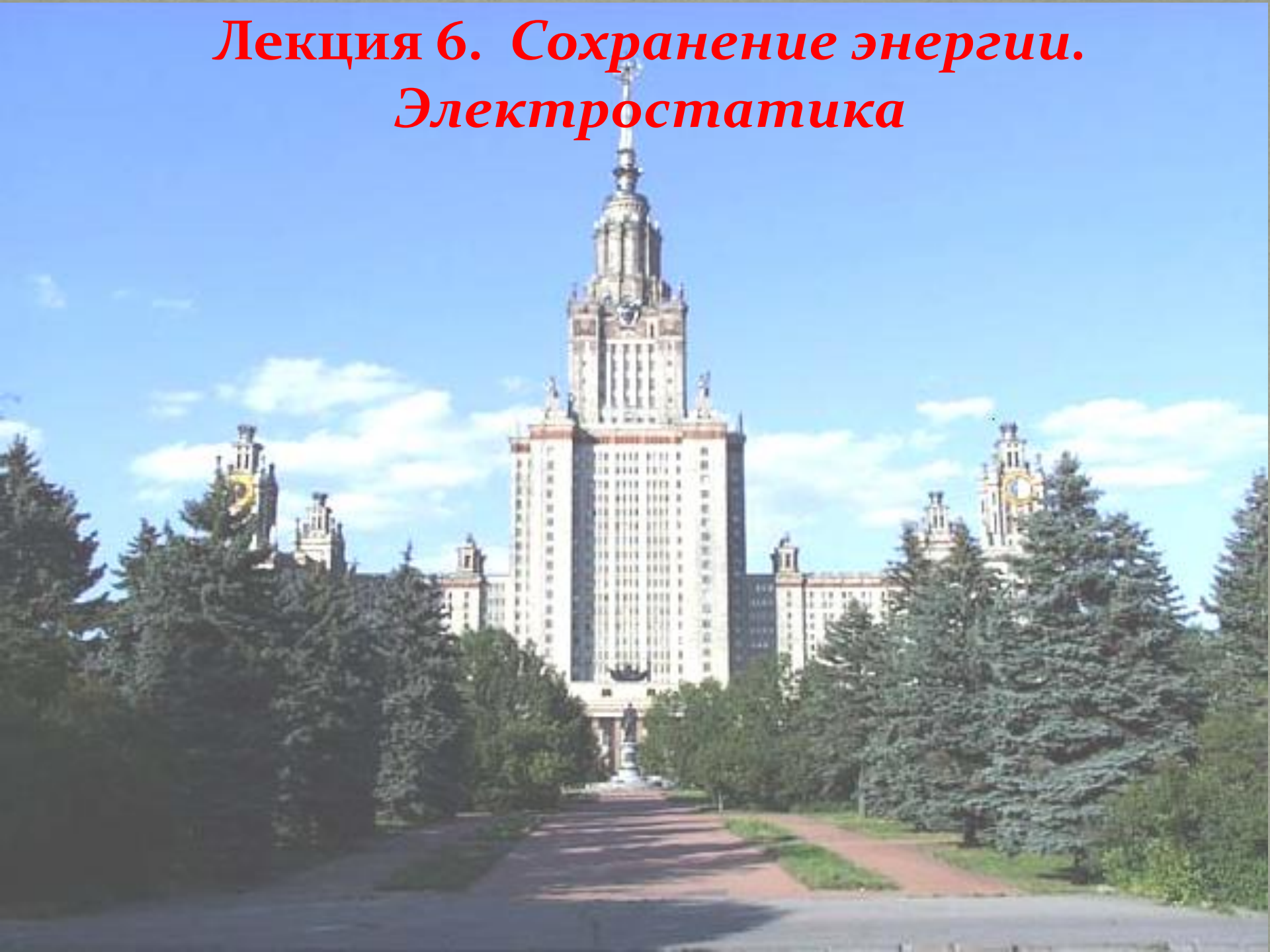
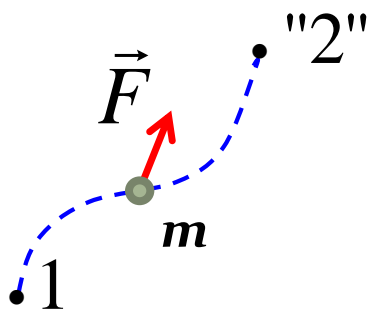


