уменьшению непопадок и аварий?*

Сила Кулона



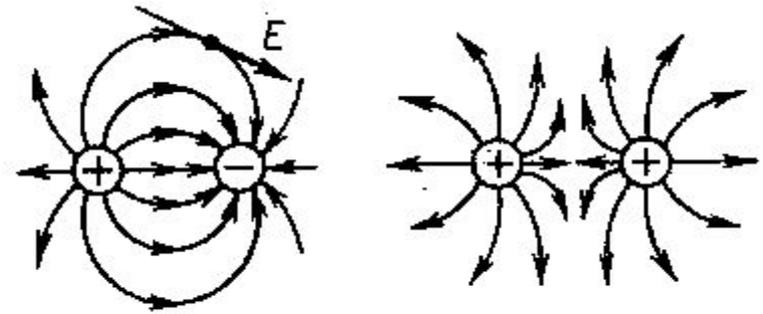
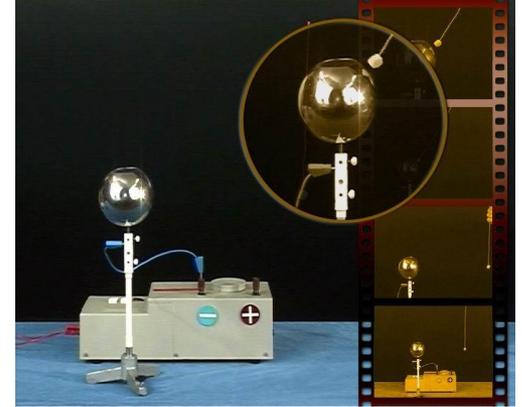
$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$



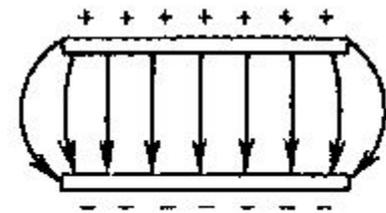
Силы взаимодействия двух точечных заряженных тел направлены вдоль прямой, соединяющей эти тела

Действие электрического поля на электрические заряды

- **Электрическое поле** — особая форма поля, существующая вокруг *тел или частиц*, обладающих *электрическим зарядом*, а также в свободном виде в электромагнитных волнах.
- Электрическое поле непосредственно *невидимо*, но может наблюдаться по его действию и с помощью приборов.



Неоднородное поле



Однородное поле

Напряженность электрического поля

- **Напряженностью электрического поля** называют физическую величину, равную отношению силы, с которой поле действует на положительный пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q}$$

- **Напряженность** электрического поля – **векторная** физическая величина.
- **Направление** вектора совпадает в каждой точке пространства с **направлением силы**, действующей на **положительный пробный заряд**.

