

ЭЛЕКТРОСТАТИКА



Рекомендуемая литература

- 1. Трофимова Т.И. Курс физики.
- 2. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма.
- 3. М.П. Сарина . Электричество и магнетизм.
- Часть 1 . Электричество

- В природе существует только два типа заряда: **положительные** и **отрицательные**

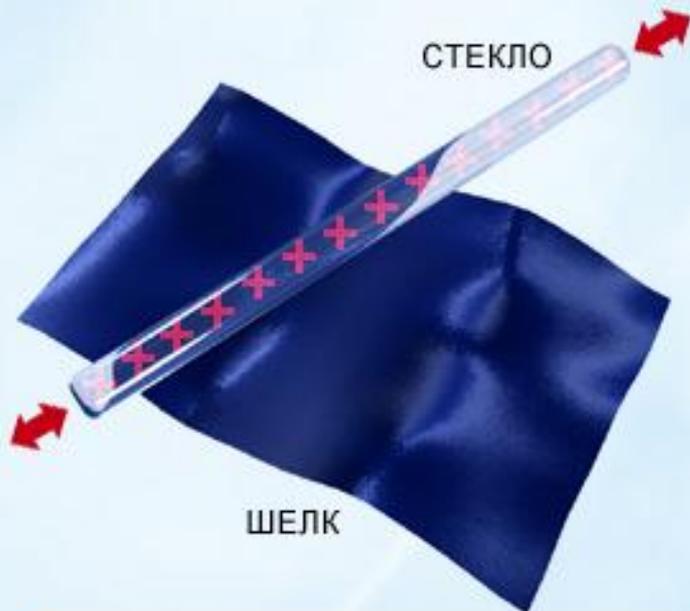
Положительные заряды получаются при трении стекла о шёлк (стеклянные).

отрицательные заряды - при трении смолы о шерсть (смоляные)

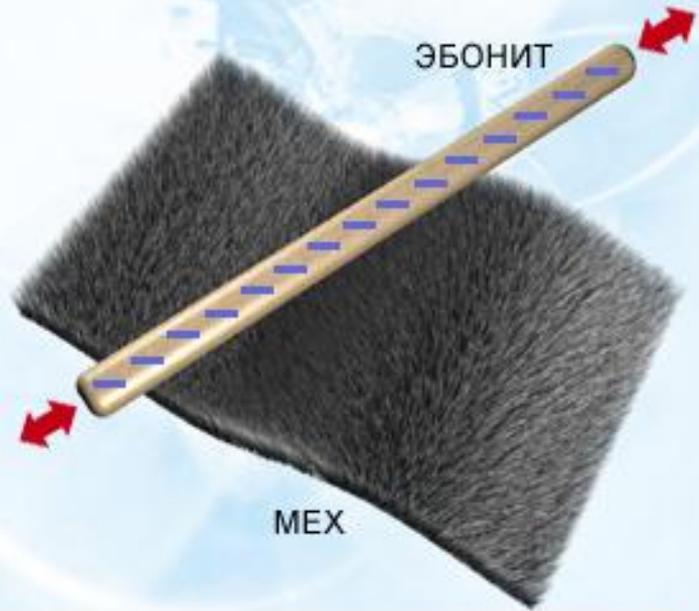
Бенджамин Франклин



КАК зарядить ? трение

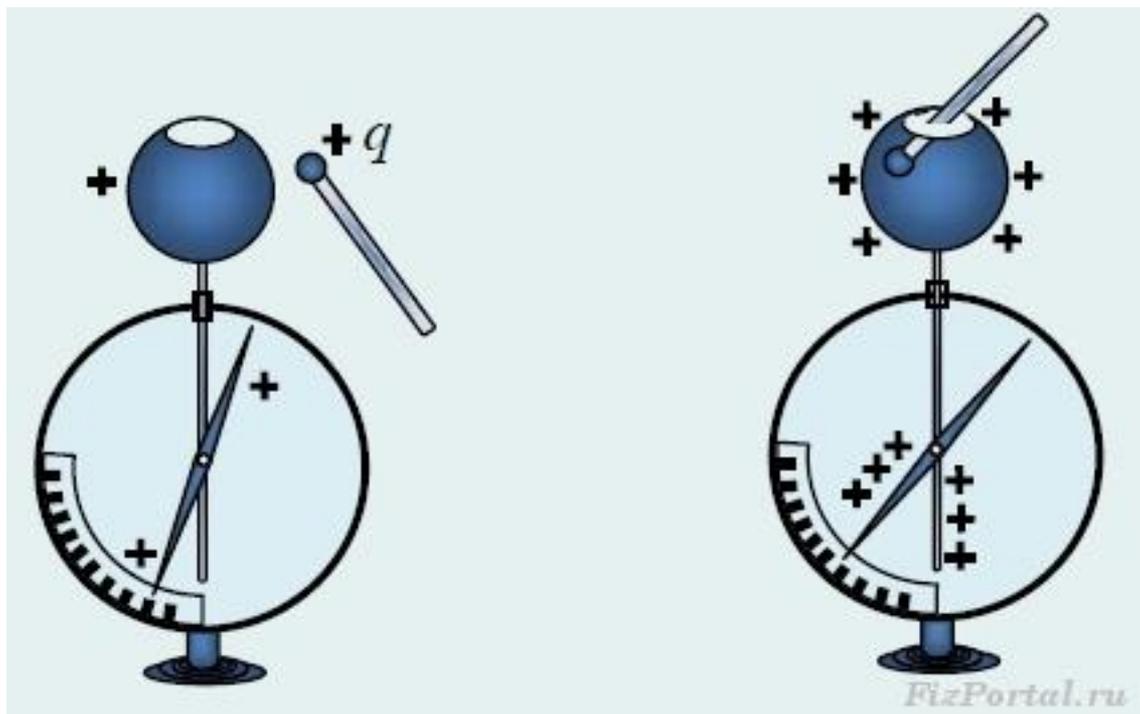


ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ заряд
образуется на стекле,
потертом о шелк

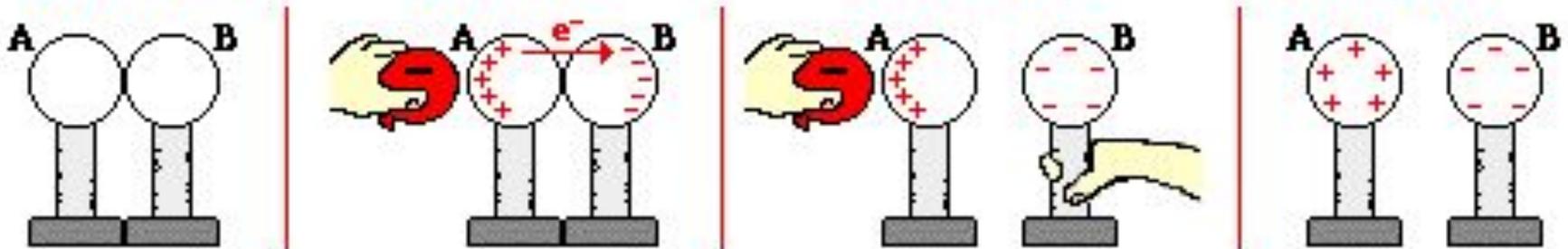


ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ заряд
образуется на эбоните(янтаре),
потертом о мех

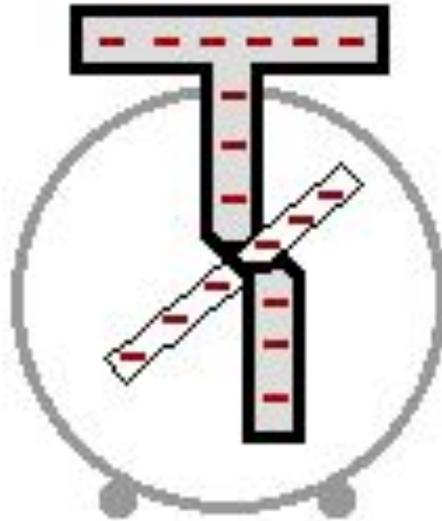
Проводимость- поднести заряженное тело



Индукция



Как разрядить тело?