# *Лекция 6. Сохранение энергии. Электростатика*



# 5.11. Закон сохранения механической энергии

## 5.11.1. Одна частица (MT)



$$\Delta T = \underline{\underline{A_{12}^{(K)}}} + A_{12}^{(HK)}$$



$$\Delta T = -\Delta U + A_{12}^{(HK)} \Rightarrow$$

$$\Delta(T + U) = A_{12}^{(HK)}$$

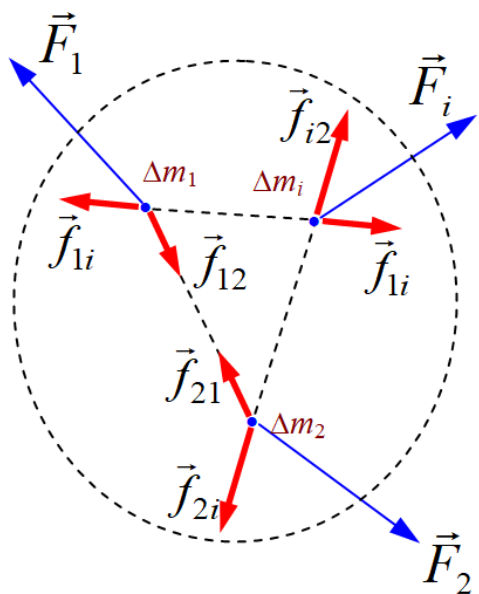
♣ **Если** работа неконсервативных сил, действующих на частицу, равна нулю, то её полная механическая энергия сохраняется

## 5.11.2. Система материальных точек

**А.** («подготовительная» формулировка) Если внешних сил, действующих на тела системы, нет, а также нет и внутренних неконсервативных сил, то полная механическая энергия системы не меняется с течением времени (т.е. сохраняется)

**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 <sup>\*</sup>), действующих на тела системы, то полная механическая энергия системы сохраняется

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

**Замечания к формулировкам :**

- 1) <sup>\*</sup>) сил, не учтённых в потенциальной энергии системы – неконсервативными могут оказаться гравитационные, упругие и “кулоновские” силы, если они внешние!
- 2) <sup>\*\*</sup>) «замкнутая» (?) система в формулировке «Б» – ??

**Замечания к §5**

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

# § 6. Пример применения основных законов механики – гироскоп

## 6.1. Основные понятия

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

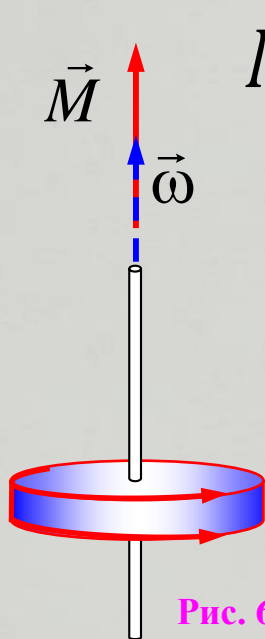


Рис. 6.1

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

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

### • Гироскопические эффекты :

1) Свободный гироскоп ; ( $\vec{N} = 0 \Rightarrow \vec{M} = const$ )

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

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

(“гироскопический маятник”)