вещества по проводимости

проводники

это вещества, которые
проводят
электрический ток



есть свободные
заряды

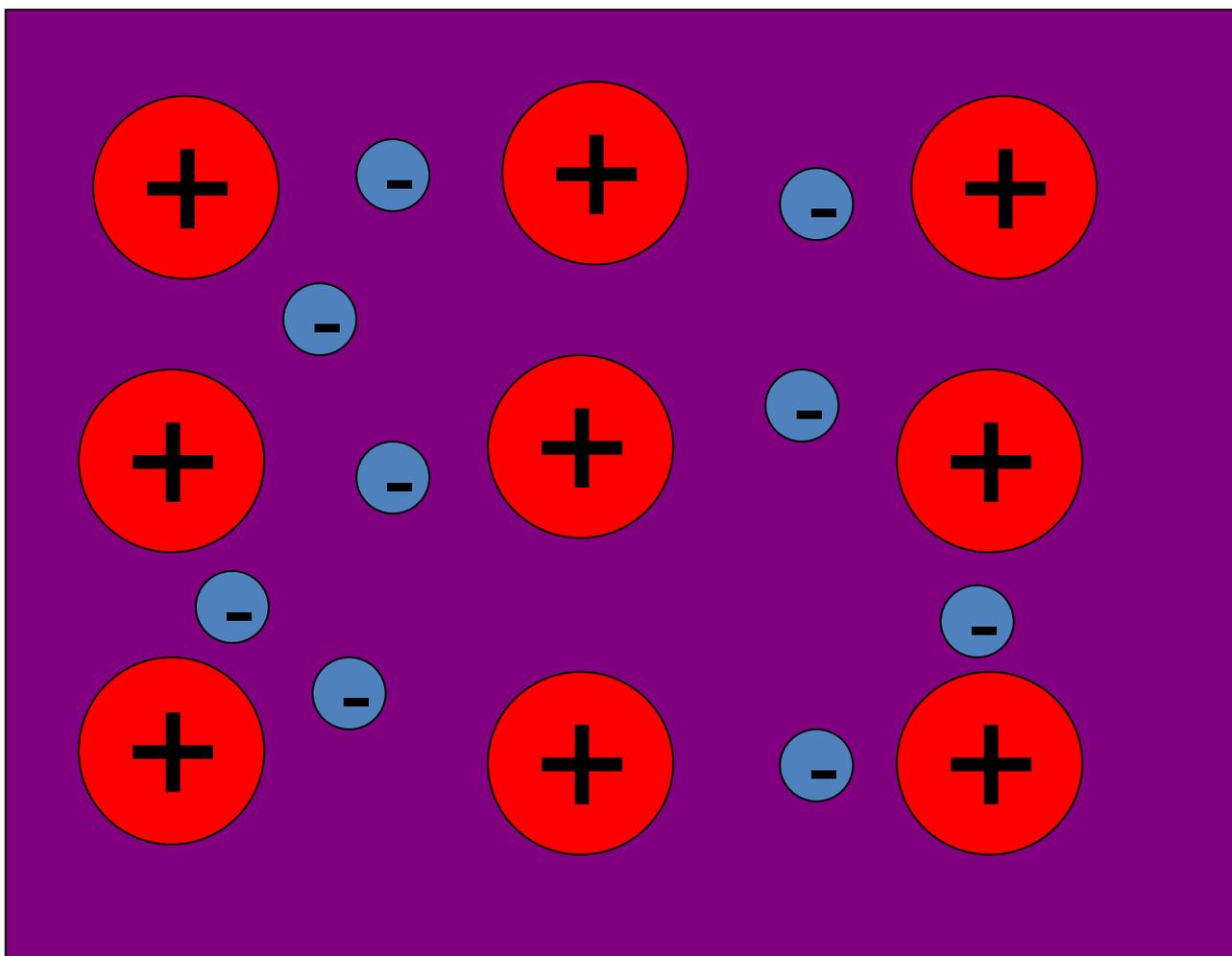
диэлектрики

это вещества, которые
не проводят
электрический ток

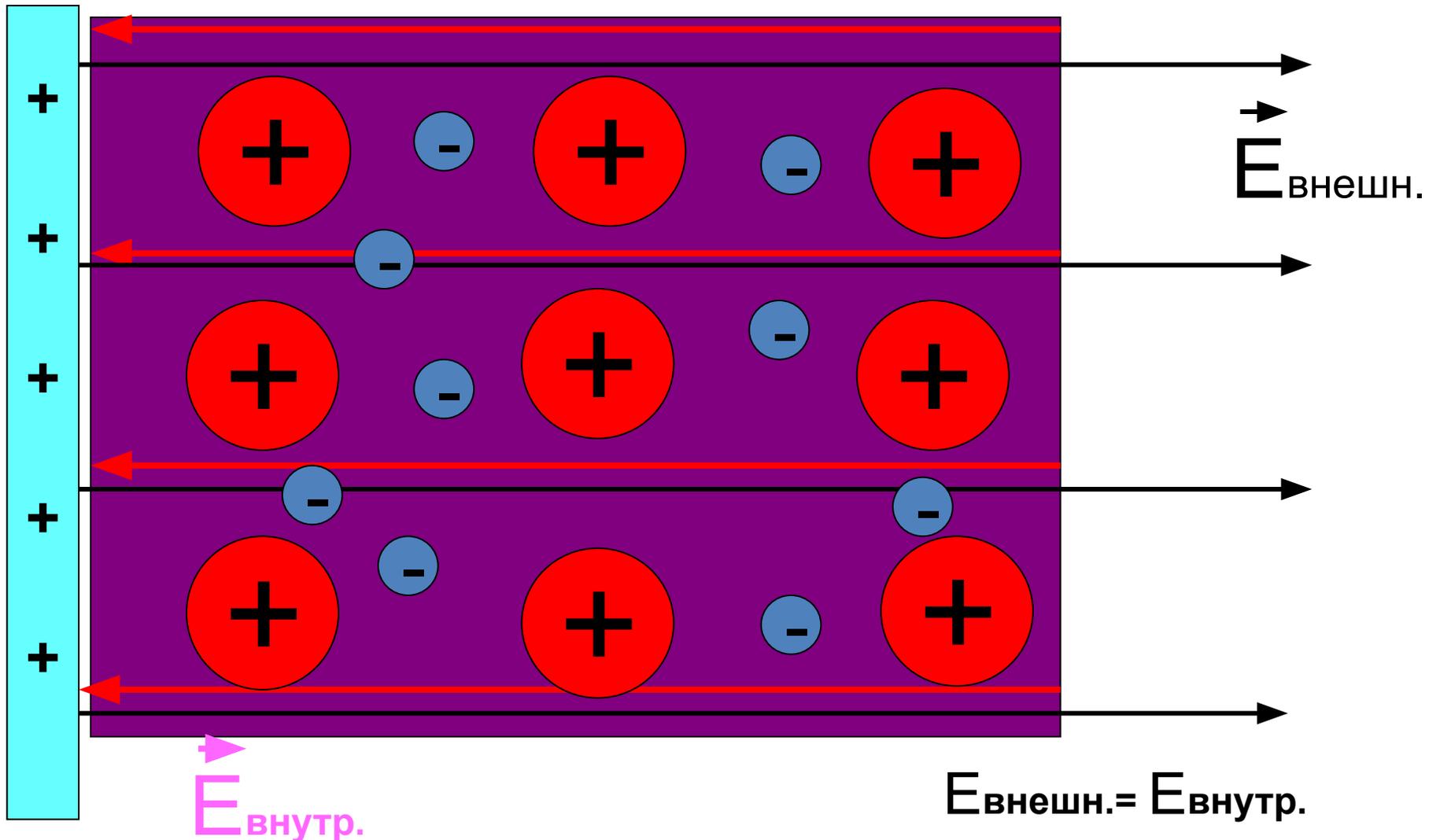


нет свободных
зарядов

Строение металлов



Металлический проводник в электростатическом поле



Металлический проводник в электростатическом поле

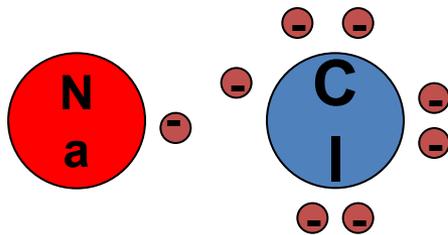
$$E_{\text{внешн.}} = E_{\text{внутр.}} \longrightarrow E_{\text{общ}} = 0$$

