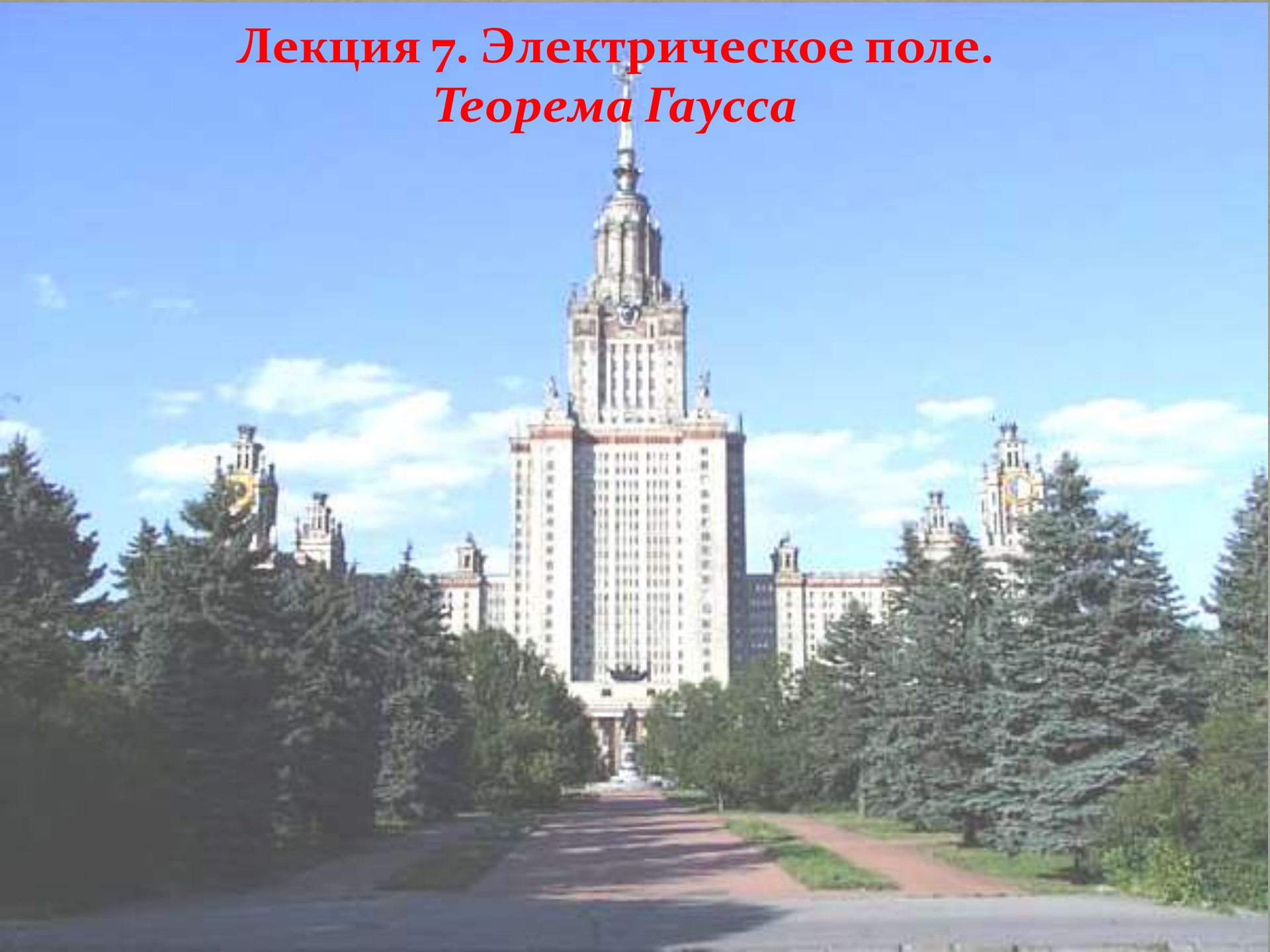


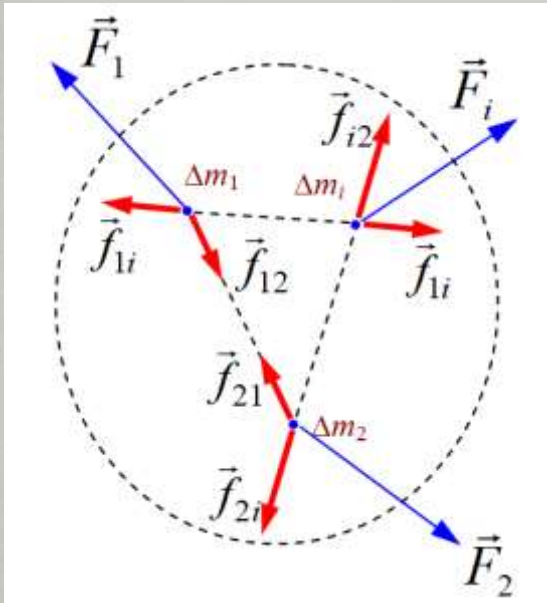
**Лекция 7. Электрическое поле.
Теорема Гаусса**



5.11. Закон сохранения механической энергии

Б. («рабочая» формулировка) ♣ **Если** равна нулю работа внешних сил ^{**}), действующих на тела системы, а также равна нулю и работа внутренних неконсервативных сил, то полная механическая энергия системы не меняется с течением времени (т.е. сохраняется)

Если:
$$\begin{cases} A_{\text{внешн.}} = 0; \\ A_{\text{внутр.}}^{(нк)} = 0, \end{cases} \quad \text{то: } \Delta \mathcal{E} = 0.$$



$$\begin{cases} \Delta T_1 = \underline{\underline{A_1^{(к)}}} + A_1^{(нк)}; \\ \dots \\ \Delta T_i = \underline{\underline{A_i^{(к)}}} + A_i^{(нк)}; \\ \dots \\ \Delta T_n = \underline{\underline{A_n^{(к)}}} + A_n^{(нк)}. \end{cases}$$

Сложим

$$\sum_{i=1}^n A_i^{(к)} = -\Delta U^{(системы)}$$

$$\Delta T^{\text{сист.}} + \Delta U^{\text{сист.}} = \sum_{i=1}^n A_i^{(\text{НК})} \Rightarrow \Delta \mathcal{E} = A_{\text{любых!}}^{(\text{НК})}$$

