



**Корпускулярная и  
континуальная  
концепции  
описания природы**

# Корпускулярная концепция

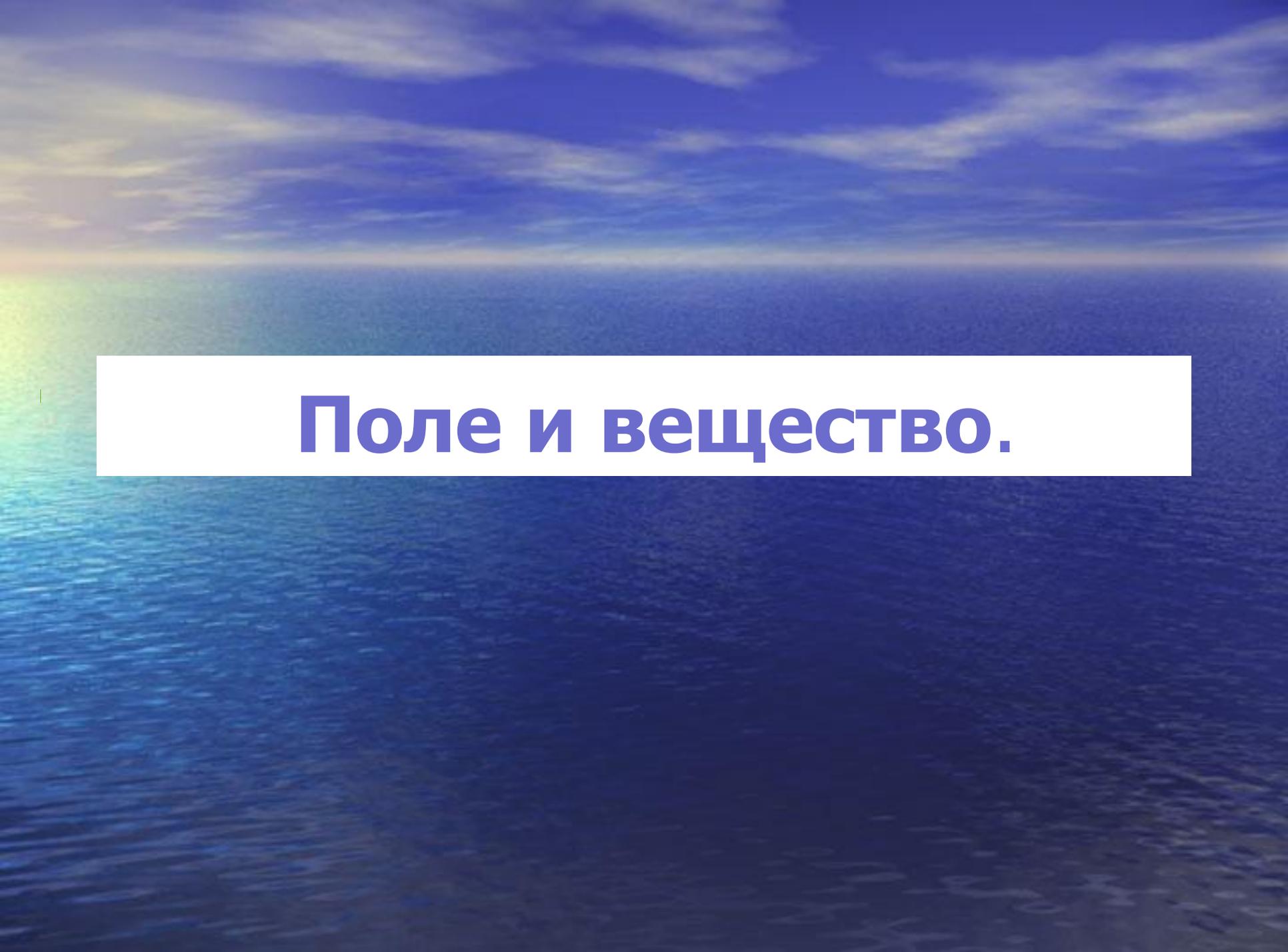
- **Концепция атомизма: поиск «элементарных не делимых кирпичиков» мироздания - атомов.**

# Континуальная концепция

- **Материя непрерывна и бесконечно делима**

# Дискретность (корпускулярность) и непрерывность (континуальность) материи

- Демокрит – материя состоит из атомов.
- Аристотель – материя непрерывна.
- Ньютон – свет это частицы.
- Гюйгенс – свет это волны.
- Классическая физика – поле непрерывно, а вещество дискретно.
- Квантовая физика – поля и микрочастицы обладают свойствами непрерывности и дискретности.



**Поле и вещество.**

# Концепции дальнего действия и ближнего действия

- После работ Ньютона и триумфа закона тяготения утвердилось представление о том, что **взаимодействие между телами осуществляется непосредственно через пустое пространство, причем происходит мгновенно**. Например считалось, что перемещение Земли должно сразу же приводить к изменению силы тяготения, действующей на Луну. В этом состояла так называемая **концепция дальнего действия**.

После открытия и исследования электромагнитного поля эти представления были опровержены. Скорость распространения электромагнитного поля равна скорости света (в вакууме –  $3 \cdot 10^8$  м/с).

Любое взаимодействие не может передаваться со скоростью большей, чем скорость света.

- Возникла новая **концепция – близкодействия**, которая затем была распространена на любые другие взаимодействия. Согласно этой концепции **взаимодействие между частицами осуществляется посредством тех или иных полей, скорость распространения которых в пространстве не может быть больше скорости света.**

# Виды полей и радиус их действия

● Гравитационное	} $R_{\text{д}} =$	_____
● Электромагнитное		
● Поле ядерных сил или поле сильного взаимодействия	} $R_{\text{д}} \approx 10^{-15}$	_____
● Поле слабого взаимодействия		

Действуют в пределах ядра

Поле ядерных сил ответственно за взаимодействие нуклонов в ядре, а поле слабого взаимодействия обуславливает некоторые виды ядерных распадов элементарных частиц.

# **Эти поля ответственны за все взаимодействия в природе и поэтому эти 4 взаимодействия назвали фундаментальными**

- **В классической физике поле и вещество противопоставляются друг другу как два вида материи, качественно отличающихся друг от друга.** Но эти формы материи равноценны, т.к. для тех и других выполняются такие общие законы природы, как закон сохранения энергии и т. д.
- Различие между этими двумя формами материи не абсолютно. Квантовая физика внесла идею о двойственной корпускулярно-волновой природе любого микрообъекта и показала взаимосвязь этих форм материи. Так микрочастицы могут проявлять волновые свойства, а поля корпускулярные.

## Вещество

## Поле

**Вещество – дискретно  
(корпускулярно) и ограничено  
в пространстве**

**Поле безгранично и непрерывно в  
пространстве**

**Суть концепции атомизма –  
корпускулярная концепция**

**Суть континуальной концепции -  
непрерывность характеристик  
поля**

**Частицы веществ: молекулы,  
атомы, протоны, нейтроны и  
электроны в большей или  
меньшей степени разделены  
друг от друга**

**Основная роль поля – передача  
взаимодействий, поля  
непрерывны**

Рассматривается в каждый момент конкретная область пространства, в которой находится тело

В заданном месте пространства может одновременно находиться только одно материальное тело.

Для движения материальных тел применимо понятие траектории.  
Тела движутся в пространстве со скоростями, меньшими скорости света

Основная характеристика тел – масса

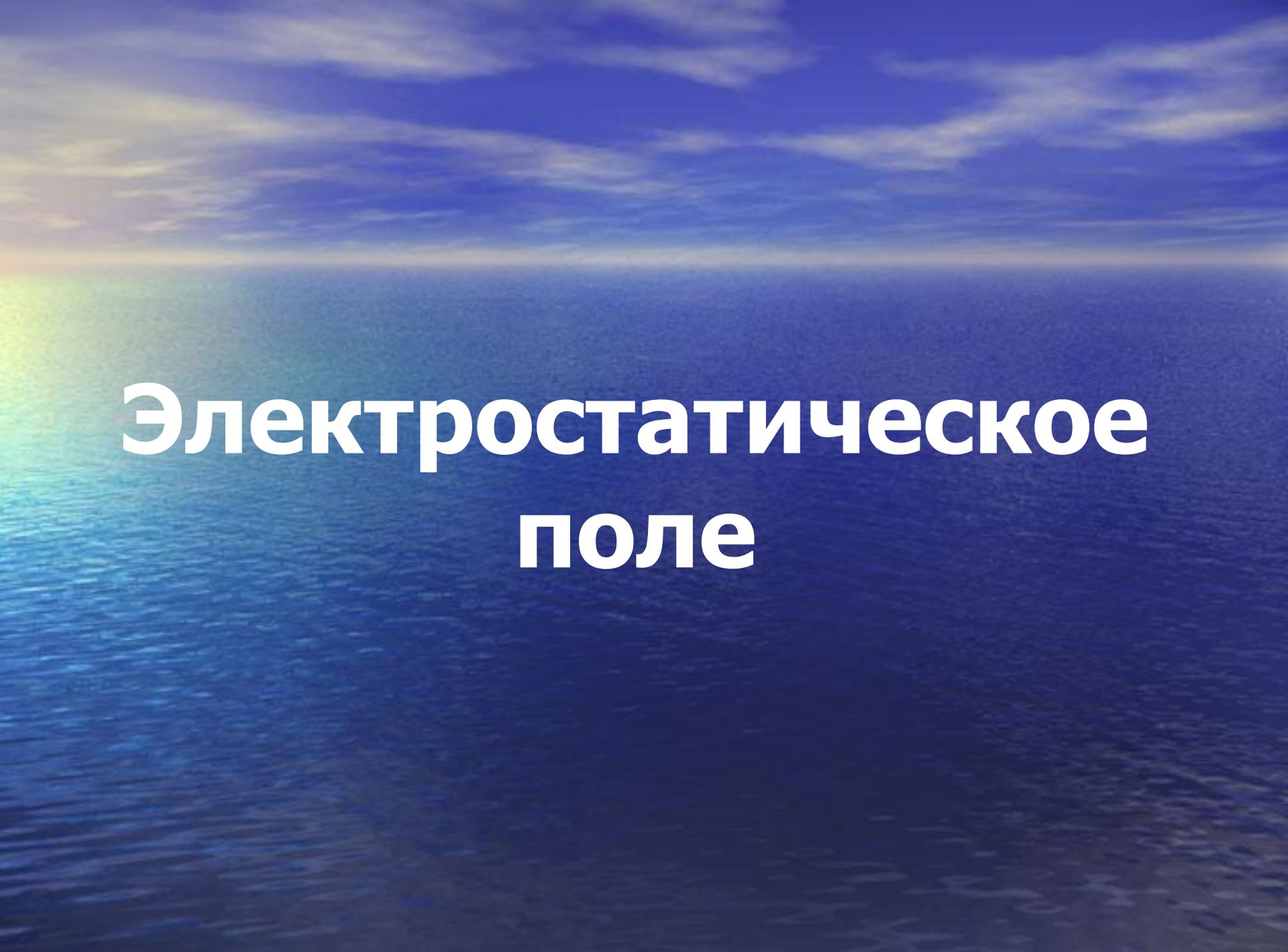
Тела обладают массой покоя

Рассматривается в каждый момент вся область пространства, на которую распространяется его действие поля

В заданном месте пространства могут находиться одновременно многие физические поля.