Регулярная прецессия

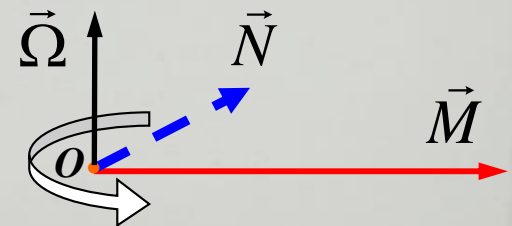


Рис. 6.3

# Регулярная прецессия

а) вид сбоку

б) вид сверху

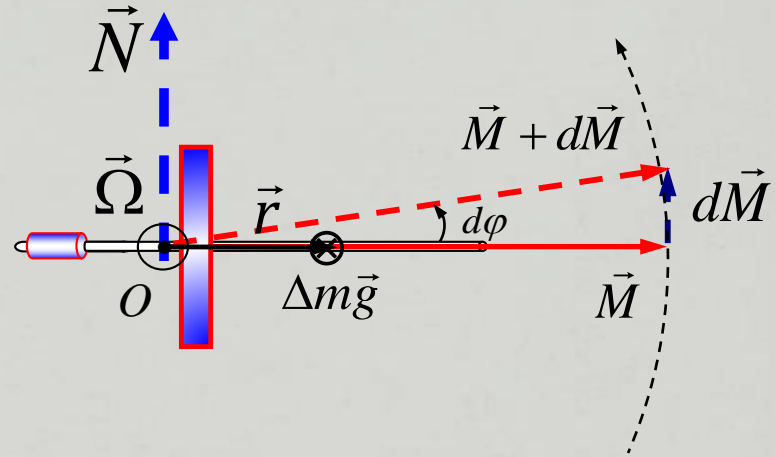
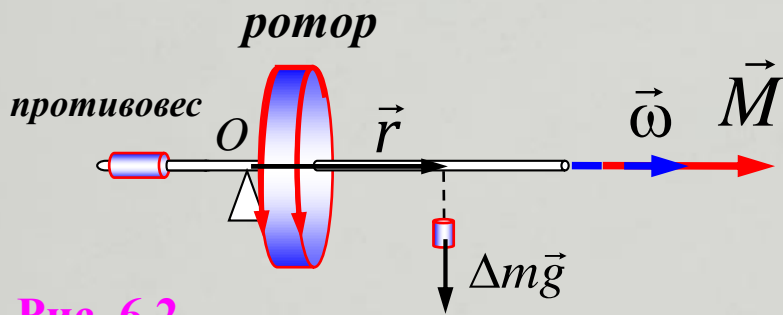