Если: $A_{\text{любых}}^{(\text{НК})} = 0$, **то:** $\mathcal{E} = \text{const.}$

♣ В. Если равна нулю работа неконсервативных сил ^{*)}, действующих на тела системы, то полная механическая энергия системы сохраняется

(«расширенная» формулировка – «для экзамена» 😊)

Замечания к формулировкам:

- 1) ^{*)} сил, не учтённых в потенциальной энергии системы – неконсервативными могут оказаться гравитационные, упругие и «кулоновские» силы, если они внешние!
- 2) ^{**)} Ещё раз о «замкнутых системах» (см. формулировку «Б» – можно ли заменить ... ??)

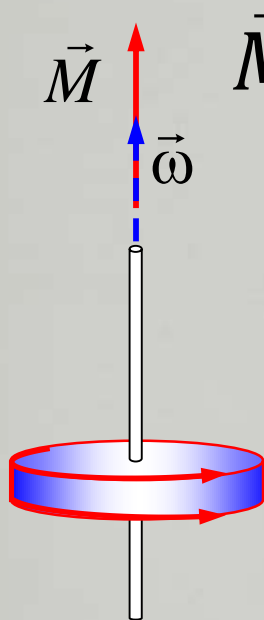
Замечания к §5 и разделу «Механика»

- 1) Законы сохранения были представлены нами, как «теоремы» классической механики, мы опирались на законы Ньютона. НО ... Это самостоятельные фундаментальные законы физики!!
- 2) Имеют «интегральный характер» – ...
- 3) Обзор основных законов классической механики ...