Движение – это изменение поля.  
Поля распространяются в пространстве в виде волн с конечной скоростью - скоростью света

Основная характеристика полей – сила. Поля не обладают массой покоя.



# Электростатическое поле

# Электрический заряд

- В природе существует **только два типа заряда - положительный и отрицательный**
- **Заряд дискретен – заряд любого тела составляет целое кратное от элементарного заряда:**
- $\pm e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
- **Носители элементарных зарядов:**
- **Электрон ( $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ )**
- **Протон ( $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ )**

# Закон сохранения электрического заряда

- В замкнутой (не обменивающейся зарядами с внешними телами) системе алгебраическая сумма зарядов всех тел остается постоянной:

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

# Электрическое поле в вакууме

- Электрическое взаимодействие, закон Кулона.
- Напряженность электростатического поля.
- Принцип суперпозиции полей.
- Теорема Гаусса
- Потенциал электростатического поля.

# Закон Кулона

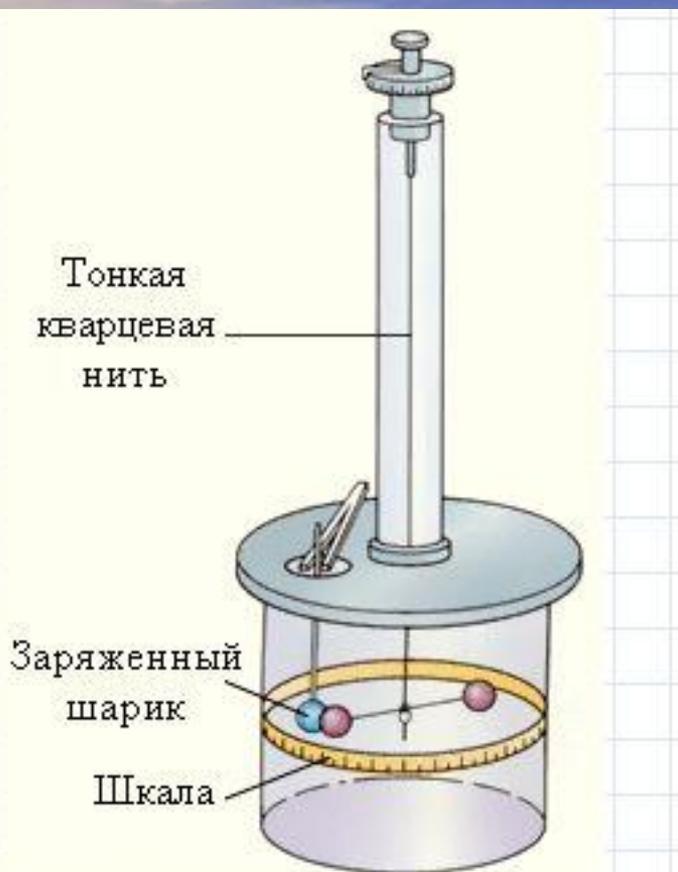


Рисунок 1.1.2.  
Прибор Кулона

- Закон взаимодействия точечных неподвижных зарядов был открыт французским физиком Ш. Кулоном в 1785 г. **Точечным зарядом** называют заряженное тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.

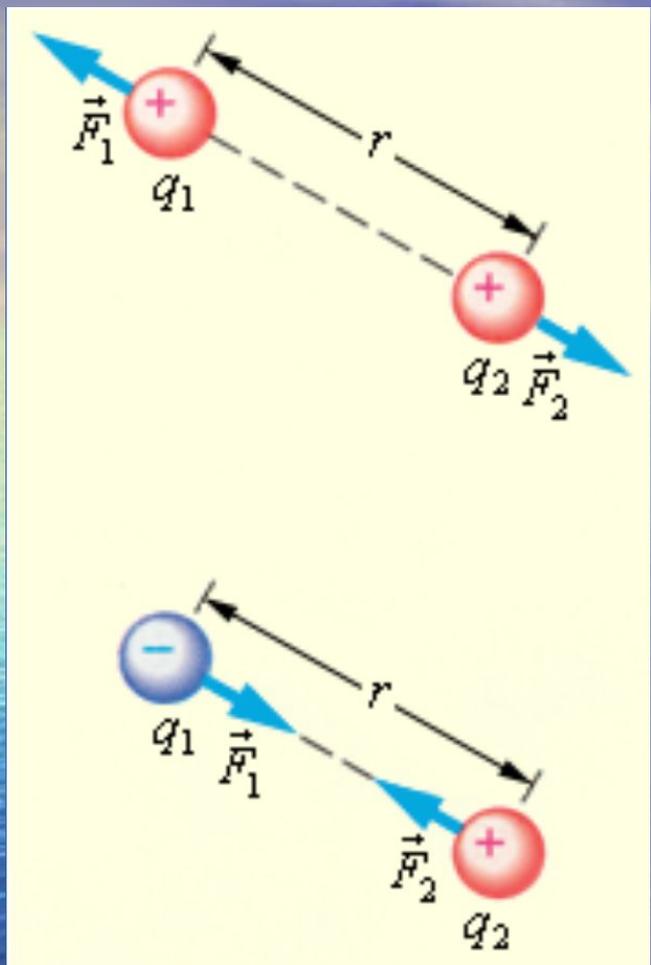
# Закон Кулона

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2},$$

*или в векторной форме*

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

- **Силы взаимодействия неподвижных зарядов прямо пропорциональны произведению модулей зарядов и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними**



**Силы взаимодействия  
одноименных и  
разноименных  
зарядов**

- **Взаимодействие неподвижных электрических зарядов называют электростатическим или кулоновским взаимодействием.**
- **Кулон – это заряд, проходящий за 1 с через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А. Единица силы тока (ампер) в СИ является наряду с единицами длины, времени и массы основной единицей измерения.**

**Коэффициент  $k$  в системе СИ  
обычно записывают в виде:**

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad \text{тогда} \quad F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

**$\epsilon_0$  - электрическая постоянная.**

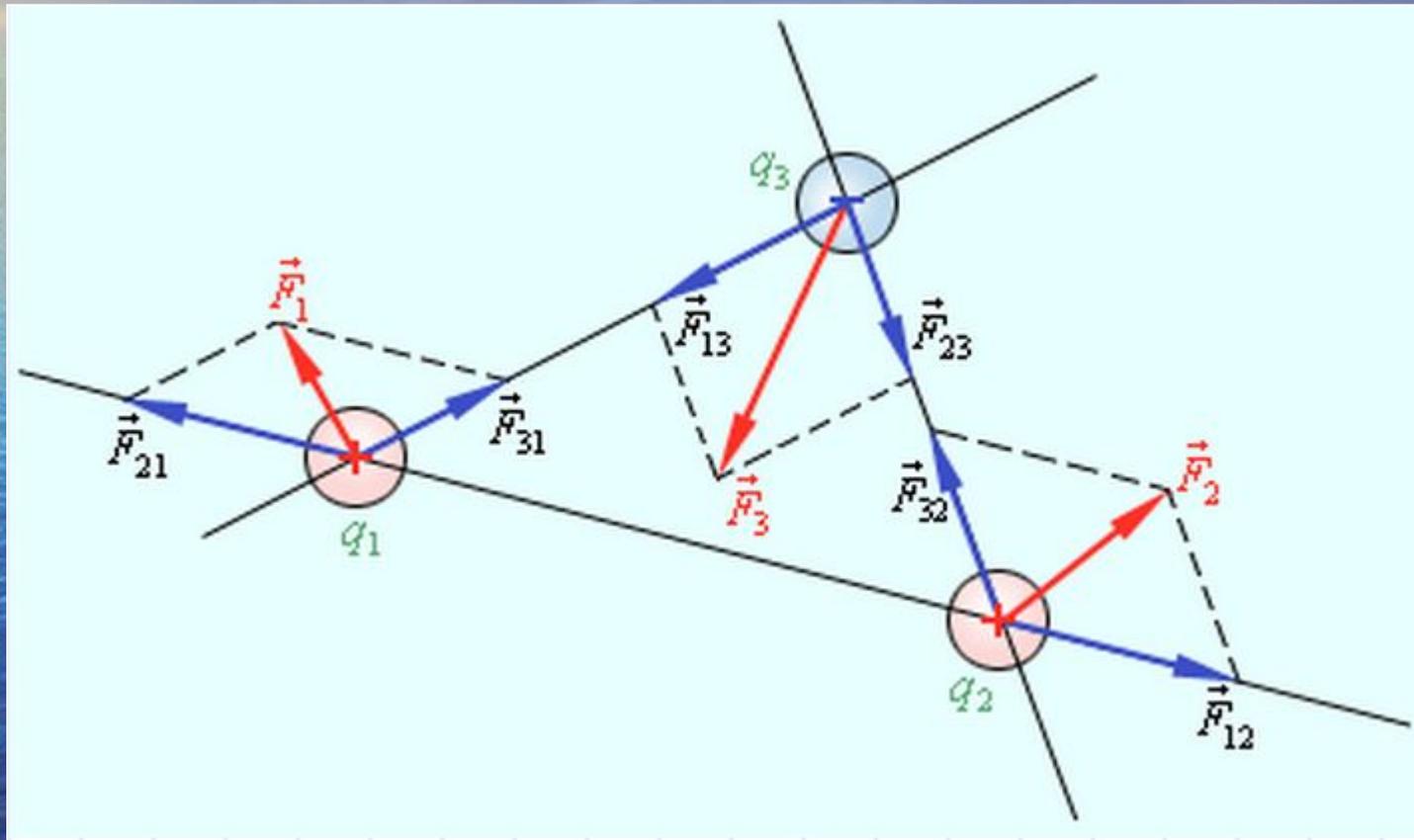
$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2), \text{ или}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м},$$

**где  $\Phi$  [фарад – единица емкости]**

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$$

- Силы кулоновского взаимодействия подчиняются **принципу суперпозиции.**



$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}; \quad \vec{F}_2 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32}; \quad \vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$

# Электростатическое поле.

- Электрические заряды не действуют друг на друга непосредственно. Каждое заряженное тело создает в окружающем пространстве **электростатическое поле**.
- Поле, окружающее заряженное тело, исследуют с помощью так называемого **пробного заряда** – небольшого по величине положительного точечного заряда, который не производит заметного перераспределения исследуемых зарядов.