Рис. 6.2

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

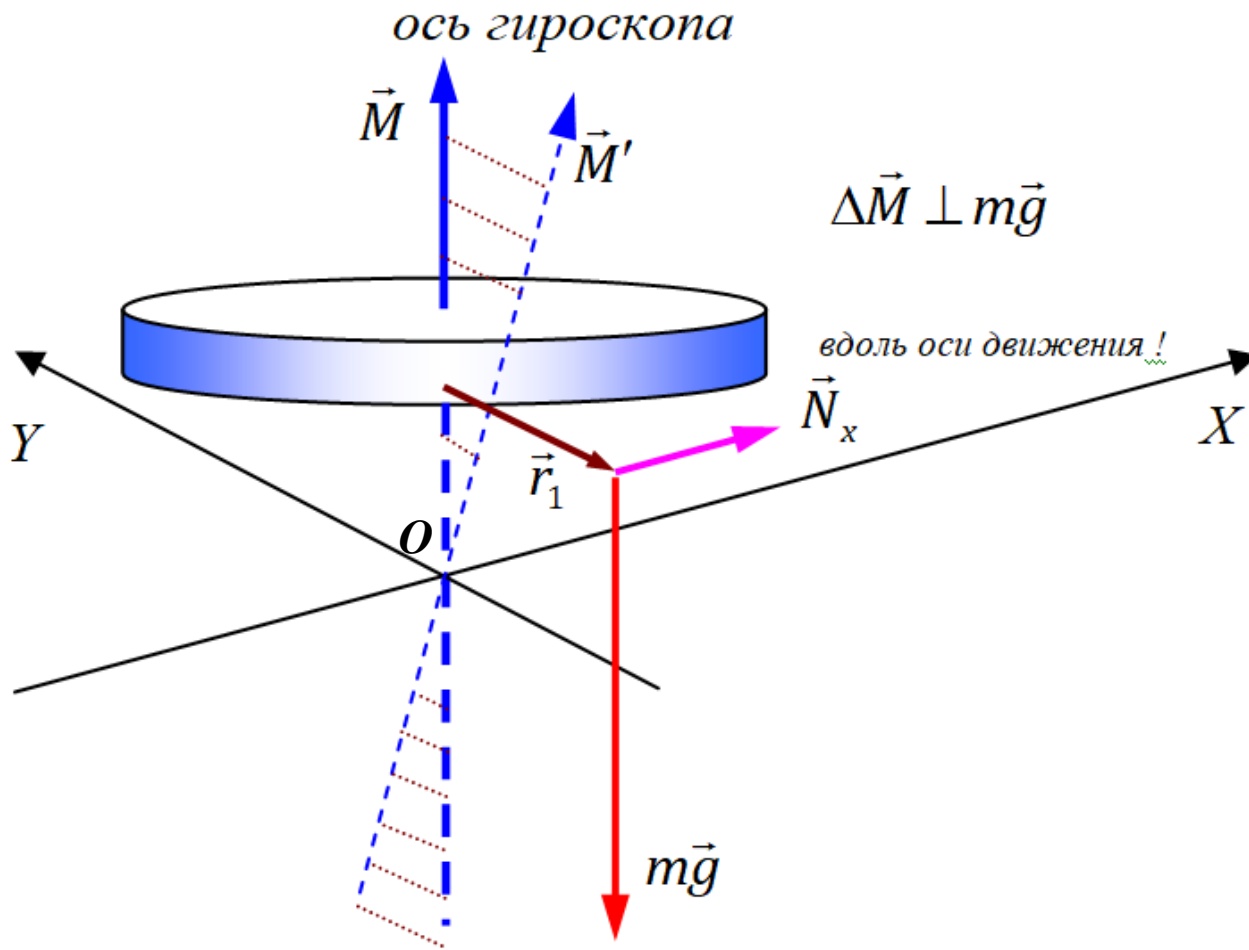
$$d\varphi = \frac{dM}{M}$$

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

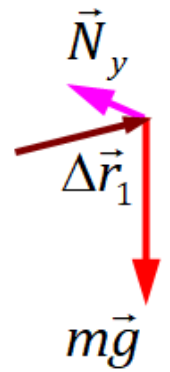
$$\Omega = \frac{N}{I_z \cdot \omega}$$

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

# 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.)



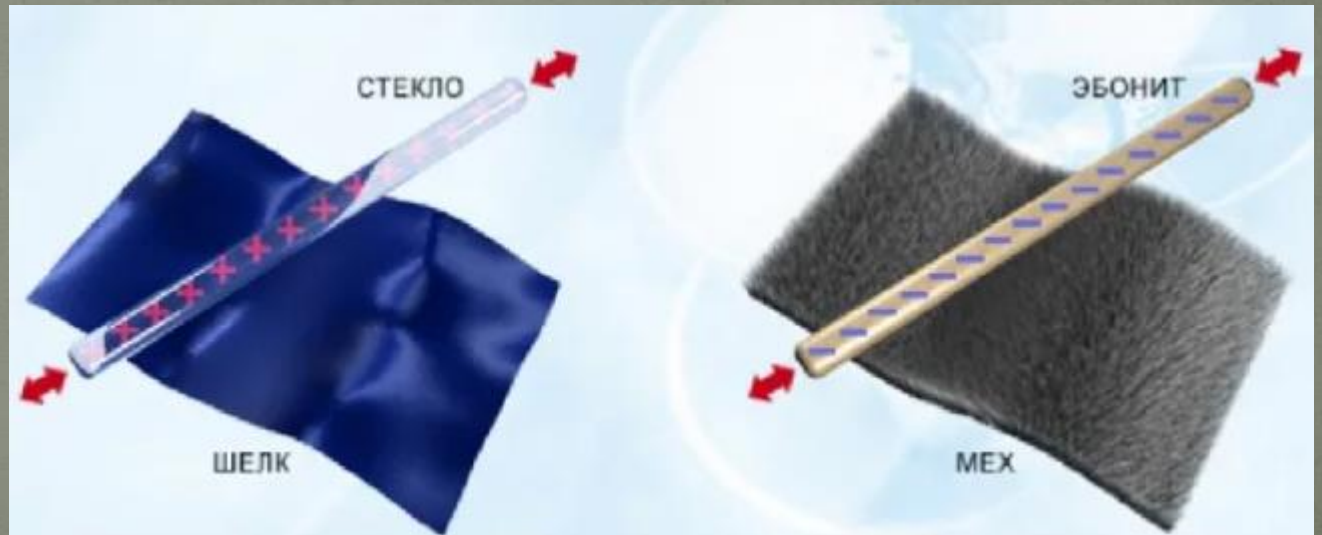
## Часть 2. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО (и МАГНЕТИЗМ)