§ 6*. Пример применения основных законов механики – гироскоп

6.1. Понятия о гироскопе и гироскопических явлениях

► (Опр.) Гироскопом называется осесимметричное твёрдое тело, быстро вращающееся вокруг оси, которая может поворачиваться в пространстве



$$\vec{M} = I \cdot \vec{\omega}$$

$$\frac{d\vec{M}}{dt} = \vec{N}$$

• Гироскопические эффекты :

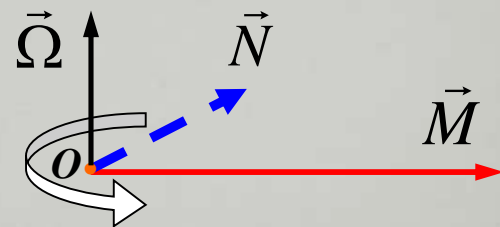
1) Свободный гироскоп : $\vec{N} = 0 \Rightarrow \vec{M} = const \Rightarrow \omega = const$;
Регулярная прецессия

2) Регулярная прецессия $\vec{N} = const$

(“гироскопический маятник”)

3) Нутация

$$\vec{N} \cdot \Delta t \approx 0 \Rightarrow \Delta \vec{M} \approx 0$$

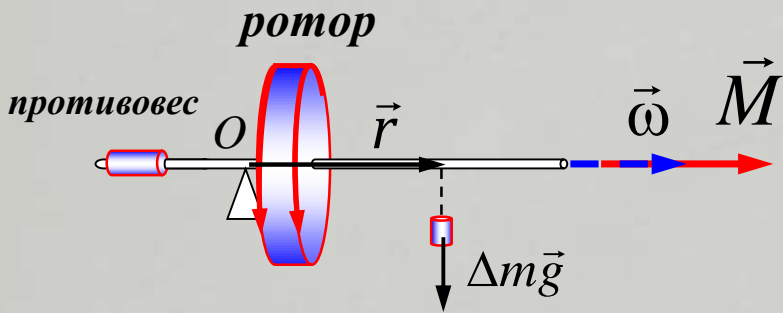


*Демо 1 и 2: +
«Свободный гироскоп»
«Регулярная прецессия»*

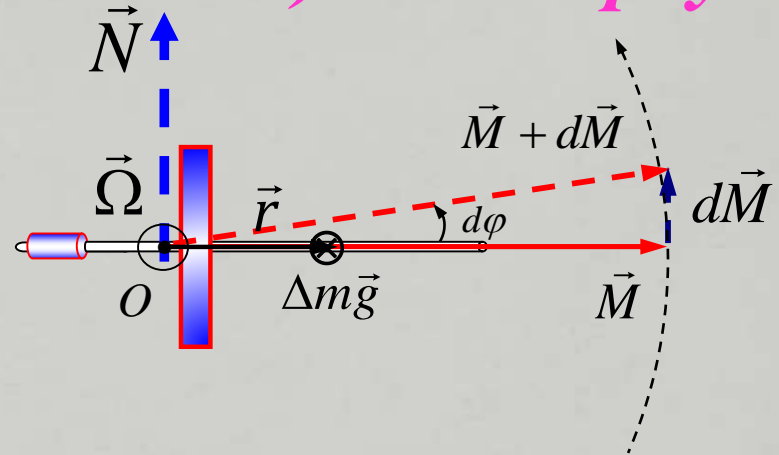


Регулярная прецессия

а) вид сбоку



б) вид сверху



$$d\vec{M} = \vec{N} \cdot dt$$

$$d\varphi = \frac{dM}{M}$$

$$\Omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dM}{M \cdot dt}$$

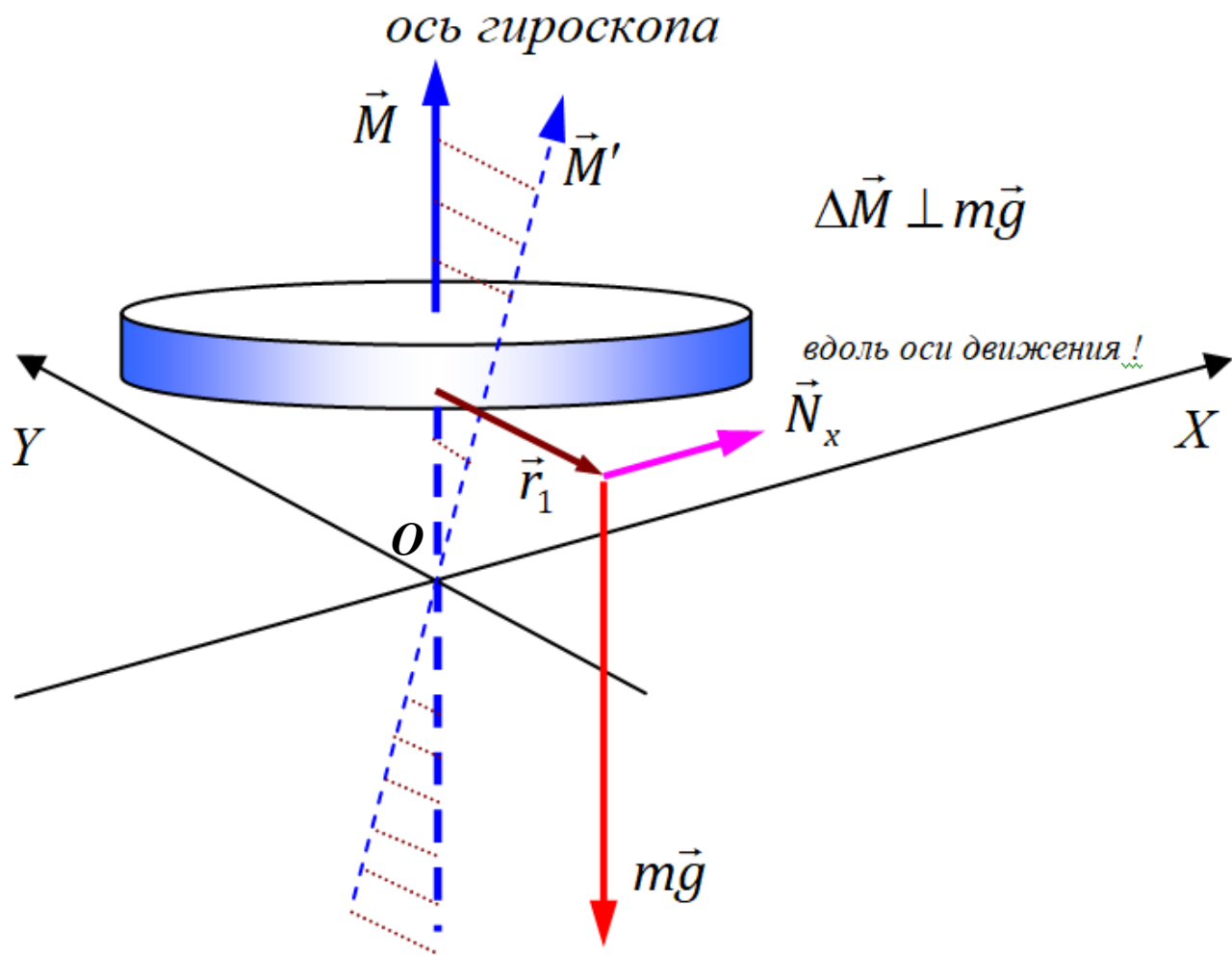
$$\Omega = \frac{N}{I_z \cdot \omega}$$

$$\vec{N} = [\vec{\Omega}, \vec{M}]$$

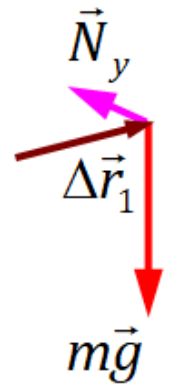
Демо: «Монорельсовая дорога»



**) К объяснению вертикальной устойчивости на монорельсе*



к вертикали!