# Напряженность электростатического поля

Для количественного определения электрического поля водится **силовая** характеристика **напряженность электростатического поля**.

**Напряженностью** электростатического 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  
вектор

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

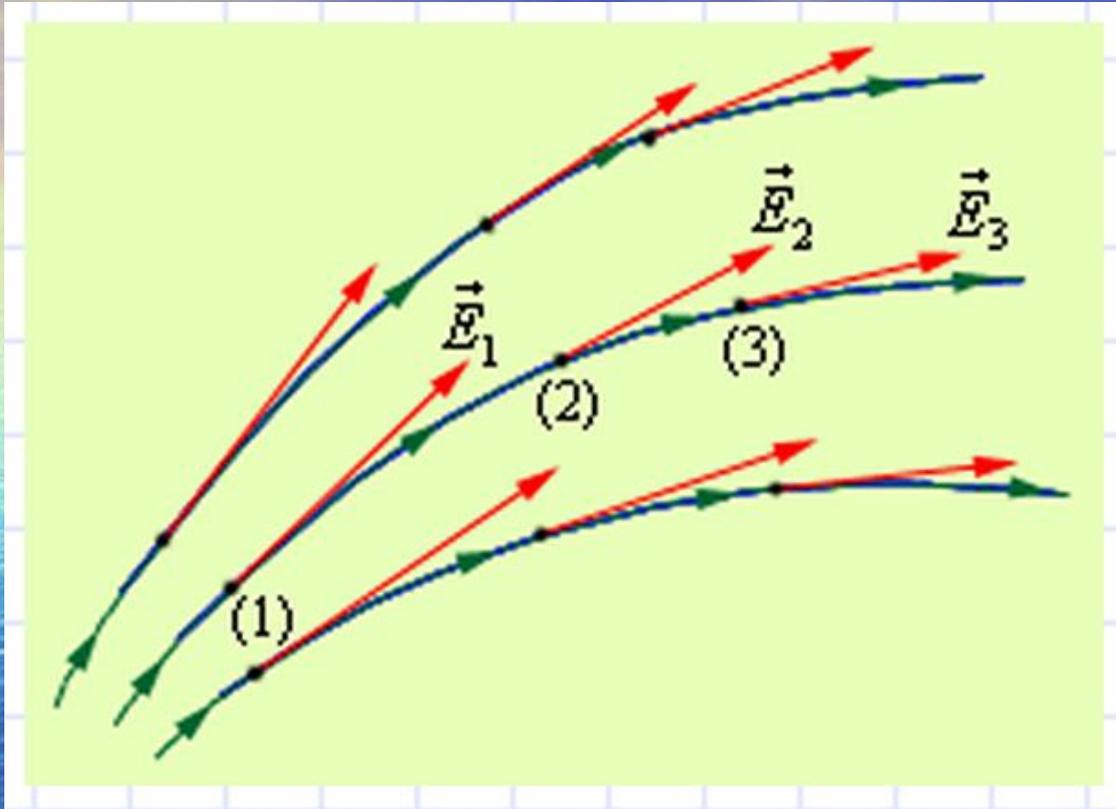
Напряженность точечного заряда  $Q$   
в вакууме

- Единица напряженности – **ньютон на кулон** (Н/К)
- $1 \text{ Н/К} = 1 \text{ В/м}$ , где В (вольт) – единица потенциала электростатического поля.
- Электростатическое поле подчиняется **принципу суперпозиции**:

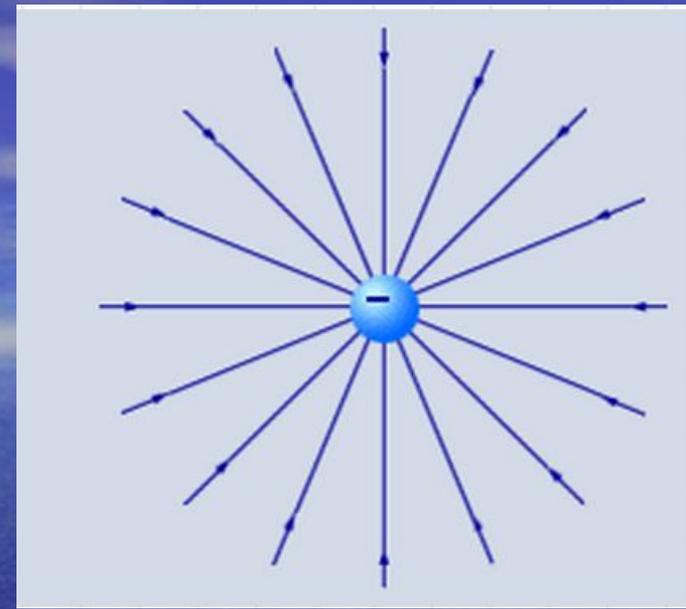
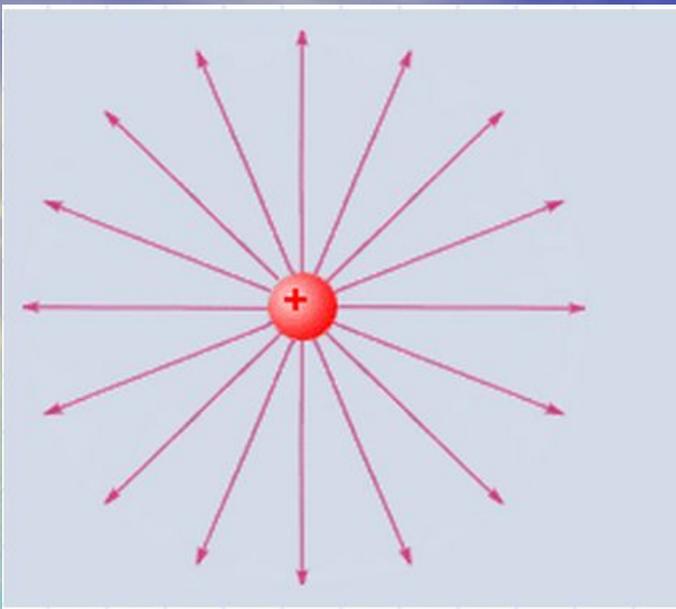
**напряженность электрического поля, создаваемого системой зарядов в данной точке пространства, равна векторной сумме напряженностей электрических полей, создаваемых в той же точке зарядами в отдельности:**

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

# Графическое изображение электростатического поля



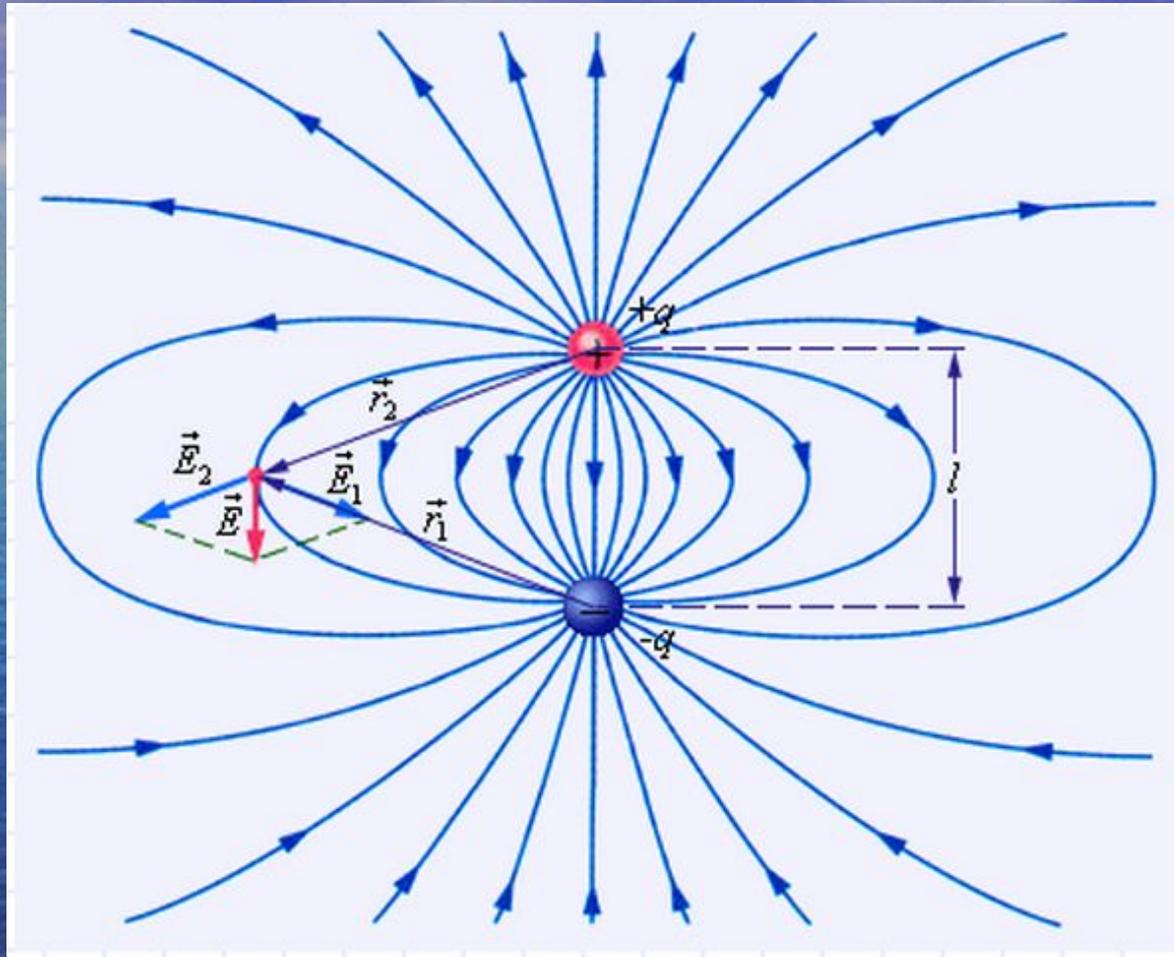
- Для наглядного изображения электростатического поля используют **СИЛОВЫЕ ЛИНИИ**. Эти линии проводят так, чтобы направление вектора в каждой точке совпадало с направлением касательной к силовой линии, а их густота должна быть пропорциональна модулю вектора напряженности поля.