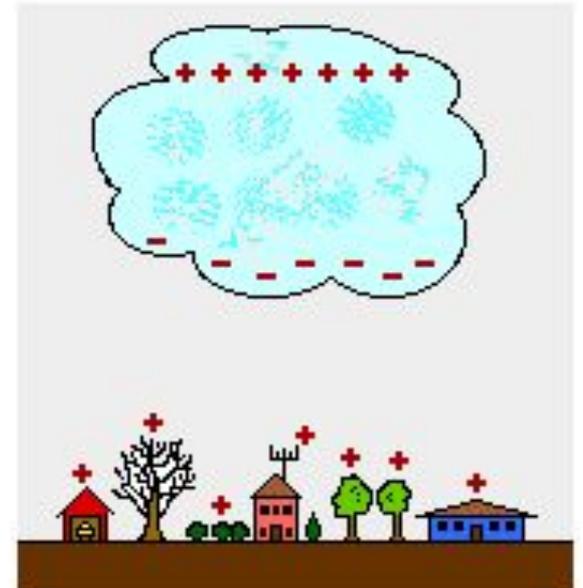
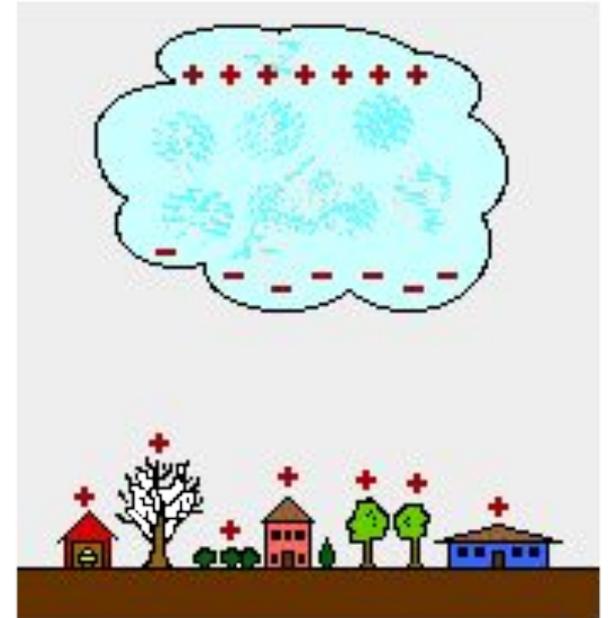


Grounding a negatively-charged electroscope involves the transfer of electrons from the electroscope to "the ground."



Grounding a positively-charged electroscope involves the transfer of electrons from "the ground" to the electroscope.

Молния



Электрическое поле

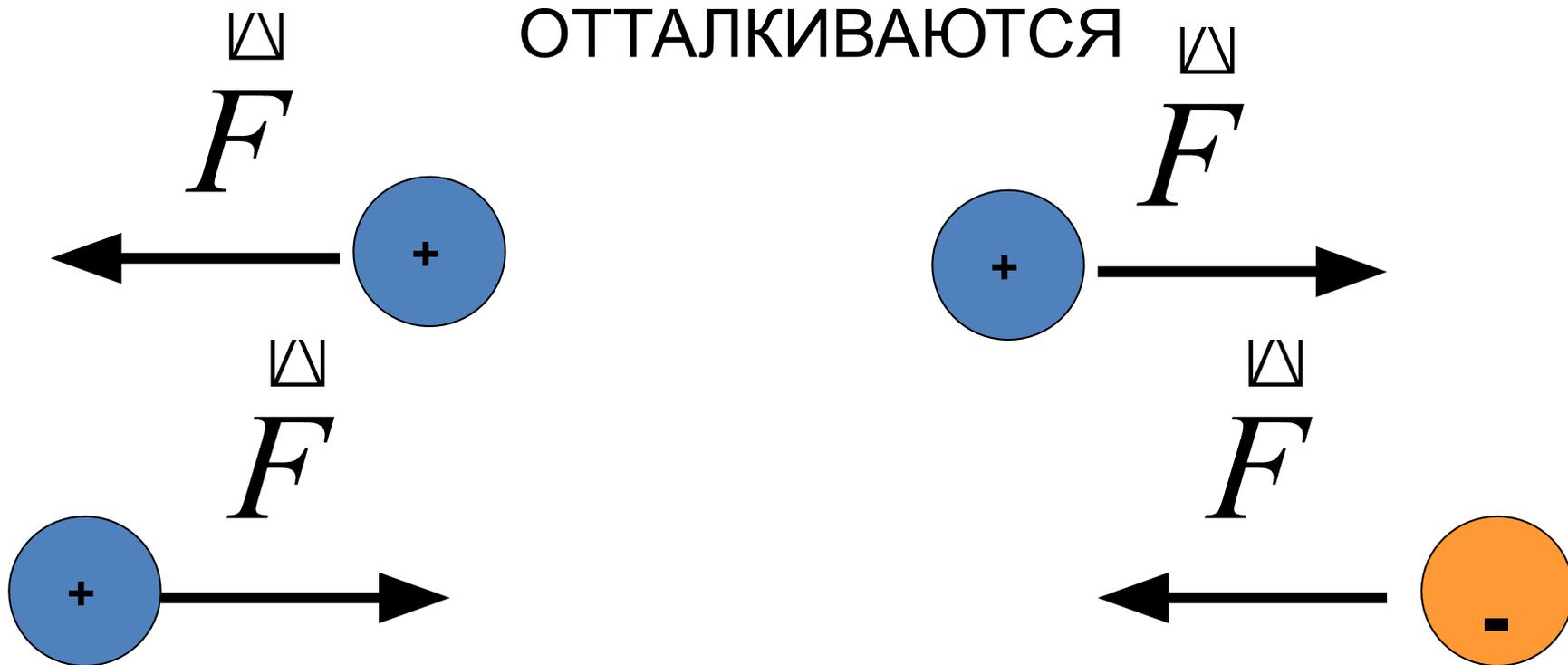
- Действует на расстоянии
- **Электрическое поле** — особый вид материи, существующий вокруг тел, обладающих электрическим зарядом

- Величина электрического заряда не зависит от скорости его движения
- Заряд любого тела кратен заряду электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
- **Закон сохранения заряда:** алгебраическая сумма зарядов в замкнутой системе не изменяется

Закон Кулона

Взаимодействие зарядов

- ОДНОИМЕННЫЕ ЗАРЯДЫ
ОТТАЛКИВАЮТСЯ



РАЗНОИМЕННЫЕ ЗАРЯДЫ ПРИТЯГИВАЮТСЯ

Закон Кулона

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

ϵ_0 - электрическая постоянная

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ М/Ф}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/М}$$