«Пусть никто не думает, что великое создание Ньютона может быть ниспровергнуто теорией относительности или какой-нибудь другой теорией.

Ясные и широкие идеи Ньютона навечно сохраняют своё значение фундамента, на котором построены наши современные физические представления»

А. Эйнштейн (1948 г.)

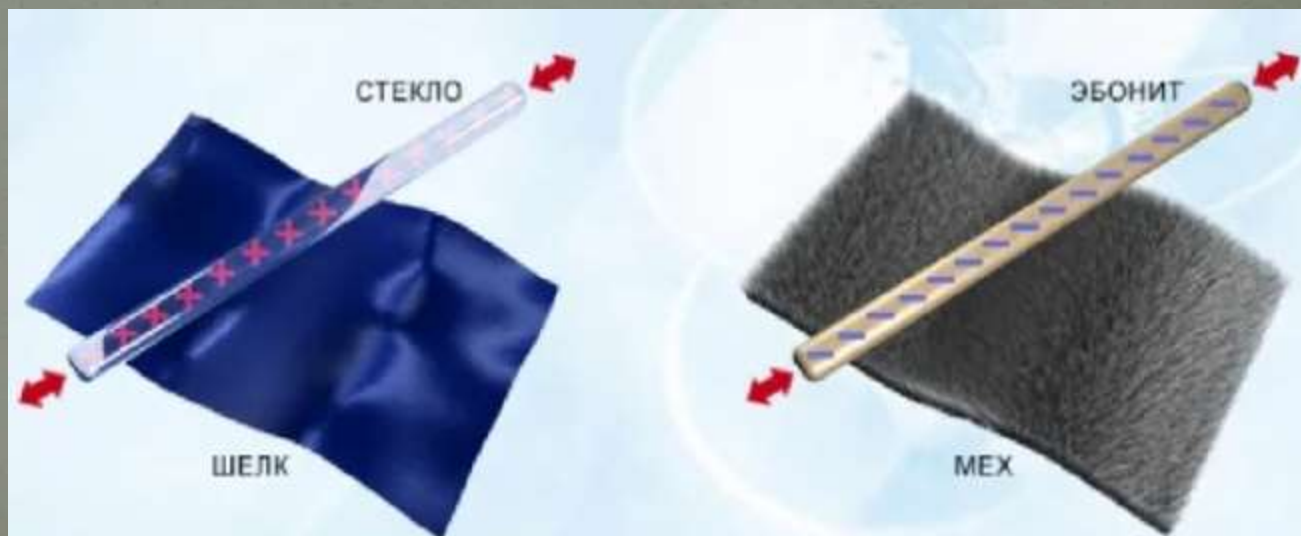
Часть 2. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО (и МАГНЕТИЗМ)

Электродинамика – раздел физики, изучающий взаимодействия электрически заряженных тел, свойства электрических и магнитных полей