ВЫВОД:

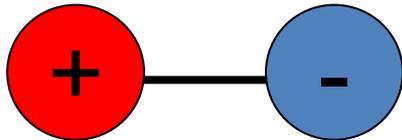
Внутри проводника электрического поля нет.

Весь статический заряд проводника сосредоточен на его поверхности.

Строение диэлектрика

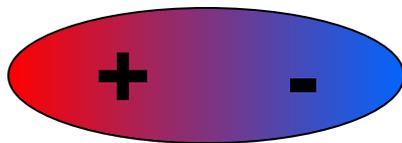


строение молекулы
поваренной соли

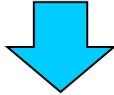


электрический диполь-

совокупность двух точечных зарядов, равных по модулю и противоположных по знаку.



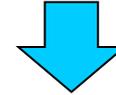
Виды диэлектриков



Полярные

Состоят из молекул, у которых не совпадают центры распределения положительных и отрицательных зарядов

поваренная соль,
спирты, вода и др.

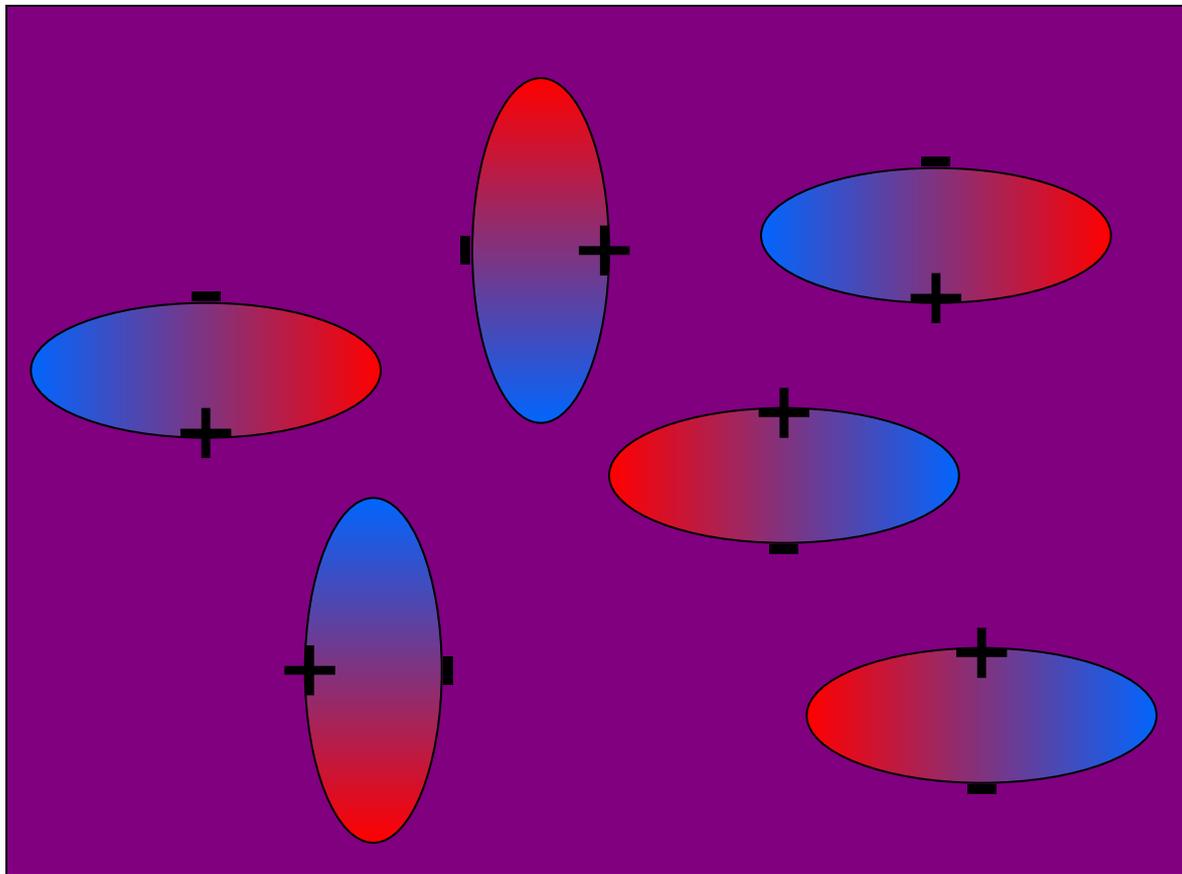


Неполярные

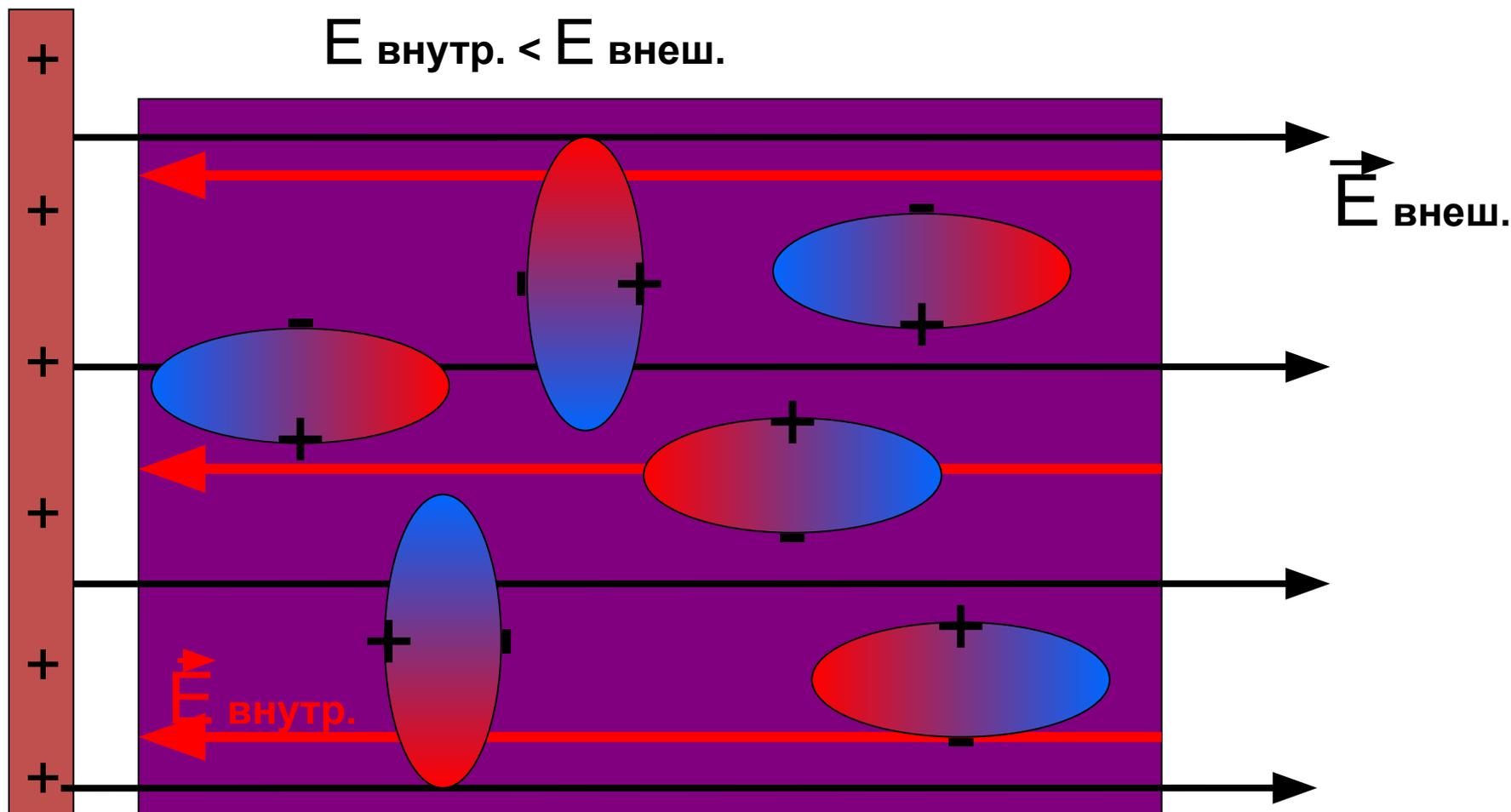
Состоят из молекул, у которых совпадают центры распределения положительных и отрицательных зарядов.

инертные газы, O_2 , H_2 ,
бензол, полиэтилен и др.

Строение полярного диэлектрика



Диэлектрик в электрическом поле



ВЫВОД:

ДИЭЛЕКТРИК ОСЛАБЛЯЕТ ВНЕШНЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

**Потенциальная энергия
заряженного тела.**

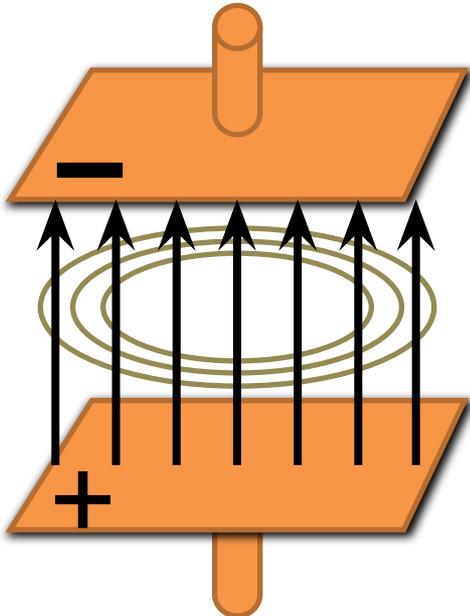
Потенциал.