Напряженность электростатического поля

Электростатическое поле создается неподвижными зарядами

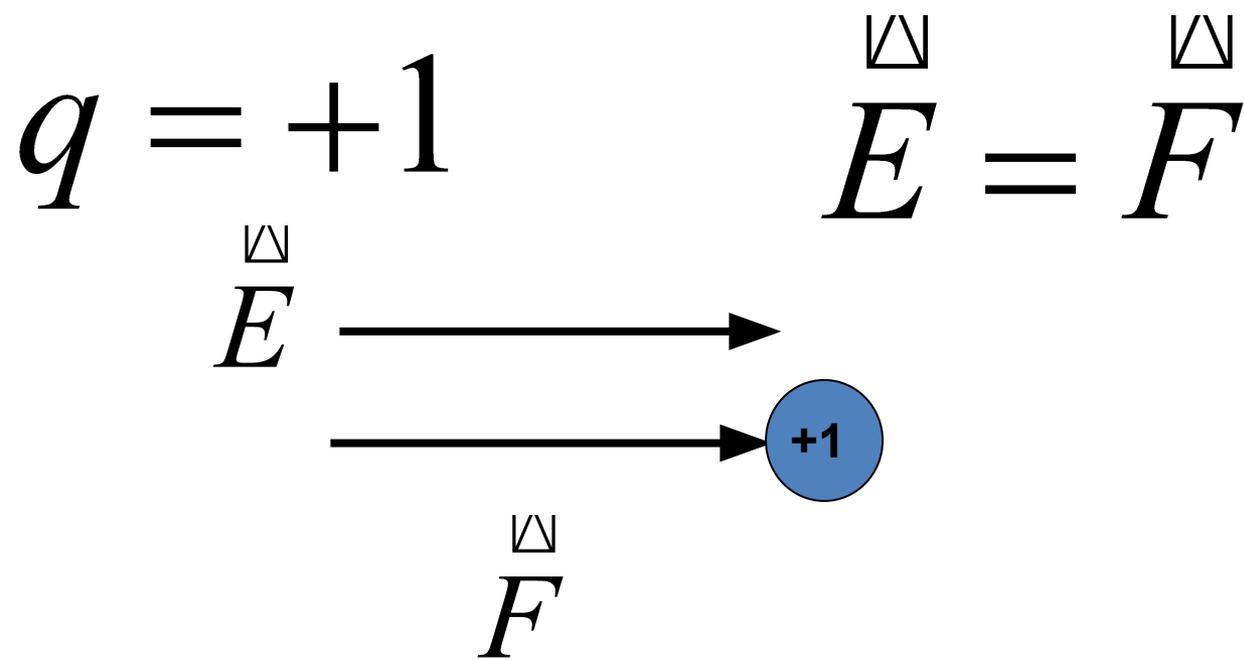
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$$[\vec{E}] = \frac{В}{М}$$

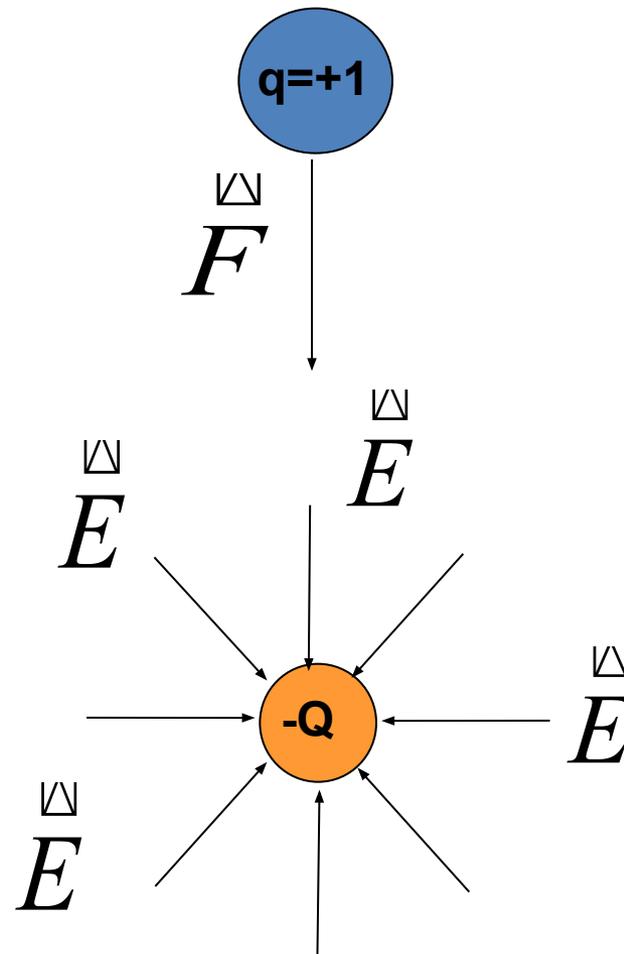
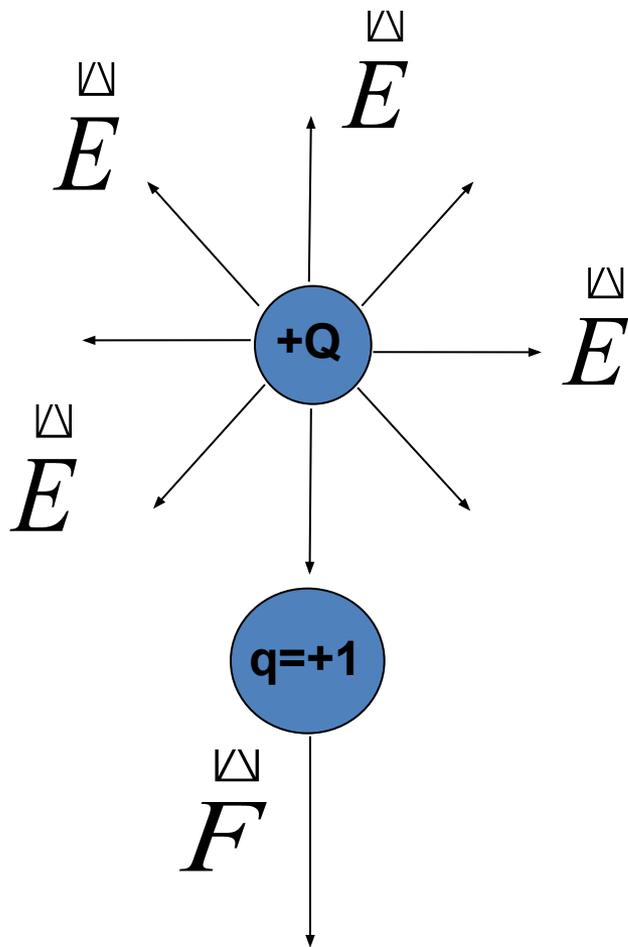
- Существование электрического поля можно определить действует или нет сила на пробный заряд
- **Пробный заряд** – точечный заряд, не искажающий картину поля

Напряженность электрического поля – это сила, действующая на единичный положительный заряд