**Силовые линии точечных зарядов**

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^3} \vec{r},$$

# Силловые линии двух разноименных зарядов



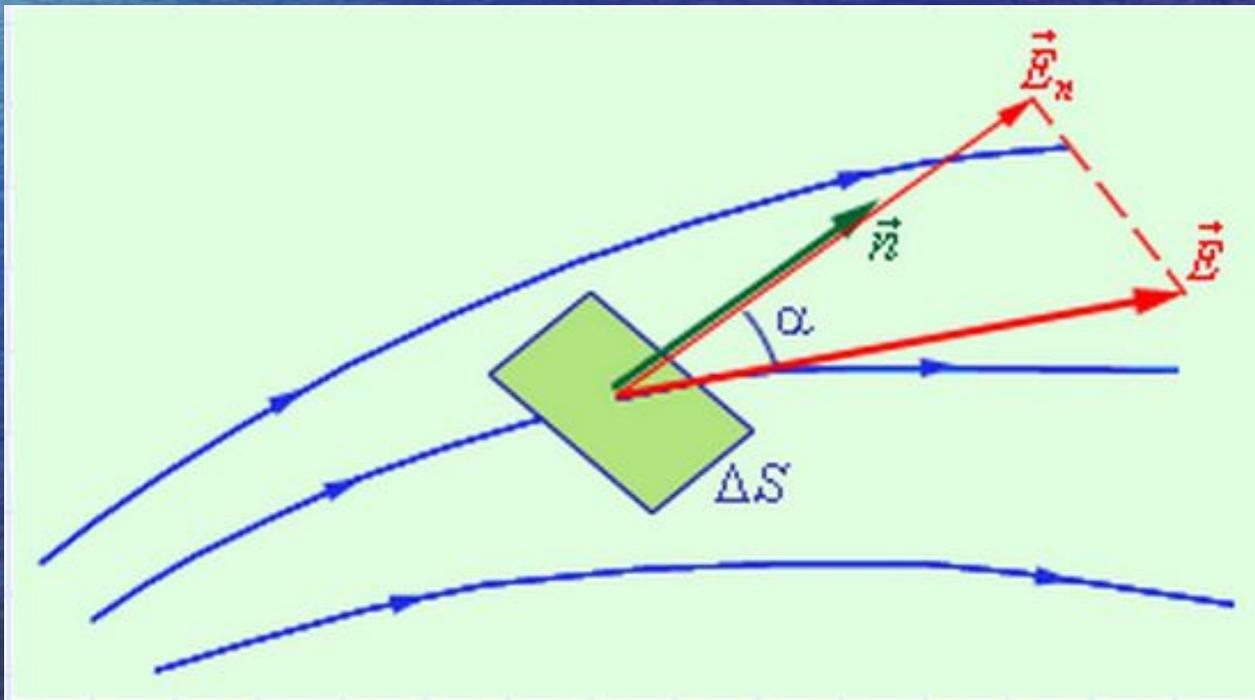
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

# Поток вектора напряженности

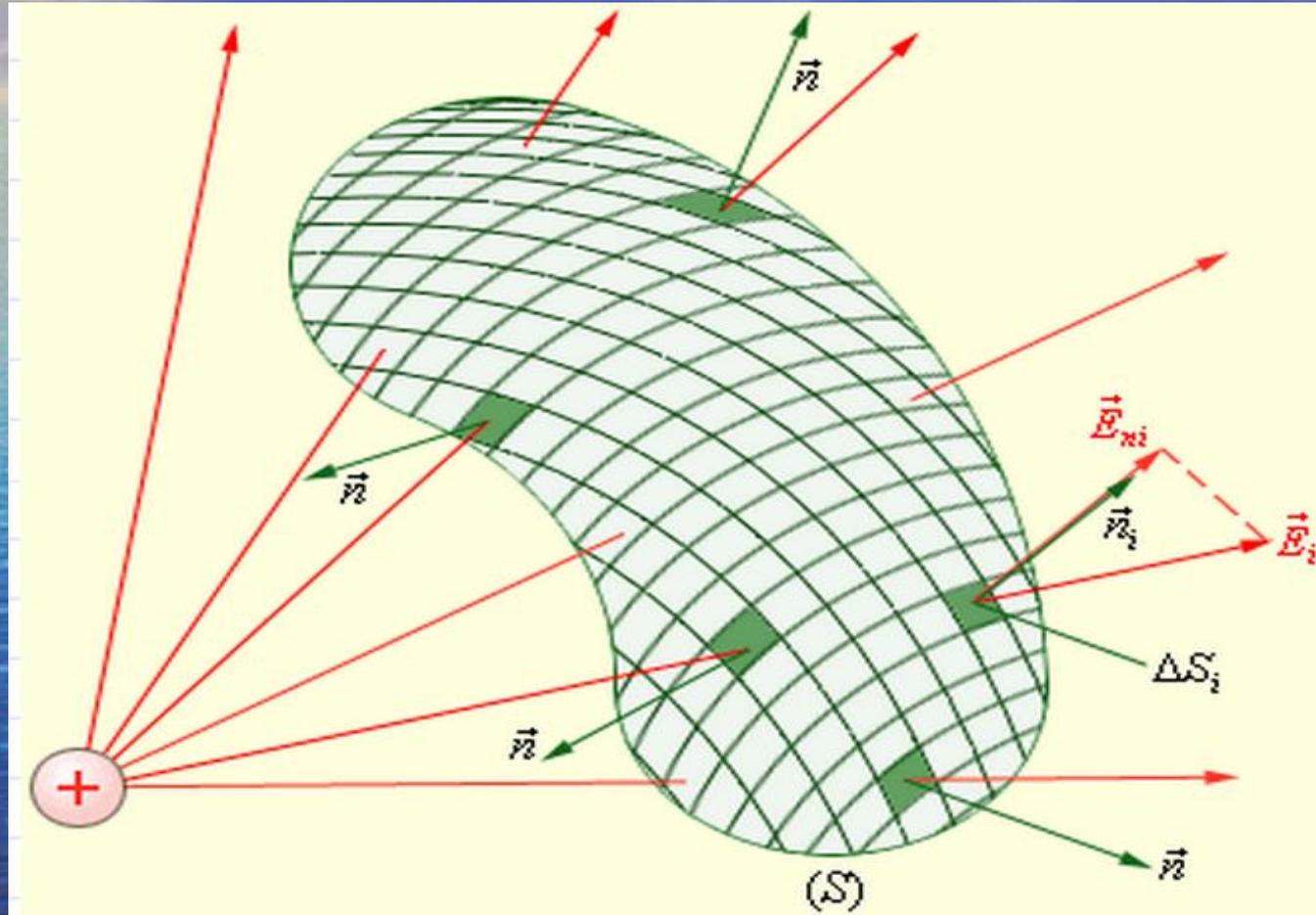
- Произведение модуля вектора  $\vec{E}$  на площадь  $\Delta S$  и на косинус угла  $\alpha$  между вектором и нормалью  $\vec{n}$  к площадке называется **элементарным потоком вектора напряженности** через площадку  $\Delta S$

$\Delta\Phi = E\Delta S\cos\alpha = E_n\Delta S$ , где  $E_n$  модуль нормальной составляющей поля  
Единица потока вектора напряженности поля – **вольт-метр** (В·м)

$\vec{E}$



# Поток вектора напряженности через замкнутую поверхность



$$\Phi = \sum \Delta\Phi_i = \sum E_{ni} \Delta S_i$$

# Теорема Гаусса

- *Теорема Гаусса* утверждает:

**Поток вектора напряженности  $\vec{E}$  электростатического поля через произвольную замкнутую поверхность равен алгебраической сумме зарядов, расположенных внутри этой поверхности, деленной на электрическую постоянную  $\epsilon_0$ .**

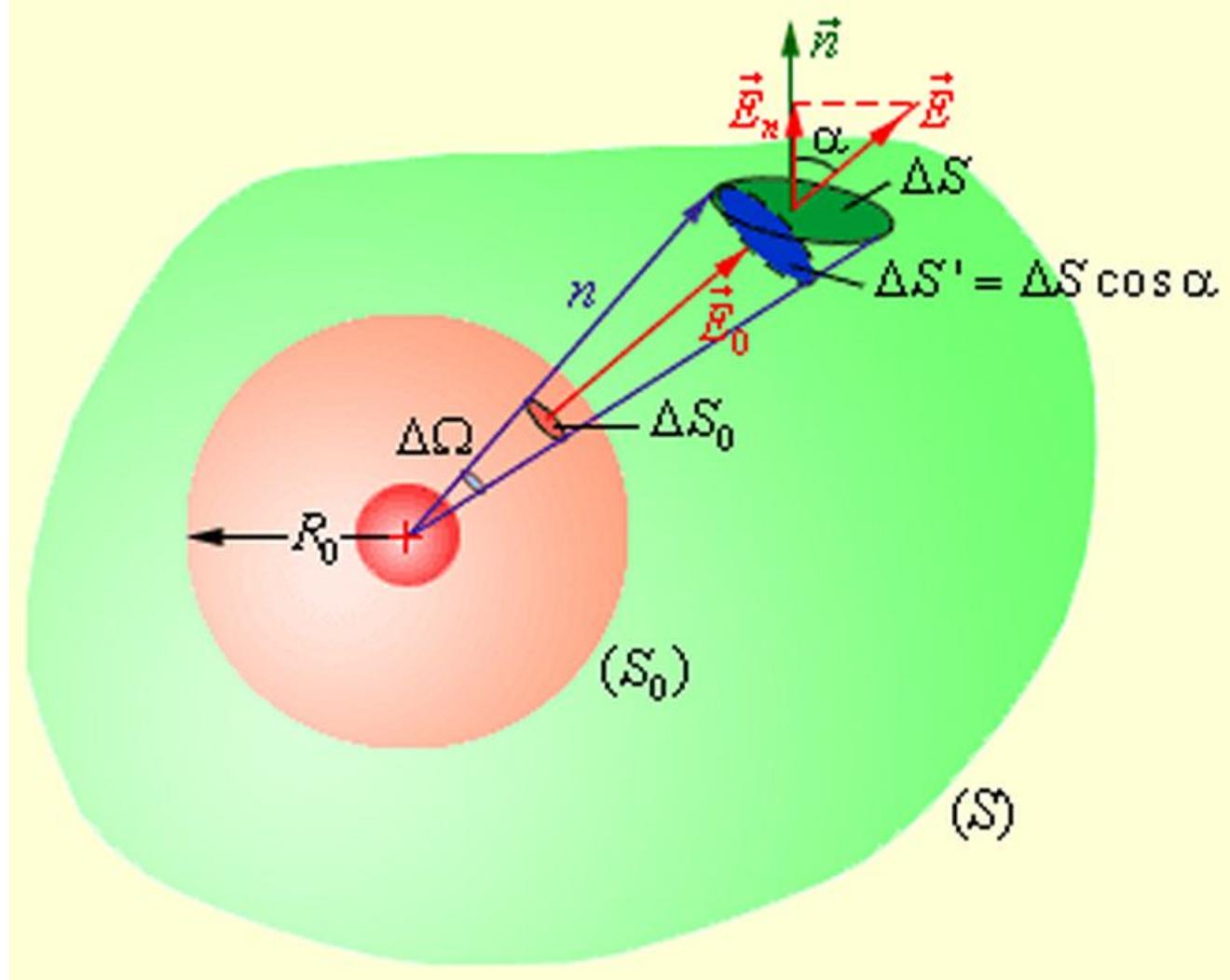
$$\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_{\text{внутр}}$$