**Связь между напряженностью
электростатического поля и
разностью потенциалов.**

**Эквипотенциальные
поверхности**

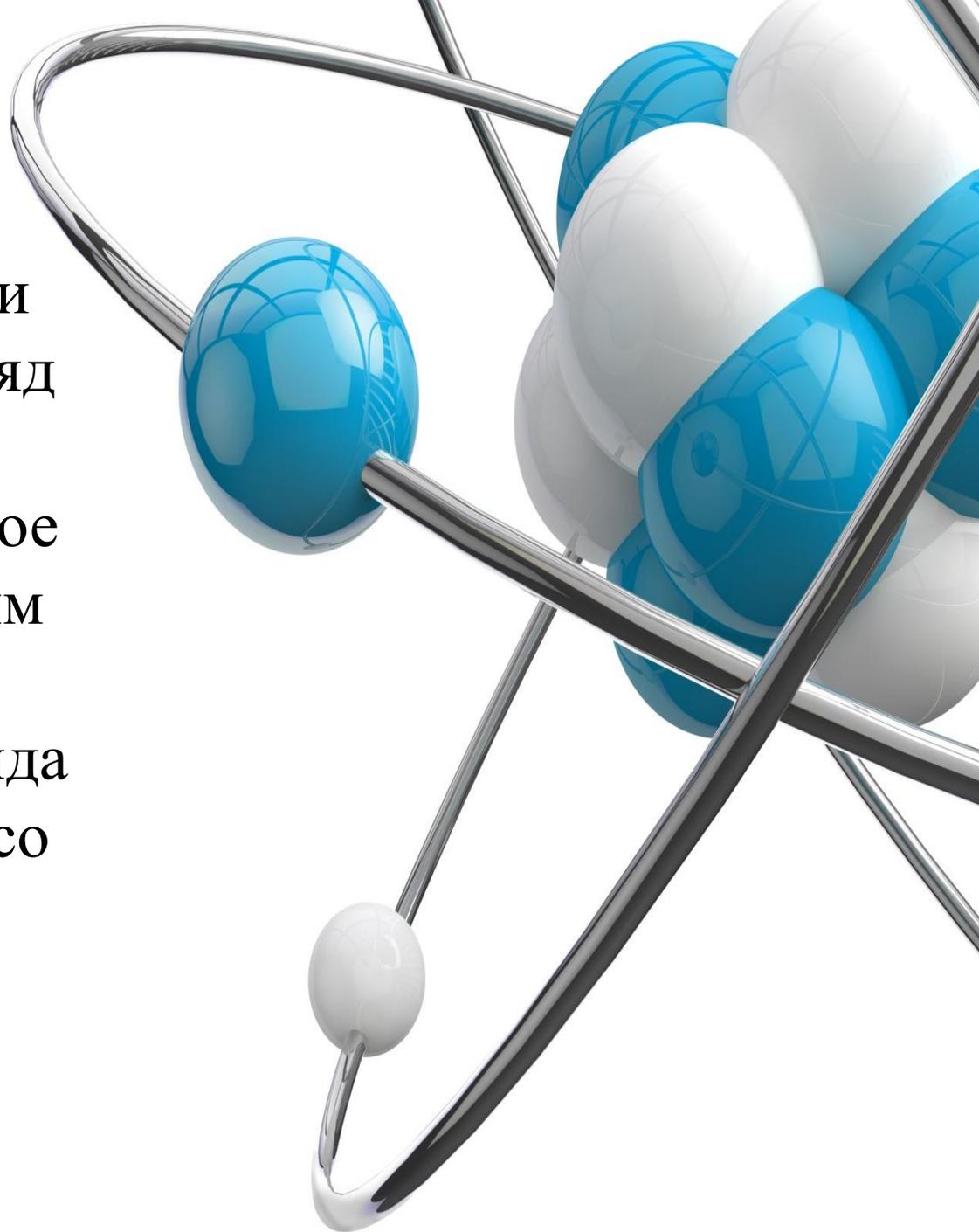
Заряженные тела притягивают или отталкивают друг друга. При перемещении заряженных тел действующие на них силы совершают работу. Из механики известно, что система, способная совершить работу благодаря взаимодействию тел друг с другом, обладает потенциальной энергией.

Значит, система заряженных тел обладает потенциальной энергией, называемой *электростатической* или *электрической*



С точки зрения теории
близкодействия на заряд
непосредственно
действует электрическое
поле, созданное другим
зарядом.

При перемещении заряда
действующая на него со
стороны поля сила
совершает работу.



Работа при перемещении заряда

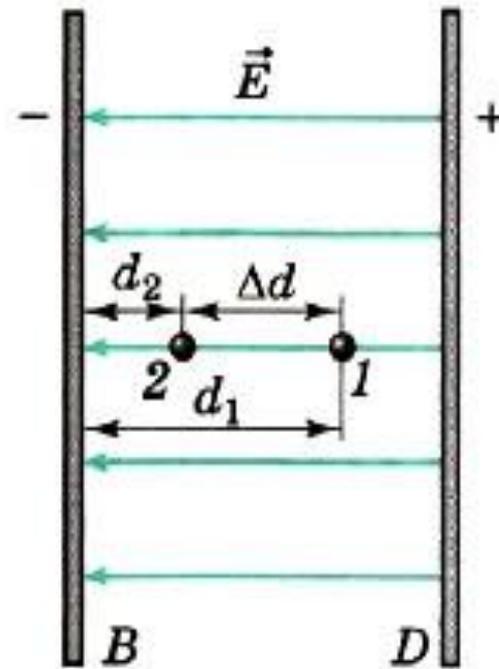
В однородном

электростатическом поле

**Однородное поле
создают большие
металлические
пластины, имеющие
заряды**

$F = qE$ **одного знака.**

$$\Delta d = d_1 - d_2$$



$$A = qE(d_1 - d_2) = qE\Delta d$$

Это поле действует на заряд q с постоянной силой

$$F = qE$$

подобно тому, как Земля действует с постоянной силой

$$F = mg$$

на камень вблизи её поверхности.