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



Напряженность поля точечного заряда



Из закона Кулона

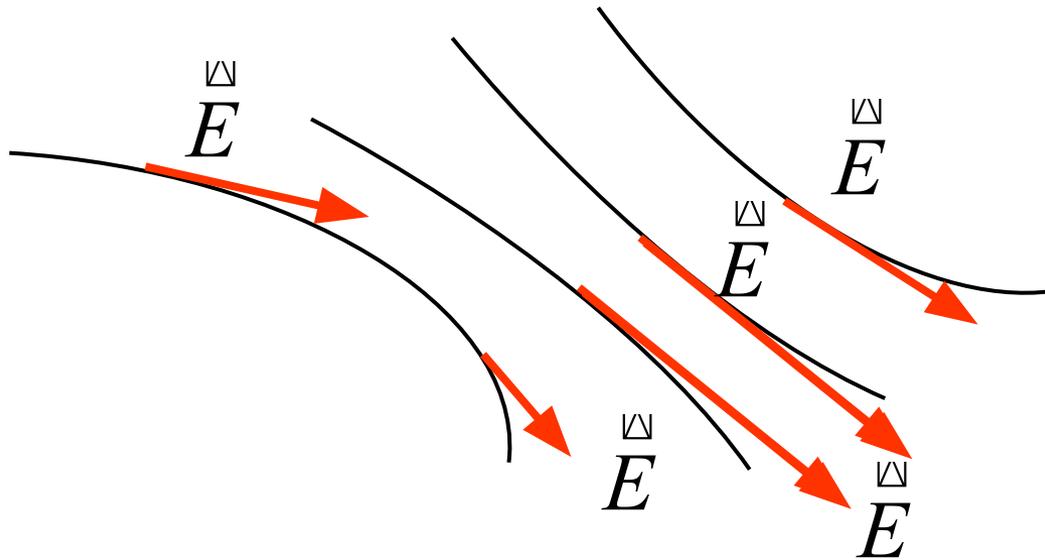
$$|\vec{F}| = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$$

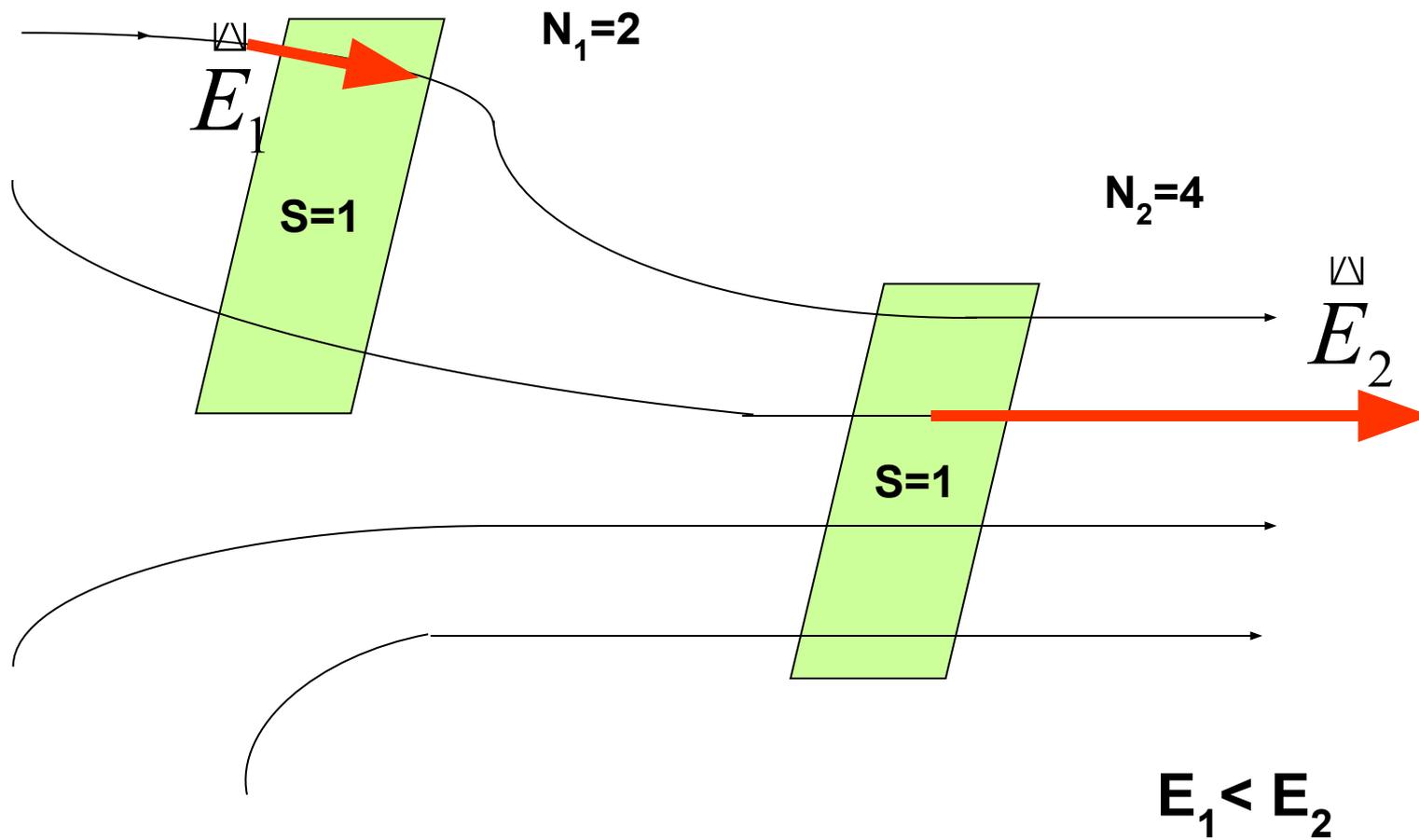
$$|\vec{E}| = \frac{|\vec{F}|}{q} = \frac{kQ}{r^2}$$