Для сферы в каждой  
точке поверхности

$$E = E_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R^2},$$

Где  $R$  – радиус сферы.  
Умножаем на площадь  
поверхности  $S = 4\pi R^2$ .  
Получим:

$$\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} q.$$



$$\Delta\Phi_0 = E_0\Delta S_0, \quad \Delta\Phi = E\Delta S \cos \alpha = E\Delta S',$$

$$E_0 / E = r^2 / R_0^2, \quad \text{а } \Delta S_0 / \Delta S' = R_0^2 / r^2,$$

$$\Delta\Phi_0 = \Delta\Phi. \quad \Phi = \Phi_0 = \frac{q}{\epsilon_0}.$$



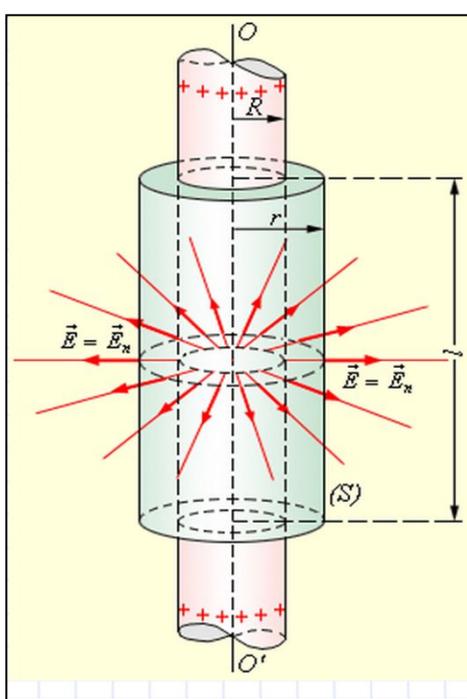
**Использование теоремы  
Гаусса для вычисления  
напряженности  
электростатического поля**

Вычисление поля однородно заряженного цилиндра.  $OO'$  – ось симметрии

$$S = 2\pi r l \quad \Phi = E 2\pi r l = \frac{\tau l}{\epsilon_0},$$

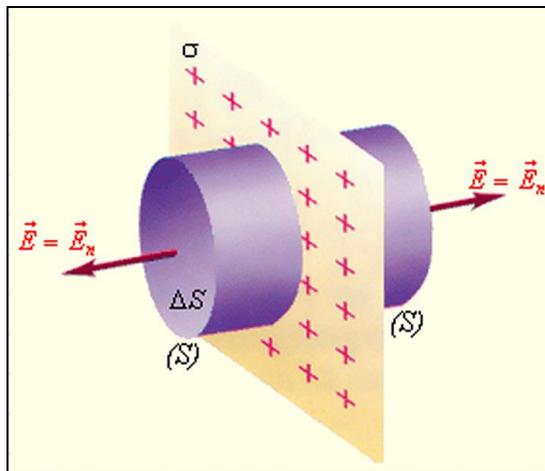
$\tau$  – заряд единицы длины цилиндра

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r'}$$

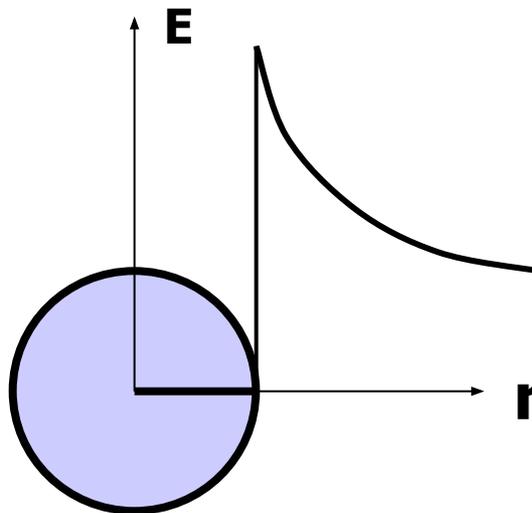
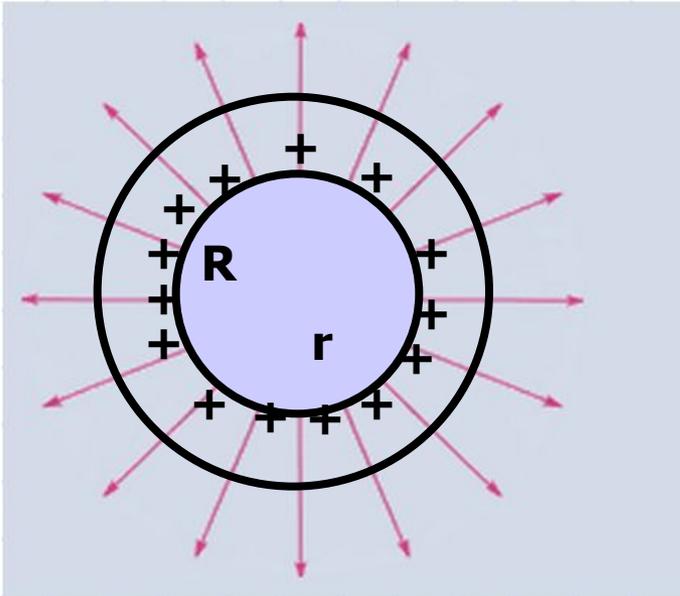


Поле равномерно заряженной плоскости.  $\sigma$  – поверхностная плотность заряда.  $S$  – замкнутая гауссова поверхность

$$2E\Delta S = \frac{\sigma\Delta S}{\epsilon_0} \quad \text{или} \quad E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0},$$

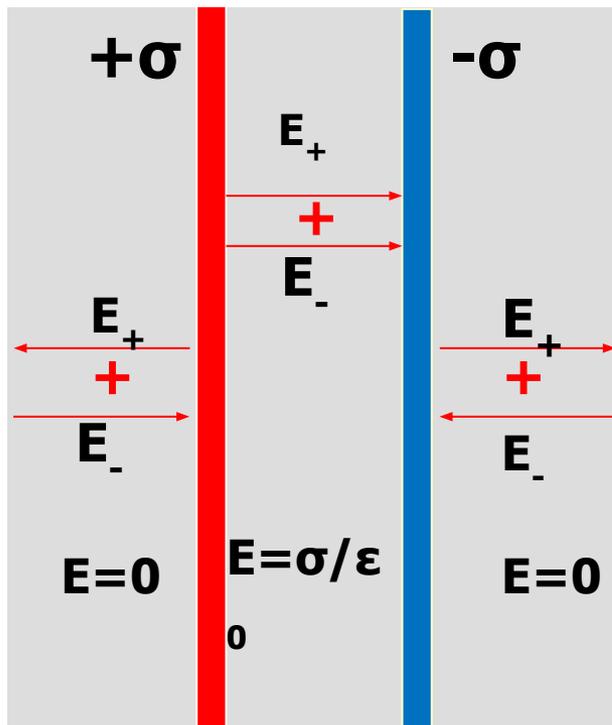


## Поле равномерно заряженной сферы



$$4\pi r^2 E = Q/\epsilon_0$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

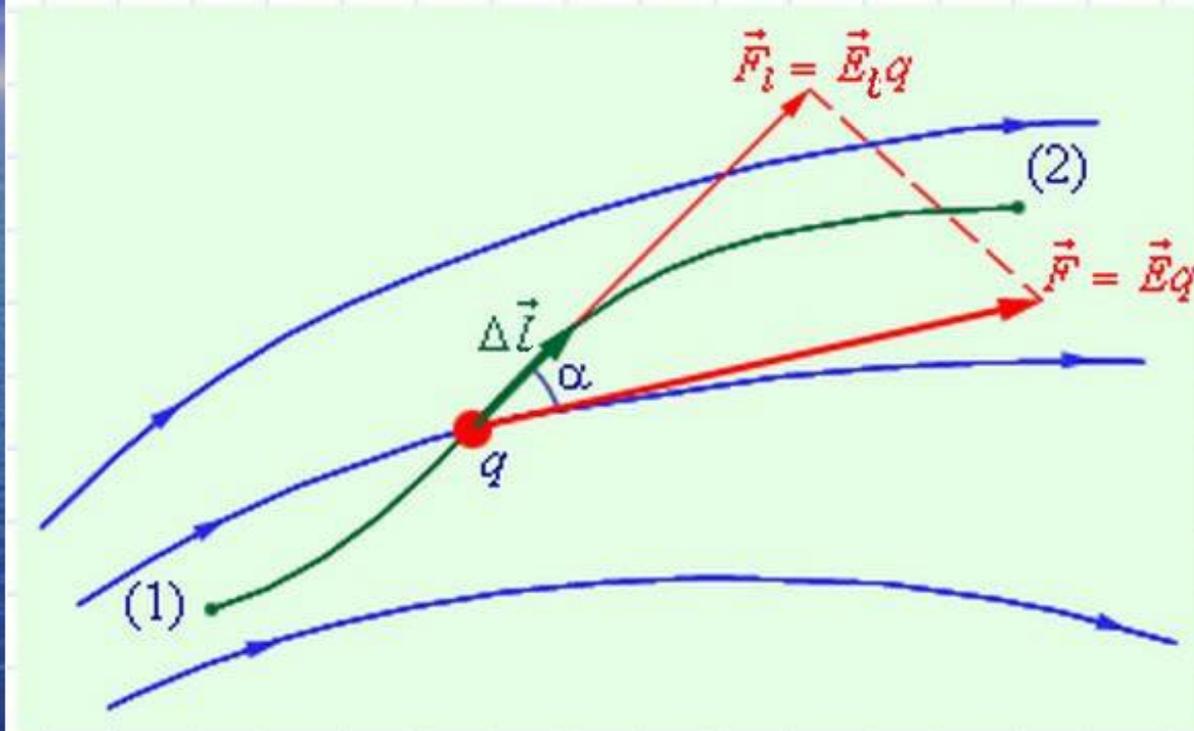


## Поле двух равномерно заряженных бесконечных параллельных плоскостей

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

# Работа в электрическом поле.

$$\Delta A = F \cdot \Delta l \cdot \cos \alpha = Eq \Delta l \cos \alpha = E_l q \Delta l.$$