Потенциальная энергия

Поскольку работа электростатической силы не зависит от формы траектории точки её приложения, сила является консервативной, и её работа равна изменению потенциальной энергии, взятому с противоположным знаком:

$$A = -(W_{p_2} - W_{p_1}) = -\Delta W_p$$

Потенциальная энергия

Важно!

Потенциальная энергия заряда в однородном электростатическом поле равна:

$$W_{\text{п}} = qEd,$$

где d — расстояние от точки 2 до любой точки, находящейся с точкой 2 на одной силовой линии.

Важно!

На замкнутой траектории, когда заряд возвращается в начальную точку, работа поля равна нулю:

$$A = -\Delta W_{\text{п}} = -(W_{\text{п1}} - W_{\text{п1}}) = 0.$$

**На замкнутой траектории, когда заряд
возвращается
в начальную точку, работа поля
равна нулю.**

$$A = -\Delta W_n = -(W_{n_1} - W_{n_2}) = 0$$

Потенциал поля

Важно!

На замкнутой траектории работа электростатического поля всегда равна нулю.

Запомни!

Поле, работа которого по перемещению заряда по замкнутой траектории всегда равна нулю, называют **потенциальным**.

Запомни!

**Потенциалом точки
электростатического поля**

называют отношение потенциальной энергии заряда, помещённого в данную точку, к этому заряду.

$$\varphi = \frac{W_{\text{п}}}{q}. \quad (W_{\text{п}} \rightarrow 0 \text{ при } r \rightarrow \infty.)$$

Потенциал поля неподвижного точечного заряда q в данной точке поля, находящейся на расстоянии r от заряда, равен:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r}$$

Потенциал φ — скаляр, это *энергетическая характеристика поля*; он определяет потенциальную энергию заряда q в данной точке поля.

Потенциал однородного поля в точке, отстоящей на расстоянии d от неё, равен:

$$\varphi = \frac{W_{\text{п}}}{q} = Ed.$$

Разность потенциалов

Запомни!

Разность потенциалов называют также **напряжением**.

Важно!

Разность потенциалов (напряжение) между двумя точками равна отношению работы поля при перемещении положительного заряда из начальной точки в конечную к этому заряду.

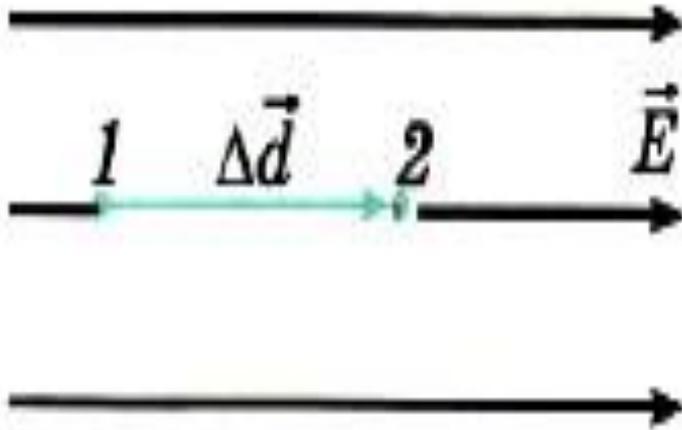
$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}.$$

Единица разности потенциалов

Важно!

Разность потенциалов между двумя точками численно равна единице, если при перемещении заряда в 1 Кл из одной точки в другую электрическое поле совершает работу в 1 Дж. Эту единицу называют вольт (В):

$$1 \text{ В} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ Кл.}$$



Модуль вектора напряжённости поля равен:

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta d} = \frac{U}{\Delta d}.$$

В этой формуле U — разность потенциалов между точками 1 и 2, лежащими на одной силовой линии поля

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta d} = \frac{U}{\Delta d}.$$

Формула показывает: чем меньше меняется потенциал на расстоянии Δd , тем меньше напряжённость электростатического поля. Если потенциал не меняется совсем, то напряжённость поля равна нулю.

Важно!

Напряжённость электрического поля направлена в сторону убывания потенциала.

Единица напряжённости электрического поля

Важно!

Напряжённость электрического поля численно равна единице, если разность потенциалов между двумя точками, лежащими на одной силовой линии, на расстоянии 1 м в однородном поле равна 1 В.

Единица напряжённости
— *вольт на метр* (В/м)

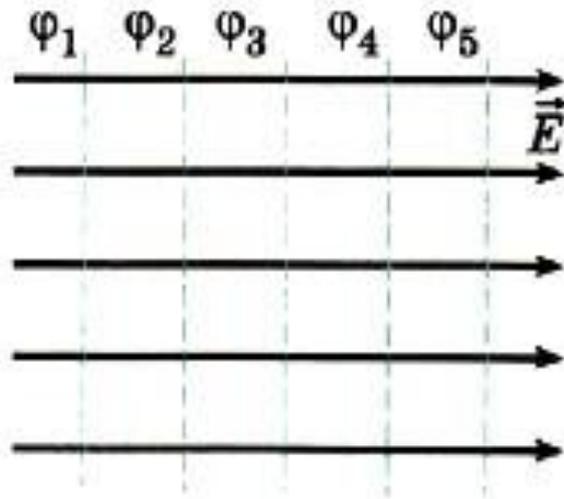
Эквипотенциальные поверхности

Запомни!