Напряженность поля точечного
заряда Q

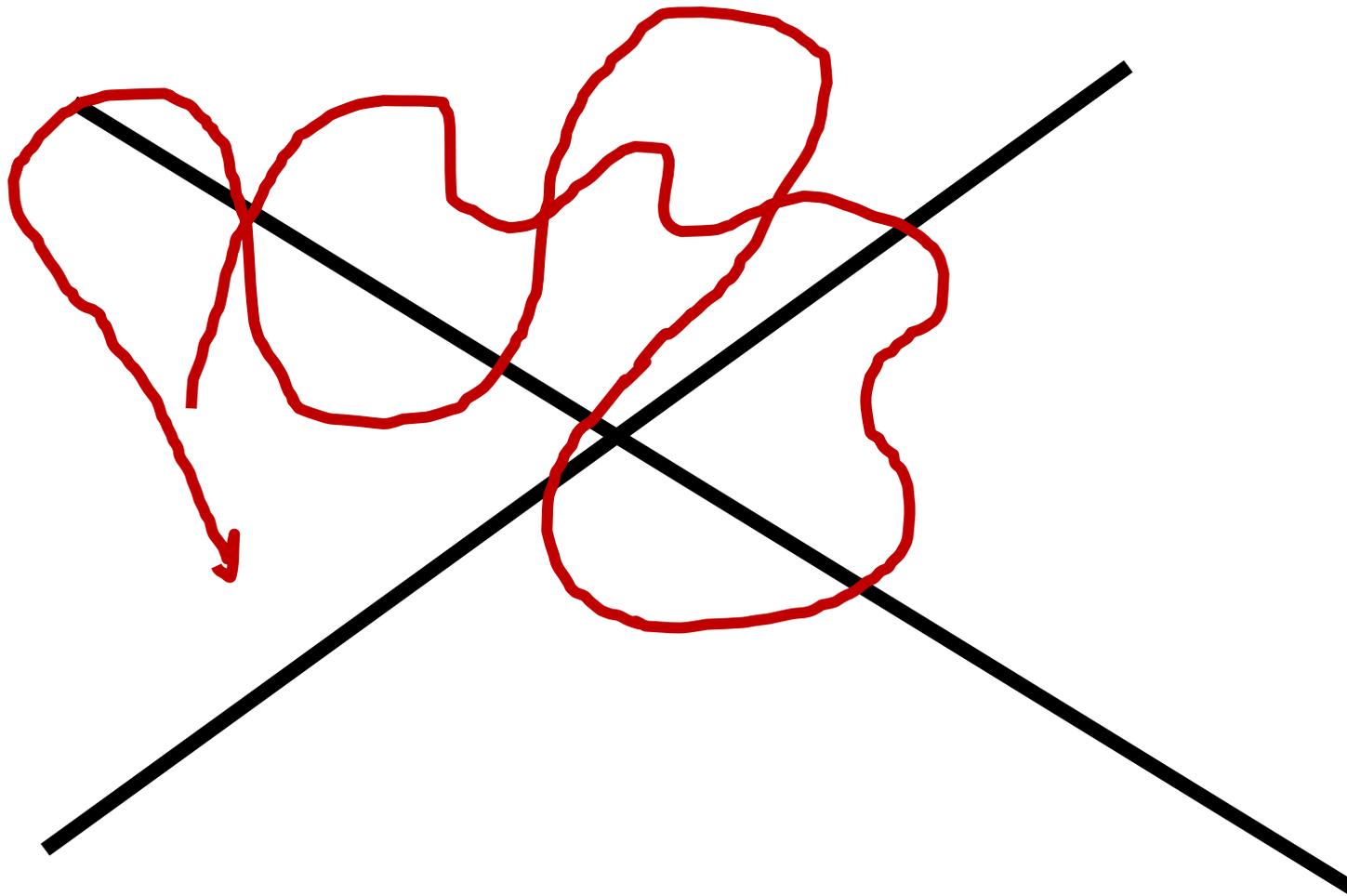
Силовые линии - метод изображения электрического поля

- Касательная к силовой линии, проведенная в любой точке поля, совпадает с направлением вектора напряженности, а густота силовых линий пропорциональна модулю напряженности

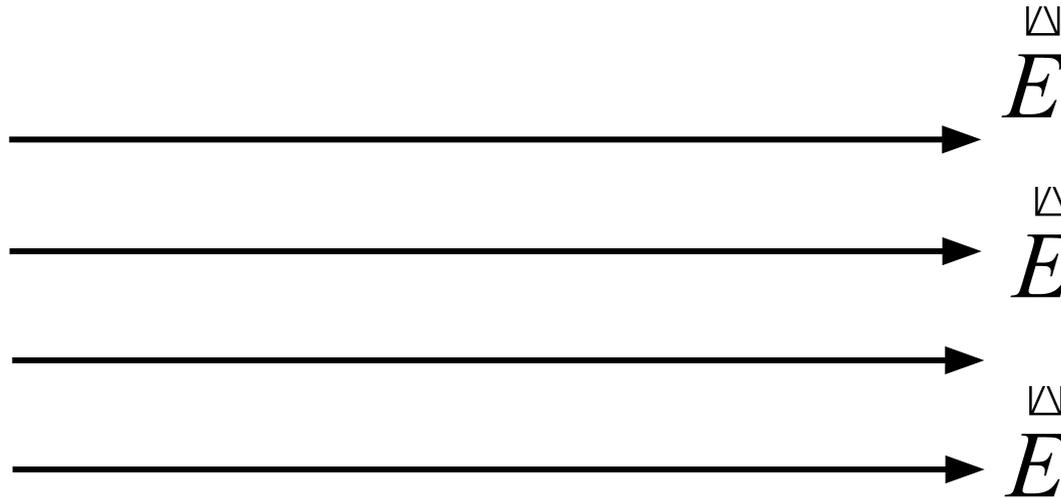




Линии напряженности не могут
пересекаться



Однородное поле



Вектор напряженности в любой точке поля одинаков по величине и направлению

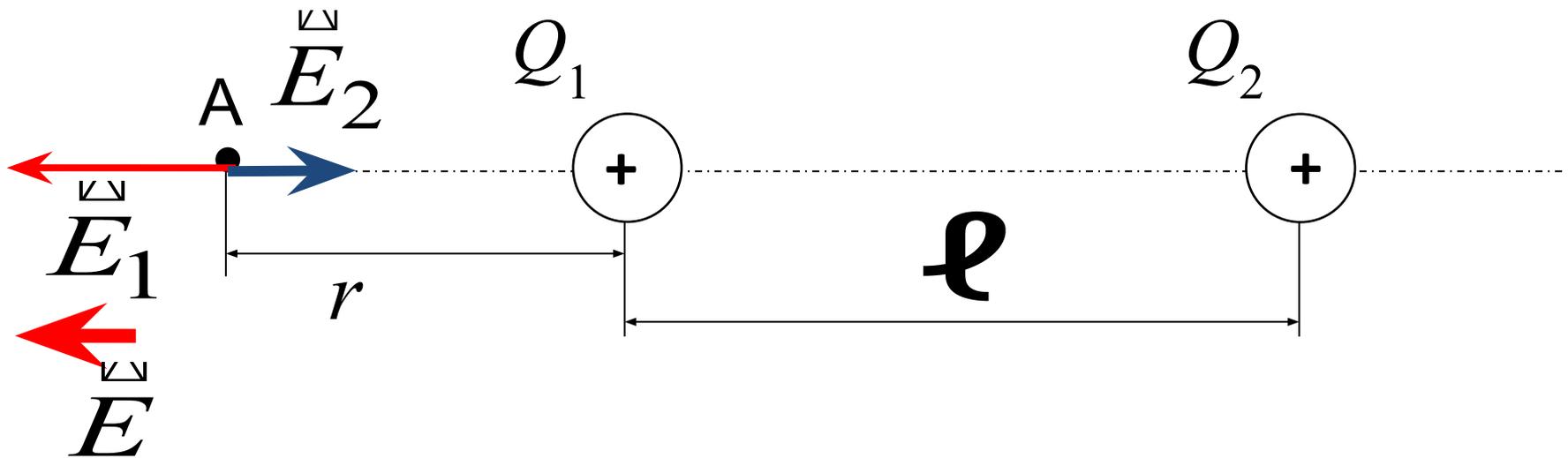
Принцип суперпозиции

- Если электрическое поле создается системой точечных зарядов, то результирующая напряженность будет определяться векторной суммой напряженностей полей, создаваемых каждым из зарядов в

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i$$

Пример 1

- Вычислить напряженность электрического поля, создаваемого двумя зарядами $Q_1 = +5$ нКл и $Q_2 = -10$ нКл в точке А, расположенной слева на расстоянии $r = 4$ см от первого заряда на линии, соединяющей заряды. Расстояние между зарядами = 7 см.