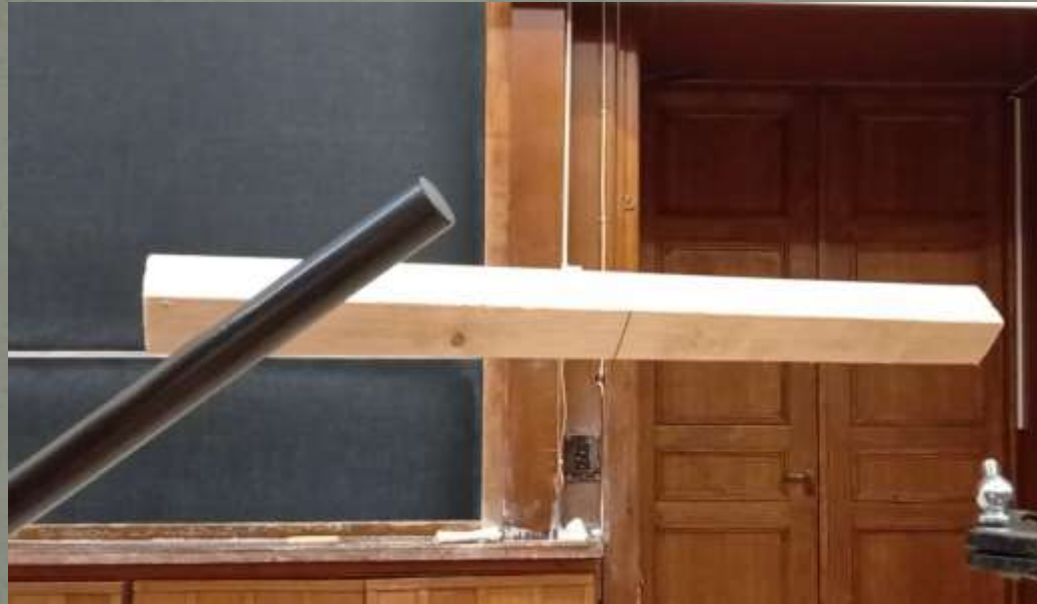
“... Силы трения, сила ветра, химические связи, вязкость, магнетизм, силы, заставляющие вертеться колёса фабрик и заводов, – все эти явления – не что иное, как закон Кулона ...”

Дж.Р. Захариас (в журнале “Science”, 1957 г.)

Электрические взаимодействия ???



Электрические взаимодействия ???




§ 7. Закон Кулона. Электрическое поле

7.1. Электрический заряд ? ...

Ш. Кулон: “электрическая масса”

► “Опр.” - мера способности частиц и тел к электрическим и магнитным взаимодействиям

Свойства:

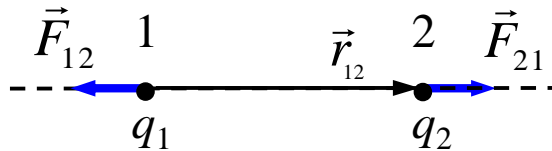
- 1) Существует два сорта эл. зарядов – “+” и “-”;
 - 2) Заряд дискретен – существует минимальная порция: $|e| = 1,6 \dots \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$;
 - 3) Заряд тел: $q = \pm n \cdot |e|$, n – натуральное число.
 - 4) Заряд сохраняется;
 - 5) Заряд инвариантен;
- 

♣ В электрически изолированной системе алгебраическая сумма электрических зарядов не изменяется с течением времени ($\sum q = \text{const}$).

Электростатика (заряды в покое/равновесии)

7.2. Закон Кулона – основной закон электростатики

1785 г.



$$F_{21} \sim \frac{1}{r^2}, |q_1| \cdot |q_2|, \dots$$

Замечания:

1) $\frac{1}{r^2}$ А вполне ли точно ?

2) ... в покое. А если в движении ?

$$\dots + \vec{F}_{\text{магн}} \equiv \vec{F}_L$$

3) ... в вакууме. А если в «среде» ?

$$\vec{F}_{\text{в среде}} = \frac{\vec{F}_0}{\varepsilon}$$

4) Мощнее гравитации ... ?

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r}$$

Атом водорода

$$\frac{F_{\text{э}}}{F_G} \sim 10^{\text{○}}$$

“1 %” ???