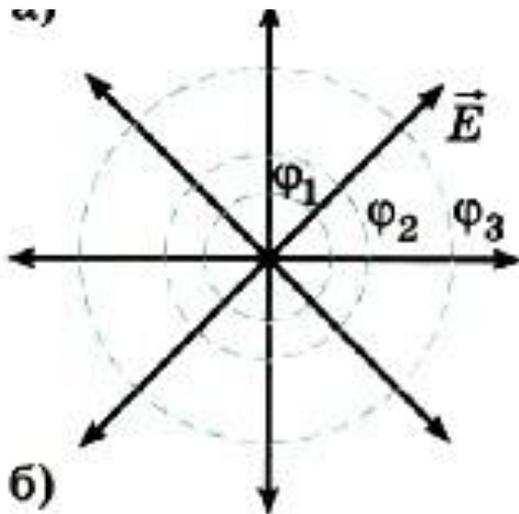
Поверхности равного потенциала называют **ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНЫМИ**.

Важно!

Эквипотенциальной является поверхность любого проводника в электростатическом поле. Ведь силовые линии перпендикулярны поверхности проводника. Причём не только поверхность, но и все точки внутри проводника имеют один и тот же потенциал. Напряжённость поля внутри проводника равна нулю, значит, равна нулю и разность потенциалов между любыми точками проводника.

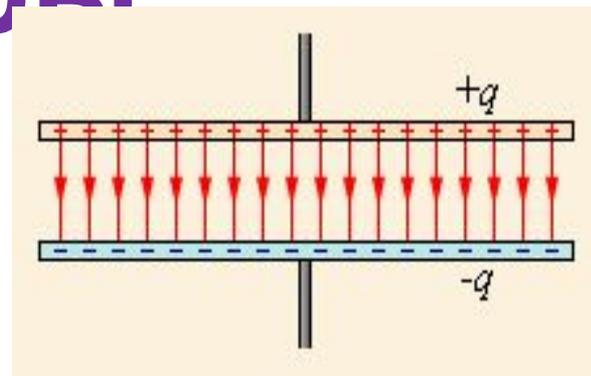
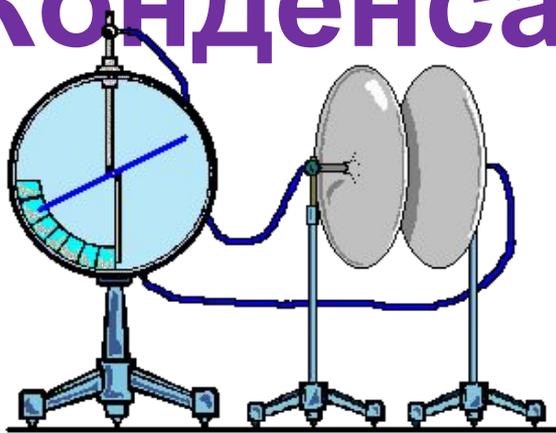


Эквипотенциальные
поверхности
однородного поля
представляют собой
плоскости



Эквипотенциальные
поверхности поля
точечного заряда
представляют собой
концентрические сферы

- **Электроемкость.
Конденсаторы**



ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ

- **Электроемкость** — величина, характеризующая способность проводника или системы проводников накапливать электрический заряд. За величину электроемкости системы проводников принимают отношение модуля заряда одного из проводников к разности потенциалов между этим проводником и соседним.

ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ

Формула расчета:

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

C – емкость двух заряженных проводников

q – заряд проводника (Кл)

U – разность потенциалов между проводниками (В)

ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ

- Единица электроемкости **1Ф (фарад)**

Электроемкость

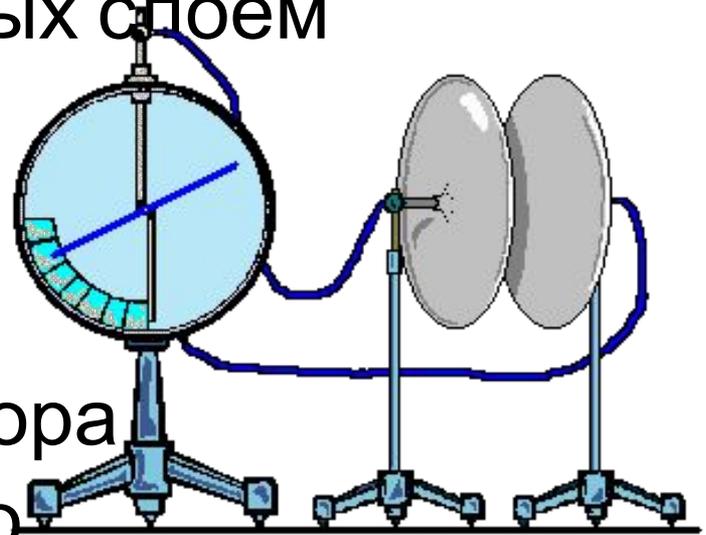
не зависит от q , U и вида материала

зависит от геометрических размеров и среды

- $1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$
- $1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$
- $1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$
- *Электроемкость земного шара 700мкФ*