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

$$|\vec{E}| = |\vec{E}_1| - |\vec{E}_2|$$

$$|\vec{E}_1| = \frac{kQ_1}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9}}{(4 \cdot 10^{-2})^2} = 28,1 \text{ V/m}$$

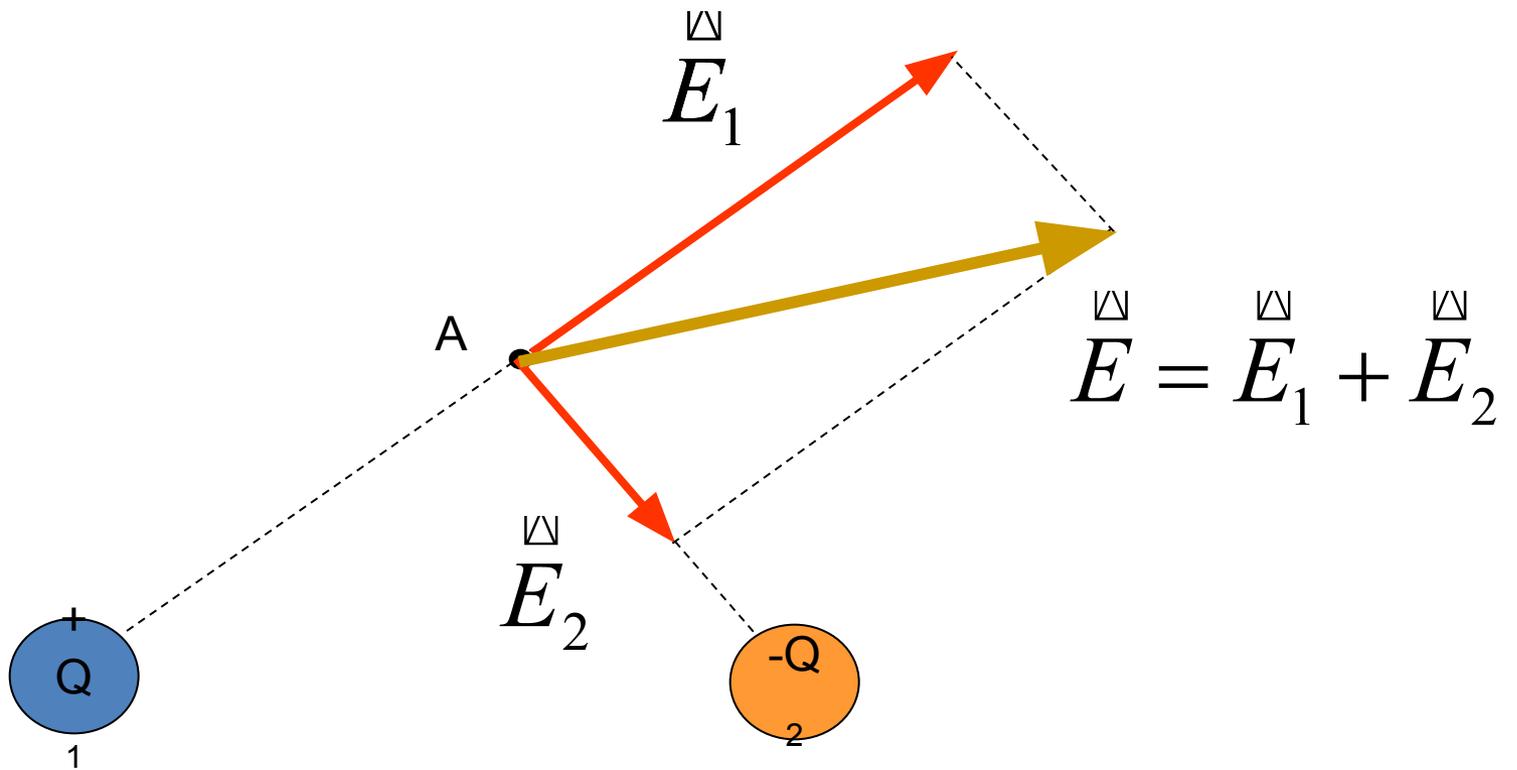
$$|\vec{E}_2| = \frac{kQ_2}{(r + \ell)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9}}{(11 \cdot 10^{-2})^2} = 7,4 \text{ V/m}$$

$$|\vec{E}| = |\vec{E}_1| - |\vec{E}_2| = 28,1 - 7,4 = 20,7 \text{ V/m}$$

Пример 2

- Расстояние между двумя точечными зарядами $Q_1 = +2 \text{ нКл}$ и $Q_2 = -2 \text{ нКл}$ равно $r = 5 \text{ см}$. Определить напряженность поля в точке, расположенный на расстоянии
- $r_1 = 4 \text{ см}$ от первого заряда и на расстоянии $r_2 = 3 \text{ см}$ от второго заряда.

Пример 2



- Треугольник прямоугольный – применяем теорему Пифагора

$$|\vec{E}| = \sqrt{|\vec{E}_1|^2 + |\vec{E}_2|^2}$$

$$|E_1| = \frac{kQ_1}{r_1^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{(4 \cdot 10^{-2})^2} = 11,25 \text{ kV/m}$$

$$|E_2| = \frac{k|Q_2|}{r_2^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 20 \text{ kV/m}$$

$$|E| = \sqrt{|E_1|^2 + |E_2|^2} = \sqrt{11,25^2 + 20^2} = 23 \text{ kV/m}$$

Объемное распределение заряда

- Объемная плотность заряда $\rho(x, y, z)$

$$dq = \rho(x, y, z)dV$$

$$= \rho(x, y, z)dx dy dz$$

$$q = \iiint_V \rho(x, y, z)dx dy dz$$

Поверхностное распределение заряда (плоскость)

- Поверхностная плотность заряда $\sigma(x, y)$

$$\begin{aligned}dq &= \sigma(x, y)dS \\ &= \sigma(x, y)dx dy\end{aligned}$$

$$q = \iint_S \sigma(x, y)dx dy$$

Линейное распределение заряда (линия)

- Линейная плотность заряда

$$\lambda(x)$$

$$dq = \lambda(x)dx$$

$$q = \int \lambda(x)dx$$

$$\vec{E} = k \cdot \frac{Q}{r^3} \vec{r}$$

$$\vec{E} = \iiint_V \frac{\rho(x, y, z) \vec{r} dV}{r^3}$$

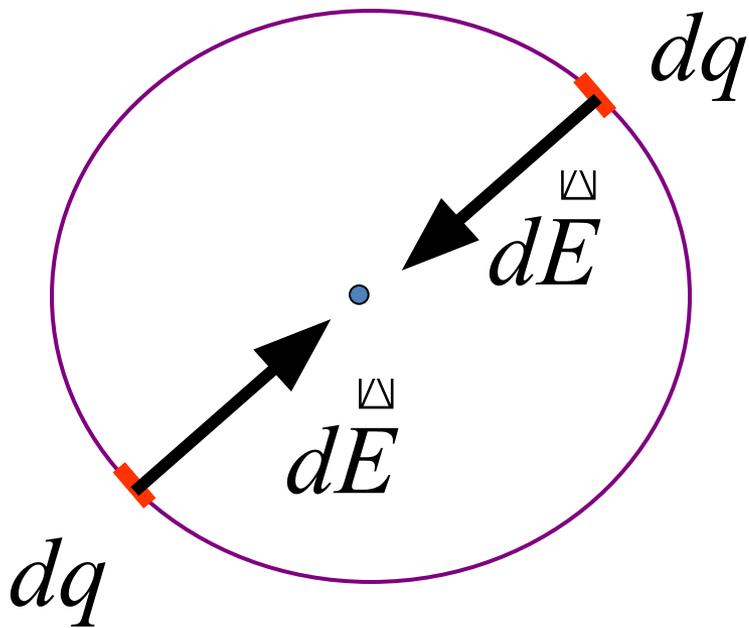
$$\vec{E} = \iint_S \frac{\sigma(x, y) \vec{r} dS}{r^3}$$

$$\vec{E} = \int \frac{\lambda(x) \vec{r} dx}{r^3}$$

ПРИМЕР

- Напряженность электрического поля в центре однородно заряженного кольца (заряд $+Q$, радиус кольца R)