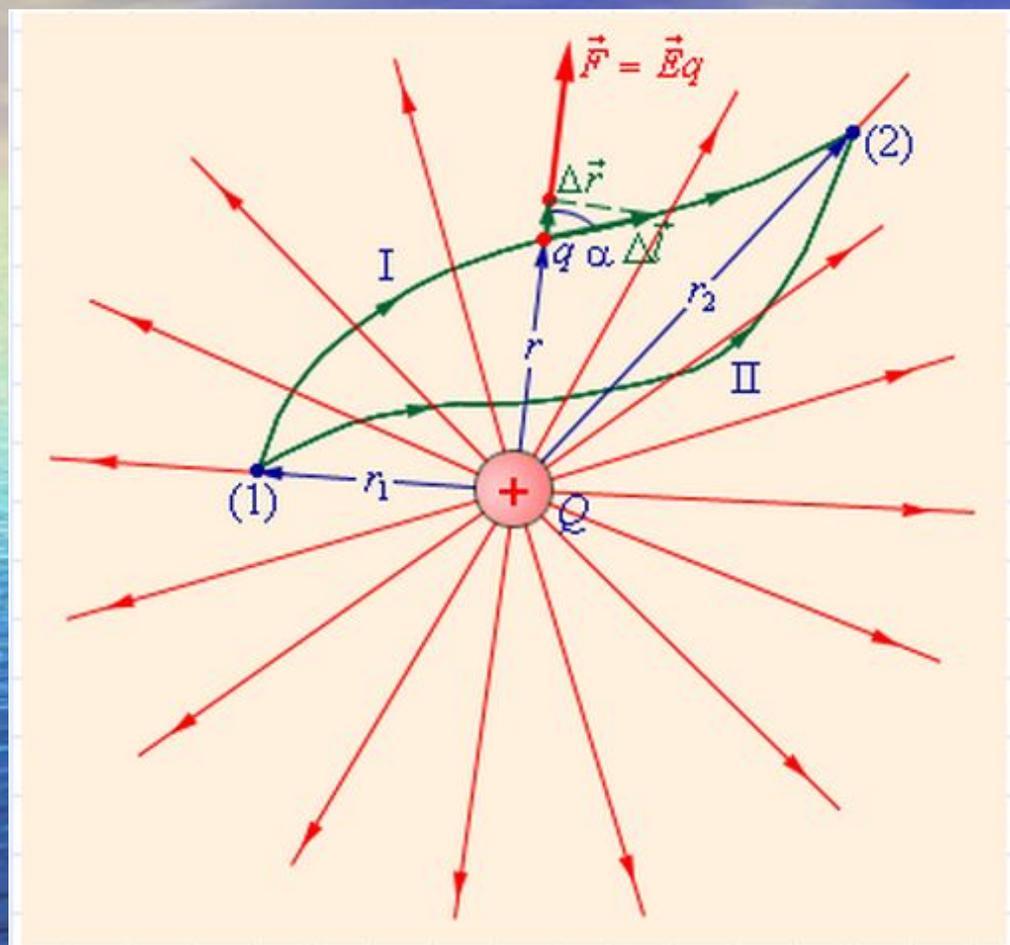


Работа электрических сил при малом перемещении  $\Delta \vec{l}$   
заряда  $q$

- **Работа сил электростатического поля при перемещении заряда из одной точки поля в другую не зависит от формы траектории, а определяется только положением начальной и конечной точек и величиной заряда.**

Следствием независимости работы от формы траектории является следующее утверждение:

- **Работа сил электростатического поля при перемещении заряда по любой замкнутой траектории равна нулю.**
- Силовые поля, обладающие этим свойством, называют ***потенциальными*** или ***консервативными***.



$$\Delta A = F \Delta l \cos \alpha = Eq \Delta r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2} \Delta r.$$

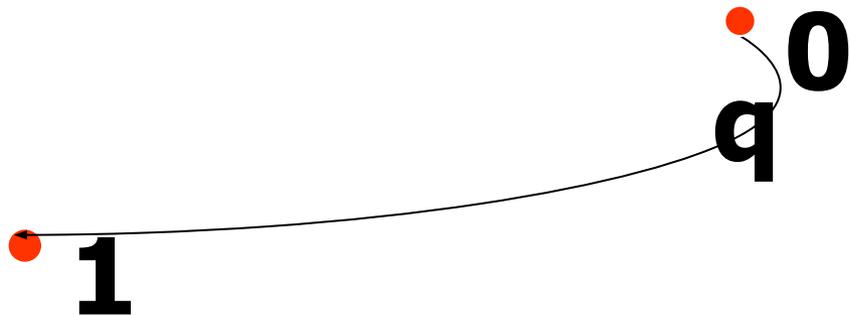
$$A = \int_{r_1}^{r_2} E \cdot q \cdot dr = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right).$$

Работа кулоновских сил при перемещении заряда  $q$  зависит только от расстояний  $r_1$  и  $r_2$  начальной и конечной точек траектории

# Потенциальная энергия заряда в электрическом поле.

- Свойство потенциальности электростатического поля позволяет ввести понятие **потенциальной энергии** заряда в электрическом поле. Для этого в пространстве выбирается некоторая точка (0), и потенциальная энергия заряда  $q$ , помещенного в эту точку, принимается равной нулю.

- Потенциальная энергия  $U$  заряда  $q$ , помещенного в любую точку (1) пространства, относительно фиксированной точки (0) равна работе  $A_{10}$ , которую совершит электростатическое поле при перемещении заряда  $q$  из точки (1) в точку (0)

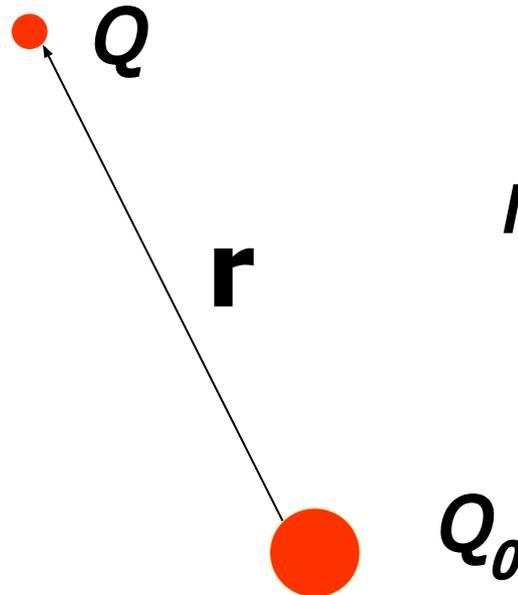


$$A_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_1} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_2} = U_1 - U_2$$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q Q_0}{r} + C$$

При  $r \rightarrow \infty$   $U = 0$ , тогда

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q Q_0}{r}$$



**Для одноименных зарядов  
потенциальная**

**энергия положительна**

**Для разноименных отрицательна**

## *Потенциал $\phi$ электростатического поля*

- **Физическую величину, равную отношению потенциальной энергии электрического заряда в электростатическом поле к величине этого заряда, называют *потенциалом  $\phi$*  электростатического поля:**

$$\phi = U/Q$$

- Потенциал поля в данной точке пространства равен работе, которую совершают электрические силы при удалении единичного положительного заряда из данной точки в бесконечность

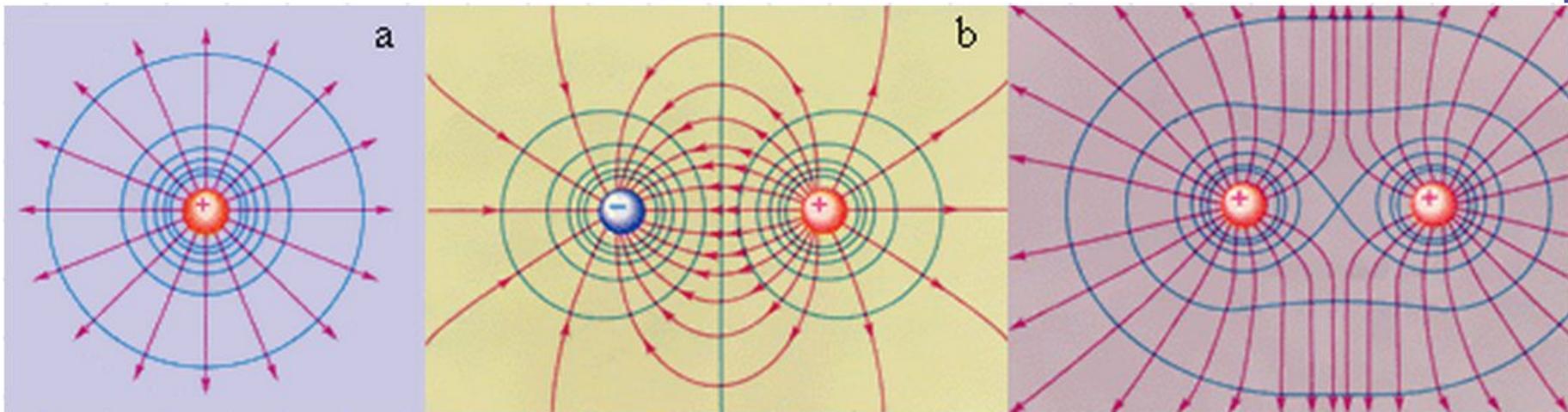
$$\varphi_{\infty} = \frac{A_{\infty}}{q}$$

$$\varphi = \varphi_{\infty} = \frac{1}{q} \int_r^{\infty} E dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_r^{\infty} \frac{dr}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

- В Международной системе единиц (СИ) единицей потенциала является **ВОЛЬТ** (В).  $1 \text{ В} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ Кл}$ .