КОНДЕНСАТОР

– система из двух плоских проводящих пластин (**обкладок**) расположенных параллельно друг другу на малом по сравнению с размерами пластин расстоянии и разделенных слоем диэлектрика. Такой конденсатор называется **плоским**. Электрическое поле плоского конденсатора в основном локализовано между пластинами



Электроемкость конденсатора

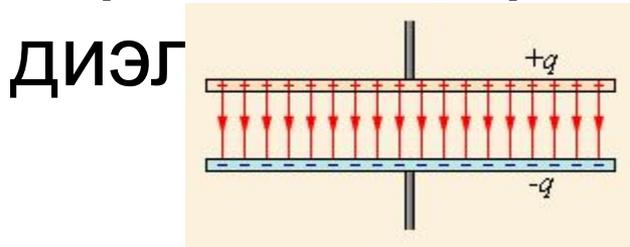
- От каких величин зависит
электроемкость конденсатора

[Видеоролик](#)

*Электроемкость зависит от площади
пластин, расстояния между ними и
свойств диэлектрика, размещенного
между обкладками*

ПЛОСКИЙ КОНДЕНСАТОР

– состоит из двух параллельных пластин, заряженных противоположными зарядами, и разделенных слоем диэла



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

ϵ - диэлектрическая проницаемость

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/Н·м² - постоянная величина

S – площадь пластин (м²)

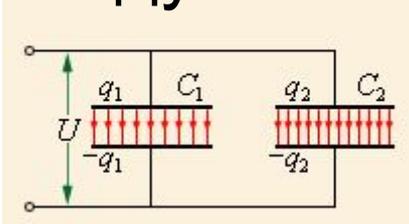
d – расстояние между пластинами (м)

ВИДЫ КОНДЕНСАТОРОВ

	Воздушный	<p>Значительного увеличения ёмкости за счёт уменьшения расстояния между обкладками достигают в так называемых электролитических конденсаторах. Диэлектриком в них служит очень тонкая плёнка оксидов, покрывающих одну из обкладок. Второй обкладкой служит бумага, пропитанная раствором специального вещества (электролита). При включении электролитических</p>
	Бумажный	
	Высоковольтный	
	Слюдяной	
	Электролитический	

Соединение конденсаторов

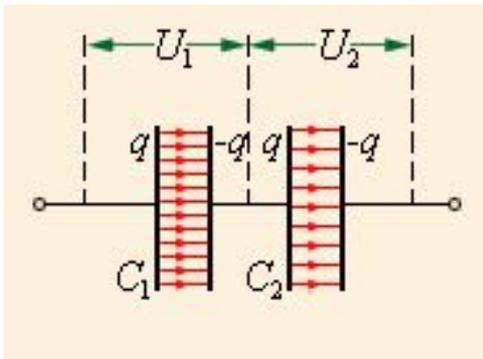
- Конденсаторы могут соединяться между собой, образуя батареи конденсаторов. При **параллельном соединении** конденсаторов напряжения на конденсаторах одинаковы: $U_1 = U_2 = U$, а заряды равны $q_1 = C_1 U$ и $q_2 = C_2 U$. Такую систему можно рассматривать как единый конденсатор емкости C , заряженный зарядом $q = q_1 + q_2$ при напряжении между обкладками равном U . Отсюда следует



$$C = \frac{q_1 + q_2}{U} \quad \text{или} \quad C = C_1 + C_2$$

Соединение конденсаторов

- При последовательном соединении одинаковыми оказываются заряды обоих конденсаторов: $q_1 = q_2 = q$, а напряжения на них равны $U_1 = \frac{q}{C_1}$ и $U_2 = \frac{q}{C_2}$. Такую систему можно рассматривать как единый конденсатор, заряженный зарядом q при напряжении между обкладками $U = U_1 + U_2$. Следовательно,



$$C = \frac{q}{U_1 + U_2} \quad \text{или} \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

ЭНЕРГИЯ КОНДЕНСАТОРА

- Конденсатор способен долгое время удерживать на своих обкладках *заряды*, которые, протекая по электрическим цепям, могут *совершать работу*. Следовательно, заряженный конденсатор обладает *энергией*. В отличие от других источников энергии, конденсатор запасенную энергию отдает за очень малое время (мкс).

ЭНЕРГИЯ КОНДЕНСАТОРА

$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

W_p – энергия электрического поля заряженного конденсатора

q – модуль заряда любого из проводников конденсатора

U – разность потенциалов между проводниками

C – емкость конденсатора

КОНДЕНСАТОР ПЕРЕМЕННОЙ ЕМКОСТИ

- В радиотехнике широко применяют конденсаторы переменной ёмкости. Такой конденсатор состоит из двух систем металлических пластин, которые при вращении рукоятки могут входить одна в другую, тем самым изменяется перекрывающаяся часть пластин и, следовательно, их ёмкость. Диэлектриком в таких конденсаторах служит воздух.



ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ

- При быстром разряде конденсатора можно получить импульс большой мощности (фотовспышка, лазер) - **демонстрация**
- Так как конденсатор способен длительное время сохранять заряд, то его можно использовать в качестве элемента памяти или устройства хранения электрической энергии.
- Для разделения цепей постоянного и переменного тока
- В люминесцентных лампах