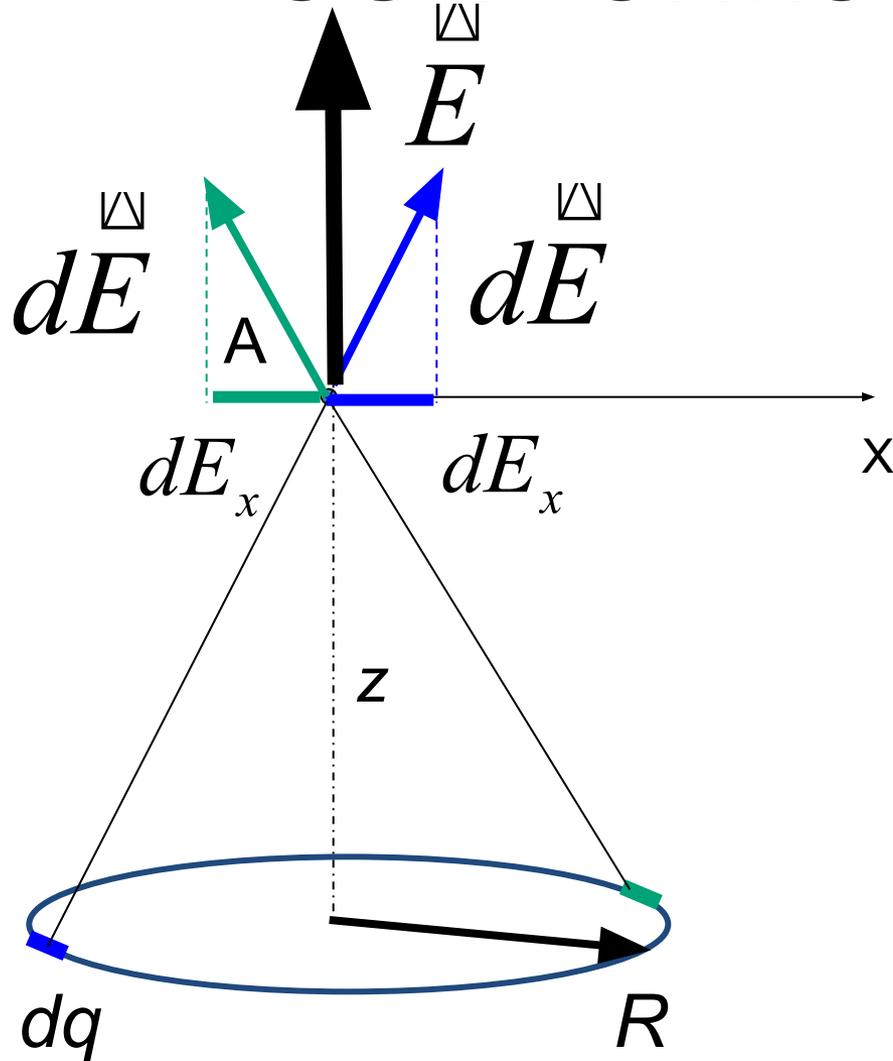
- Разбиваем кольцо на элементарные заряды