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

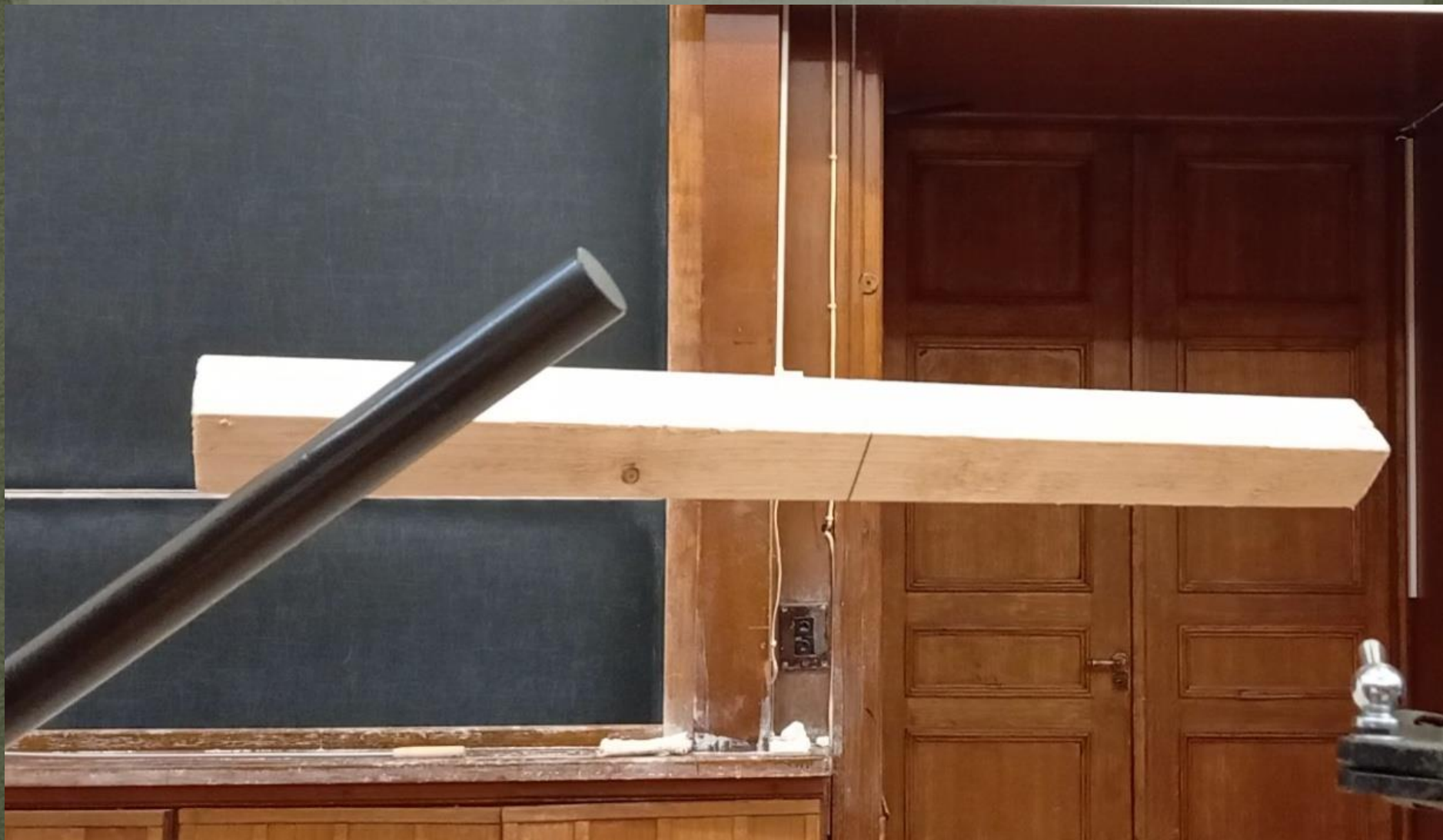
*“... Силы трения, сила ветра, химические связи, вязкость, магнетизм, силы, заставляющие вертеться колёса фабрик и заводов, – все эти явления – не что иное, как закон Кулона ...”*