# Эквипотенциальные поверхности.

- **Поверхность, во всех точках которой потенциал электрического поля имеет одинаковые значения, называется *эквипотенциальной поверхностью* или *поверхностью равного потенциала*.**



- В случае однородного поля эквипотенциальные поверхности представляют собой систему параллельных плоскостей.

# Связь между напряженностью поля и потенциалом.

- Если пробный заряд  $q$  совершил **малое перемещение**  $\Delta l$  **вдоль силовой линии** из точки (1) в точку (2), то можно записать:  
 $\Delta A_{12} = qE\Delta l = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -q\Delta\varphi$ ,  
где  $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$  – изменение потенциала

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta l}; \quad (\Delta l \rightarrow 0) \quad \text{или} \quad E = -\frac{d\varphi}{dl}.$$

# Напряженность как градиент потенциала

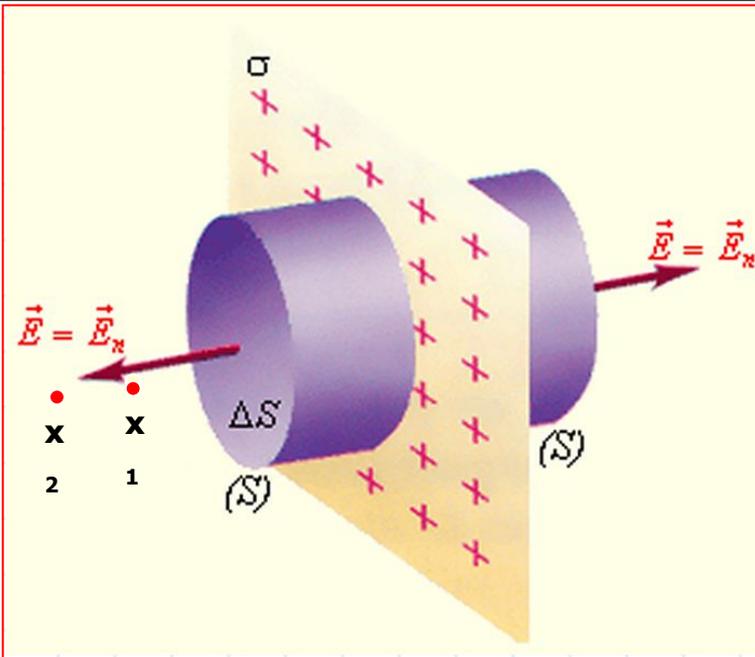
$$\vec{E} = - \left( \frac{\partial \varphi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial \varphi}{\partial z} \vec{k} \right)$$

где  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  — единичные векторы  
координатных осей  $x, y, z$

$$\vec{E} = -grad\varphi = -\Delta\varphi$$

**Знак «-» означает, что поле направлено в сторону  
Убывания потенциала**

# Вычисления разности потенциалов по напряженности поля



$$E = -\frac{\partial\varphi}{\partial x}; \quad \varphi_1 - \varphi_2 = \int_{x_1}^{x_2} E dx =$$
$$= \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} dx = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} (x_2 - x_1)$$

# Единица электроемкости

- *Единица электроемкости – фарад (Ф)*
- **1 Ф** – емкость такого уединенного проводника потенциал которого меняется на 1 В при сообщении ему заряда 1 Кл.
- Из этого следует, что емкостью в 1 Ф обладал бы уединенный шар, в вакууме и имеющий радиус  $R = C/(4\pi\epsilon_0) \approx 9 \cdot 10^6$  км.
- Электроемкость Земли  $C \approx 0,7$  Ф

# Конденсаторы

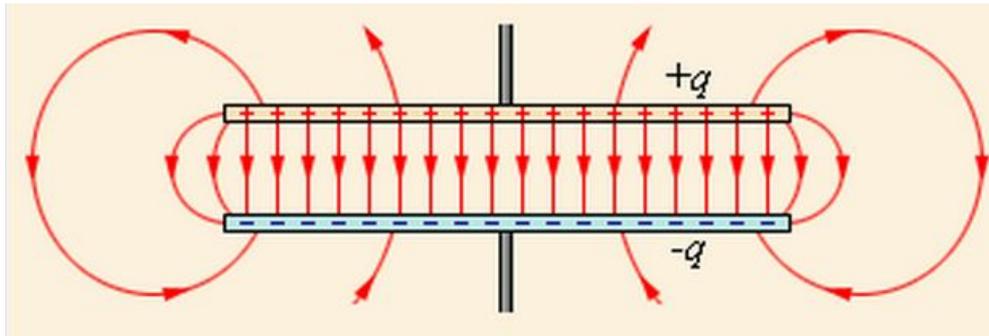
- Если двум изолированным друг от друга проводникам сообщить заряды  $q_1$  и  $q_2$ , то между ними возникает некоторая разность потенциалов  $\Delta\varphi$ , зависящая от величин зарядов и геометрии проводников. Разность потенциалов  $\Delta\varphi$  между двумя точками в электрическом поле часто называют **напряжением** и обозначают буквой  $U$ .

- **Электроемкостью** системы из двух проводников имеющих одинаковые, но противоположные по знаку заряды называется физическая величина, определяемая как отношение заряда  $q$  одного из проводников к разности потенциалов  $\Delta\varphi$  между ними:

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

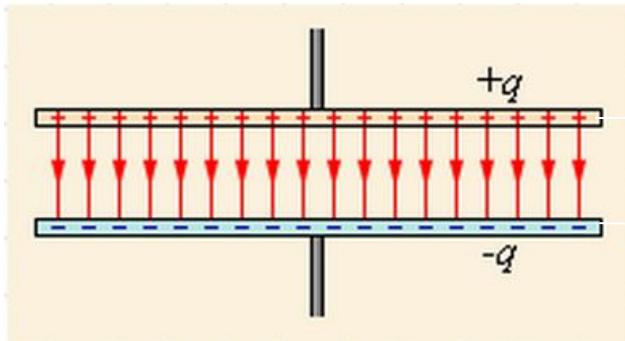
- Величина емкости зависит от формы и размеров проводников и от свойств диэлектрика, разделяющего проводники. Существуют такие конфигурации проводников, при которых электрическое поле оказывается сосредоточенным (локализованным) лишь в некоторой области пространства. Такие системы называются **конденсаторами**, а проводники, составляющие конденсатор, – **обкладками**.
- Простейший конденсатор – система из двух плоских проводящих пластин, расположенных параллельно друг другу на малом по сравнению с размерами пластин расстоянии и разделенных слоем диэлектрика. Такой конденсатор называется **плоским**.

# Плоский конденсатор



Поле плоского конденсатора

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{\sigma \cdot S}{E \cdot d} = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$$



**d**

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$$

**S** – площадь обкладки  
**d** – зазор между обкладками

Идеализированное представление поля плоского конденсатора. Такое поле не обладает свойством потенциальности

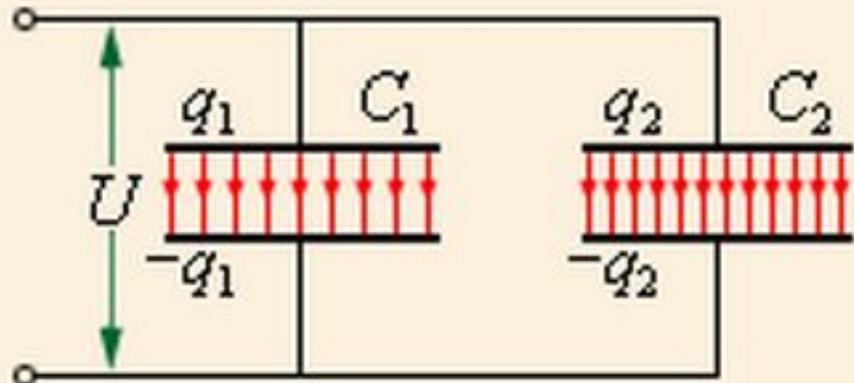
# Емкости сферического и цилиндрического конденсаторов

● **Сферический конденсатор** – это система из двух концентрических проводящих сфер радиусов  $R_1$  и  $R_2$ . **Цилиндрический конденсатор** – система из двух соосных проводящих цилиндров радиусов  $R_1$  и  $R_2$  и длины  $L$ .

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \quad (\text{сферический конденсатор}),$$

$$C = 2\pi\epsilon_0\epsilon \frac{L}{\ln R_2 / R_1} \quad (\text{цилиндрический конденсатор}).$$

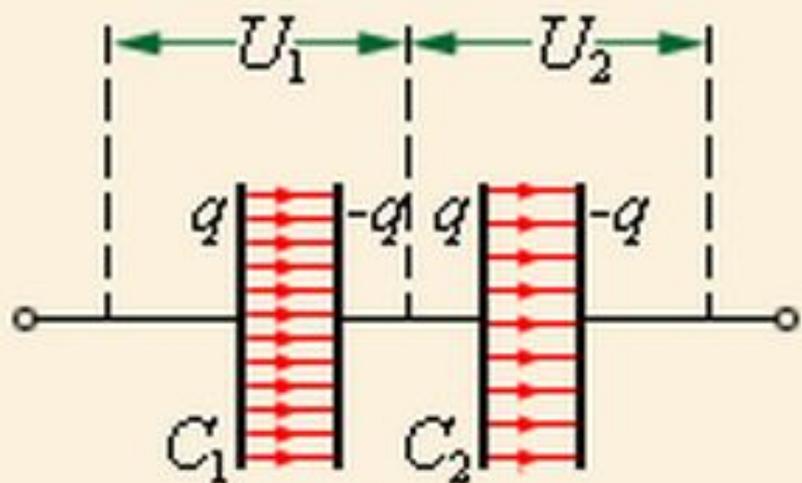
# Параллельное соединение конденсаторов



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

Параллельное соединение конденсаторов.  $C = C_1 + C_2$

# Последовательное соединение конденсаторов



$$q_1 = q_2 = q.$$

$$U_1 = \frac{q}{C_1}$$

$$U_2 = \frac{q}{C_2}$$

Последовательное соединение

конденсаторов.  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ .

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

# Энергия системы зарядов, уединенного проводника, конденсатора, электрического поля.

- Энергия системы зарядов

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Q_i \phi_i$$

- Где  $\phi_i$  – потенциал создаваемый в точке, где находится заряд  $Q_i$ , всеми зарядами, кроме  $i$  – го.