$$E = \int d\vec{E}$$

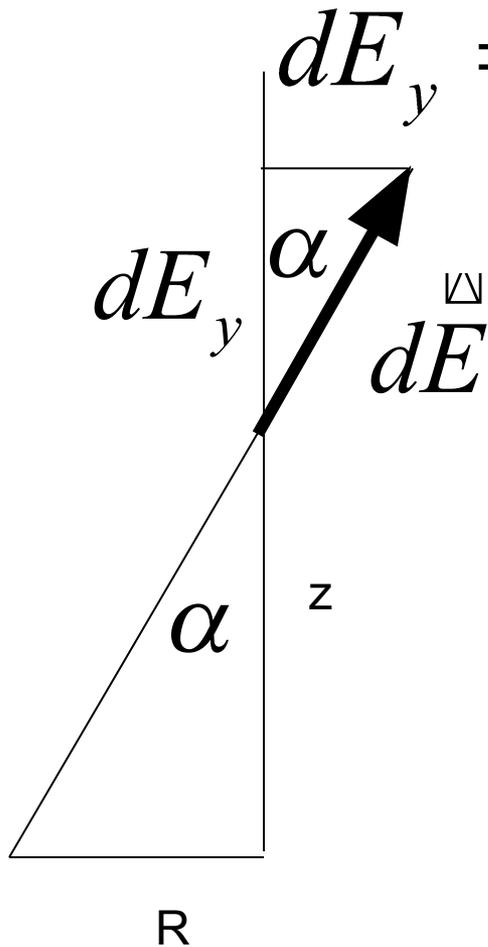
$$\vec{E} = 0$$

НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ НА ОСИ ТОНКОГО КОЛЬЦА



$$\sum dE_x = 0$$

$$E = \int dE_y$$



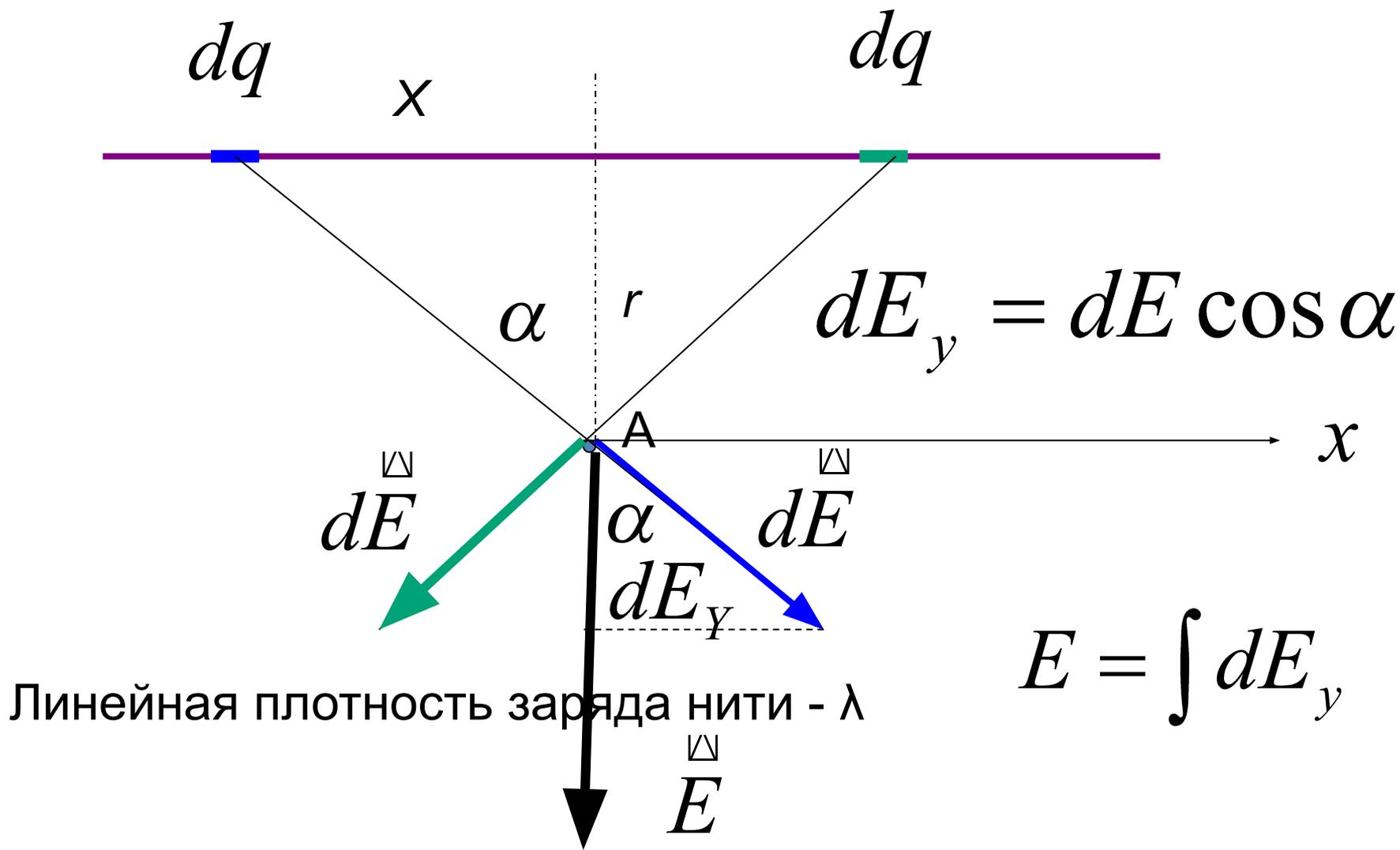
$$dE_y = dE \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{z}{\sqrt{R^2 + z^2}}$$

$$dE = \frac{k dq}{R^2 + z^2}$$

$$E = \int \frac{z}{\sqrt{R^2 + z^2}} \cdot \frac{k dq}{R^2 + z^2}$$
$$= \frac{k \cdot z \cdot Q}{(R^2 + z^2)^{3/2}}$$

ПОЛЕ БЕСКОНЕЧНОЙ НИТИ НА РАССТОЯНИИ r от нее



$$\cos \alpha = \frac{r}{\sqrt{r^2 + x^2}}$$

$$dE = \frac{k dq}{r^2 + x^2} \quad dq = \lambda dx$$

$$E = \int \frac{r}{\sqrt{r^2 + x^2}} \cdot \frac{k \lambda dx}{r^2 + x^2}$$

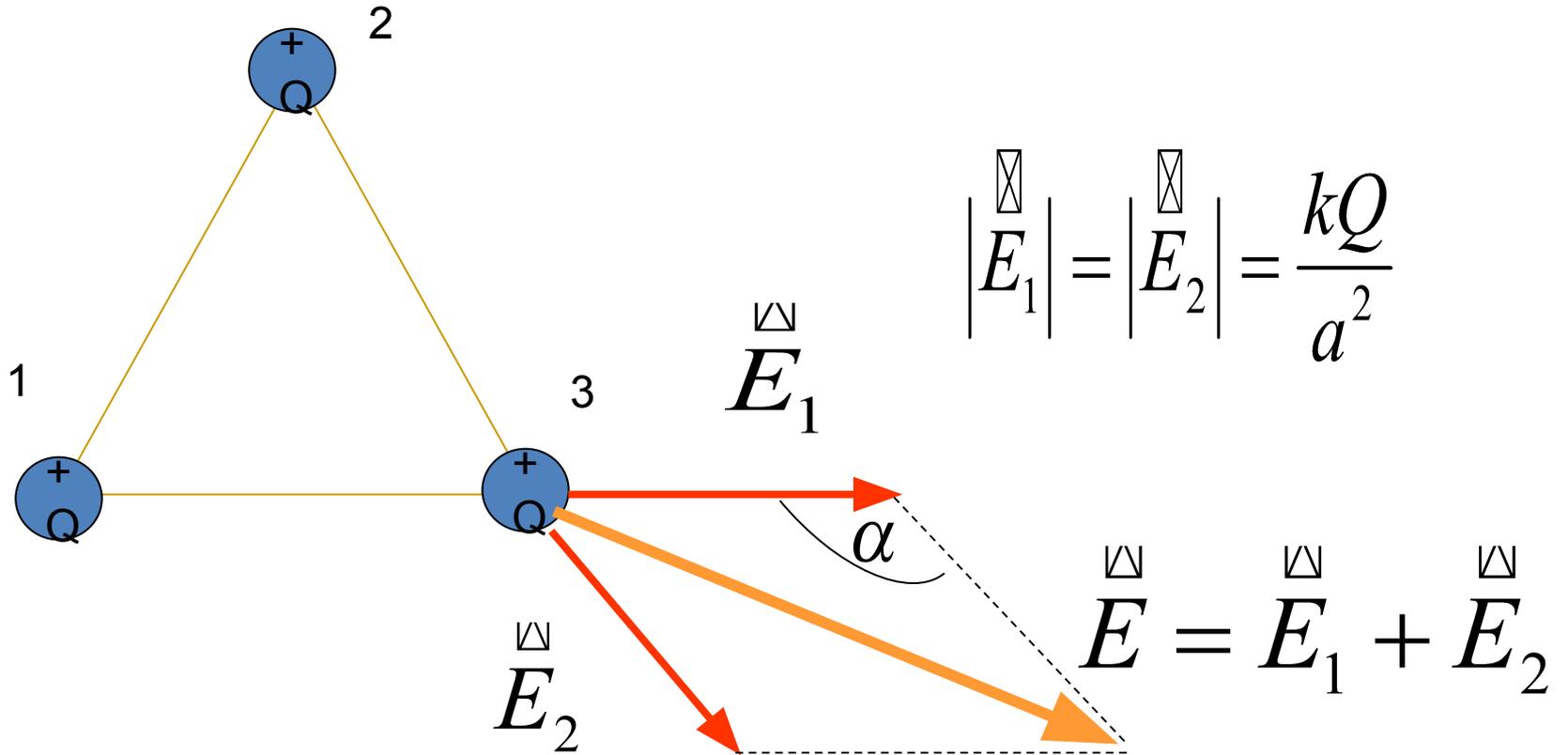
$$= \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{r}{(r^2 + x^2)^{3/2}} k \lambda dx$$

$$= 2k\lambda r \int_0^{+\infty} \frac{dx}{(r^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{2k\lambda}{r} = E$$

Пример

- В вершинах равностороннего треугольника со стороной a расположены одноименные заряды Q . Найти силу, действующую на один из зарядов.



$$|E|^2 = |E_1|^2 + |E_2|^2 - 2 \cdot |E_1| \cdot |E_2| \cdot \cos \alpha \quad F = QE$$