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:

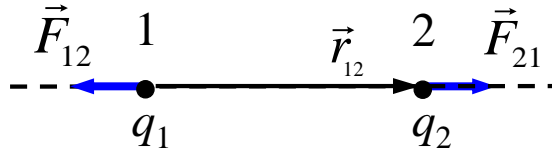
- 1) Существует два сорта эл. зарядов – “+” и “-”;
  - 2) Заряд дискретен – существует минимальная порция:  $|e| = 1,6 \dots \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ ;
  - 3) Заряд тел:  $q = \pm n \cdot |e|$ ,  $n$  – натуральное число.
  - 4) Заряд сохраняется;
  - 5) Заряд инвариантен;
- 

♣ В электрически изолированной системе алгебраическая сумма электрических зарядов не изменяется с течением времени ( $\sum q = \text{const}$ ).<sub>12</sub>



## 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 ?
- 3) ... в вакууме. А если в «среде» ?
- 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

$$\frac{F_e}{F_G} \sim 10^{36}$$

“1 %” ???



“поднимает Землю”

!!!

# Доска 1

Сохран. имп.

Если  $\sum_i \vec{F}_i = 0$  (внешн.)



$$\sum_i \vec{F}_i = 0$$

$$\Delta U = \frac{kx^2}{2} > 0$$

Сохран. мех. эн.

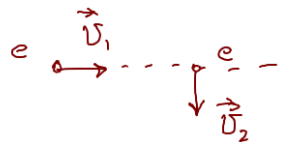
$$E = \text{const} ?$$

# Доска 2

$$\vec{a} = \frac{\sum_i \vec{F}_i}{m} \rightarrow \vec{a} + \begin{matrix} (t=0) \\ \text{Н.У.} \\ \text{Кинематика} \end{matrix} \rightarrow \text{„Закон движения“}$$

⇒ Законы для „гравитационных сил“ ...

3-й класс. 1).



2).

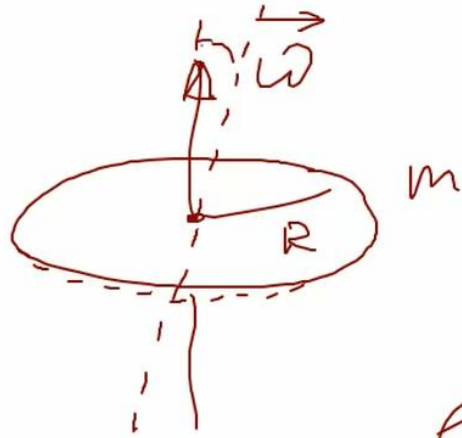
$$mgh = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{I_2 \omega^2}{2}$$

3).



$$\begin{cases} ma_c = mg - T \\ I_2 \beta = TR \\ a_c = \beta R \\ I_2 = \dots \\ v_c = a_c \tau; h = \frac{a_c \tau^2}{2} \end{cases}$$

# Доска 3



$$\rightarrow \Omega = \frac{N}{M} = \frac{N}{I_2 \omega}$$

$$\Omega \ll \omega$$

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

$$\frac{dM}{dt} = N$$

$$dM = N \cdot dt$$

$$\vec{N} = [\vec{v}, \vec{F}]$$