# Энергия заряженного уединенного проводника

- Энергия заряженного проводника равна той работе, которую надо совершить, чтобы зарядить этот проводник:

$$dA = \phi dQ = C\phi d\phi$$

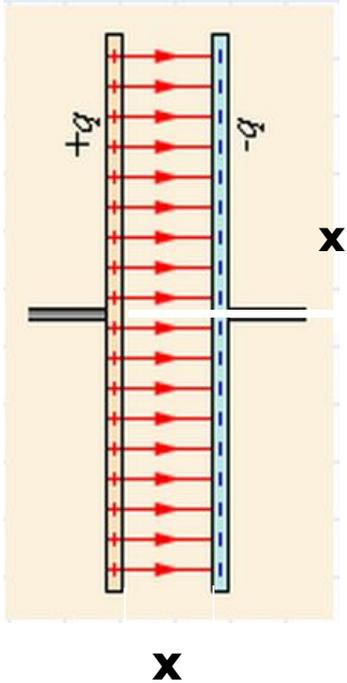
$$A = \int_0^{\phi} C\phi d\phi = \frac{C\phi^2}{2}$$

$$W = \frac{C\phi^2}{2} = \frac{Q\phi}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

# Энергия заряженного конденсатора

$$W = \frac{C(\Delta\varphi^2)}{2} = \frac{Q\Delta\varphi}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

# Сила, с которой обкладки конденсатора притягиваются друг к другу



- $dA = Fdx = -dW$

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{Q^2}{2\varepsilon_0\varepsilon S} x$$

$$F = -\frac{dW}{dx} = -\frac{Q^2}{2\varepsilon_0\varepsilon S}$$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$$

# Энергия электростатического поля

$$\Delta\phi = Ed$$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$$

Подставим эти выражения в формулу энергии конденсатора

$$W = \frac{C(\Delta\phi)^2}{2} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S (Ed)^2}{2d} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} Sd = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} V$$

Объемная плотность энергии электростатического поля

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}$$









# Волновое движение и его свойства

- *Волны – это изменение состояния среды (возмущение), распространяющееся в этой среде и несущее с собой энергию и импульс без переноса вещества.*

*Наиболее часто встречающиеся виды волн – упругие (звук) и электромагнитные (свет, радиоволны и другие).*

Для описания волнового движения используется уравнение распространения гармонических колебаний в пространстве, например, вдоль координаты  $x$ :

- $A = A_0 \cos(\omega t + kx)$ .

оно называется уравнением **бегущей** одномерной синусоидальной (гармонической) волны.

В нем:

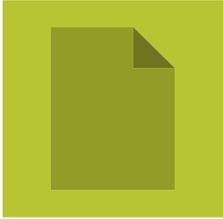
- $A_0$  – амплитуда колебаний;
- $\omega$  – круговая частота (рад/с);
- $k = \omega/u$  - волновое число
- $u$  – скорость распространения волны м/с).
- период колебаний  $T$  (с), который связан с круговой частотой соотношением:  $T = 2\pi/\omega$ ;

- **Работа сил электростатического поля при перемещении заряда из одной точки поля в другую не зависит от формы траектории, а определяется только положением начальной и конечной точек и величиной заряда.**

Следствием независимости работы от формы траектории является следующее утверждение:

- **Работа сил электростатического поля при перемещении заряда по любой замкнутой траектории равна нулю.**
- Силловые поля, обладающие этим свойством, называют *потенциальными* или *консервативными*.

# Наиболее часто используемыми характеристиками волнового движения являются:



- $\nu$  - частота колебаний ( $\text{Гц} = 1/\text{с}$ ). Она связана с периодом формулой:  $\nu = 1/T$ ;
- $\lambda$  – длина волны (м). ( $\lambda = uT$ ).
- $u$  – скорость распространения волны м/с).

**Скорость распространения каждого вида волн зависит только от свойств среды, в которой они распространяются.**

**Например скорость звука в воздухе не зависит от длины волны ( $u \sim 343$  м/с). В воде она порядка 1500 м/с**

# По характеру колебаний волны подразделяются на:

- **поперечные** - колебания совершаются поперек направления их распространения (свет).
- **продольные** - колебания совершаются вдоль направления их распространения (звук).
- **поверхностные** - распространяются вдоль границы раздела двух сред, например, на поверхности воды, и частицы жидкости движутся почти по окружности, т. е. они представляют собой комбинацию поперечных и продольных волн.
- Кроме бегущих волн существуют так называемые **стоячие волны**, которые можно рассматривать как результат сложения двух бегущих волн. В определенных условиях, в результате такого сложения, амплитуда колебаний в каждой точке пространства перестает зависеть от времени. В зависимости от  $x$  ее величина, будет разная (от 0 до  $A_0$ ).

# Свойства волнового движения

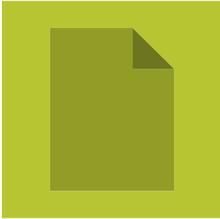
При не очень больших возмущениях среды волновые процессы подчиняются **принципу суперпозиции** (принципу наложения). То есть **резльтирующий эффект сложного процесса воздействия представляет собой сумму эффектов, вызываемых каждым воздействием в отдельности.**

Согласно этому принципу, две волны могут распространяться в той же самой среде в разных направлениях совершенно независимо друг от друга. Принципу суперпозиции подчиняются как волны в упругой среде, так и электромагнитные волны.

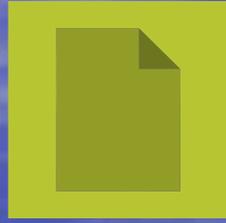


# Дифракция



- **Проникновение волны в область геометрической тени называют дифракцией.** Чем меньше ширина преграды и чем больше длина волны, тем сильнее проявляется дифракция.
- 

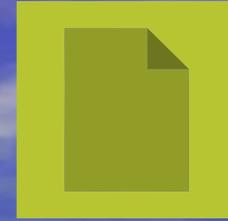
# Интерференция волн



- **Явление ослабления или усиления волнового движения в результате суперпозиции когерентных волн называется интерференцией.**
- **Когерентными называются волны одинаковой частоты, если их разность фаз не зависит от времени.**



# Эффект Доплера

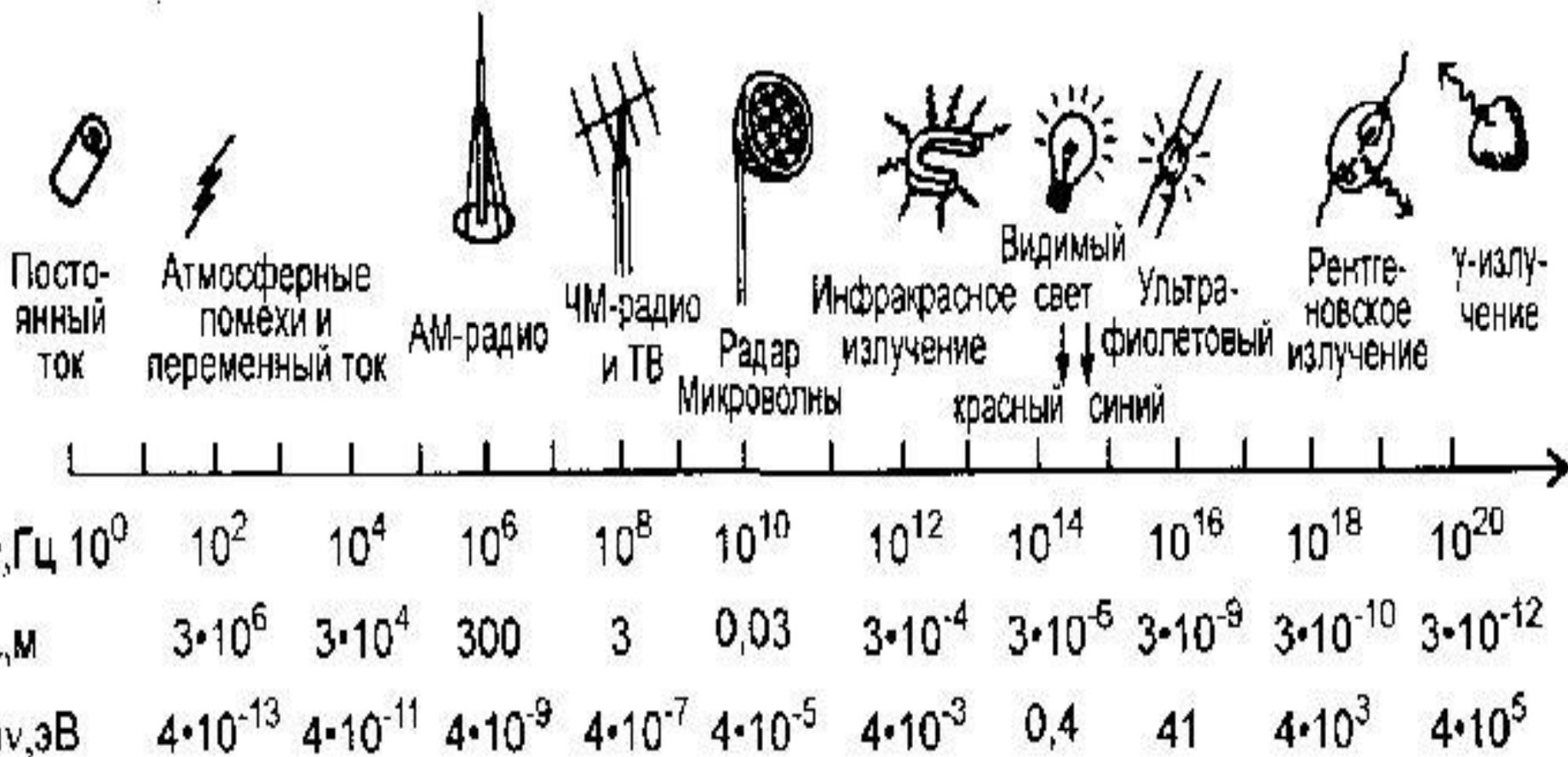


- **Эффект Доплера заключается в изменении принимаемой приемником частоты (или длины) волны в зависимости от движения источника (или приемника) излучения.**

# Электромагнитные волны

Все окружающее нас пространство пронизано электромагнитными волнами. Солнце и окружающие нас тела, радиоантенны и далекие звезды испускают электромагнитные волны, которые в зависимости от длины волны носят разные названия: радиоволны, инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение и  $\gamma$ -излучение.

- **Электромагнитные волны, независимо от длины волны, возникают из-за ускоренного движения заряженных частиц.**



# Поляризация электромагнитных волн