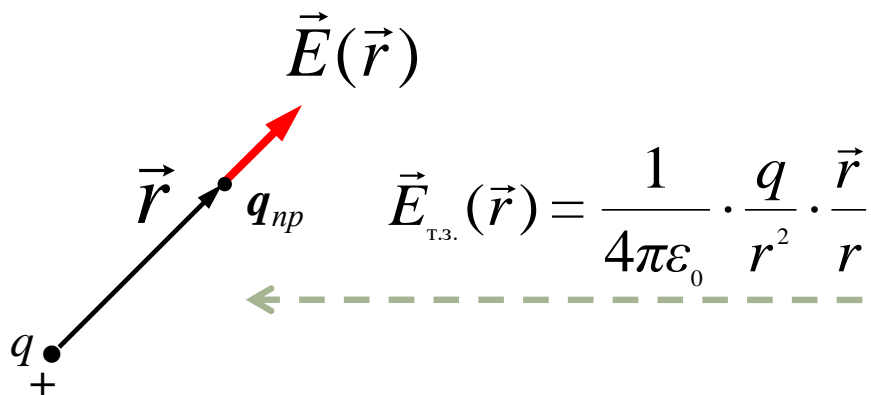
“поднимает Землю”

!!!



7.3. Напряжённость поля. Принцип суперпозиции

«Электрическое поле» ? ... \Rightarrow Опр. $\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}_e}{q_{np}}$



$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}(x, y, z)$$

«Поле»!

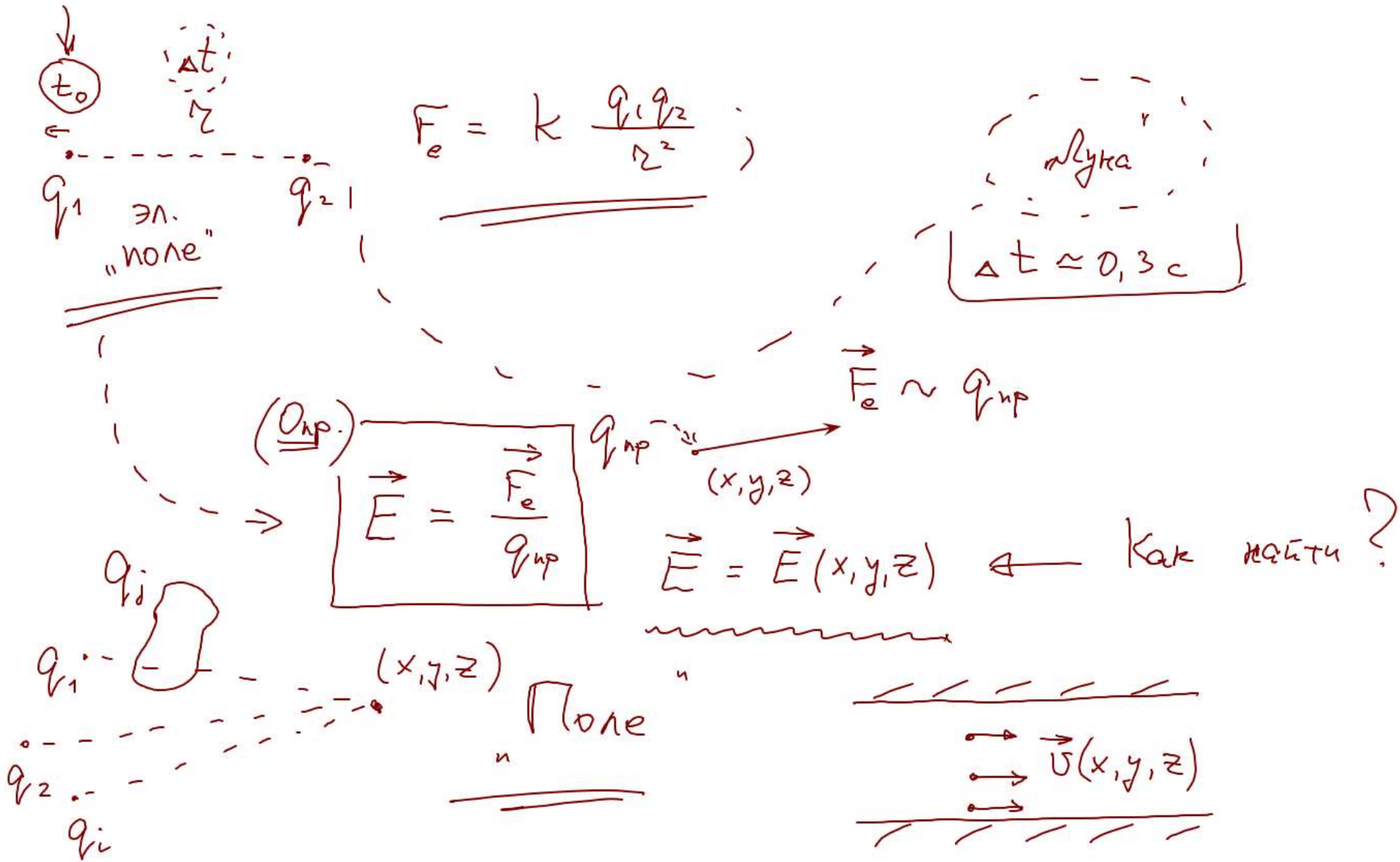
$$\vec{E} = \vec{E}(x, y, z)$$

А если зарядов много или заряжено тело ? ...

$\vec{E}(\vec{r}) = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i$ Принцип суперпозиции полей сил и полей (эксперимент !)

А как это реализуют на практике?

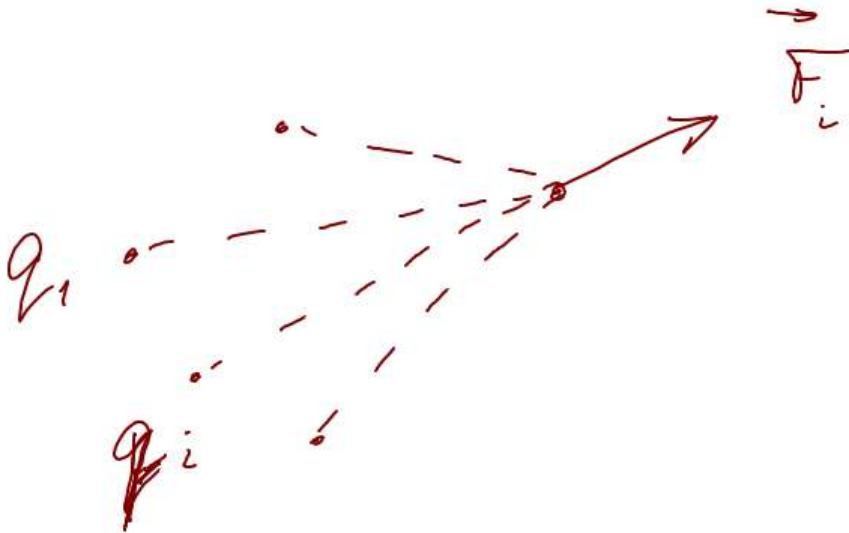
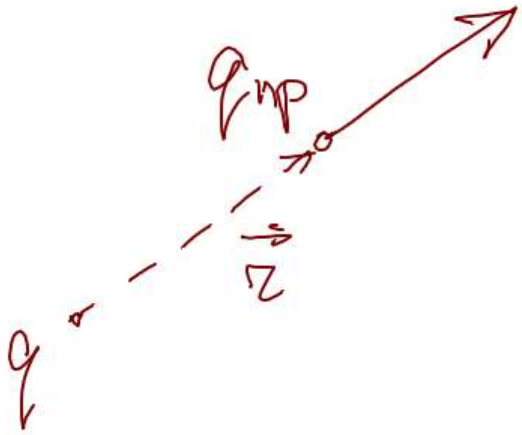
Доска 1



Доска 2

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q_{mp}}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

$$\vec{E}_{Т.З.}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$



$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$$

$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i$$