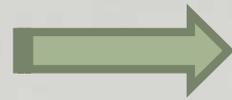
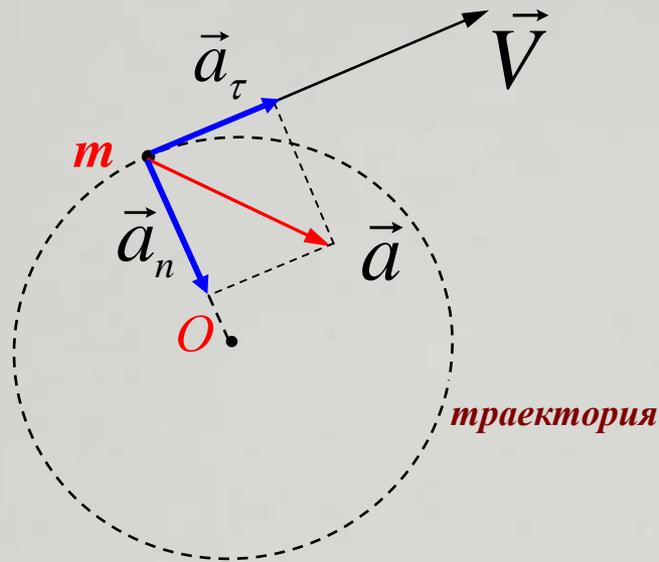


**Лекция 2. Кинематика твёрдого тела.
Динамика МТ (Законы Ньютона)**



1.4. Ускорение при движении по окружности



$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d}{dt}(v \cdot \vec{\tau}) = \underbrace{\frac{dv}{dt}}_{\vec{a}_\tau} \cdot \vec{\tau} + v \cdot \underbrace{\frac{d\vec{\tau}}{dt}}_{\vec{a}_n}$$

$$\vec{a}_\tau = [\vec{\beta} \cdot \vec{R}]$$

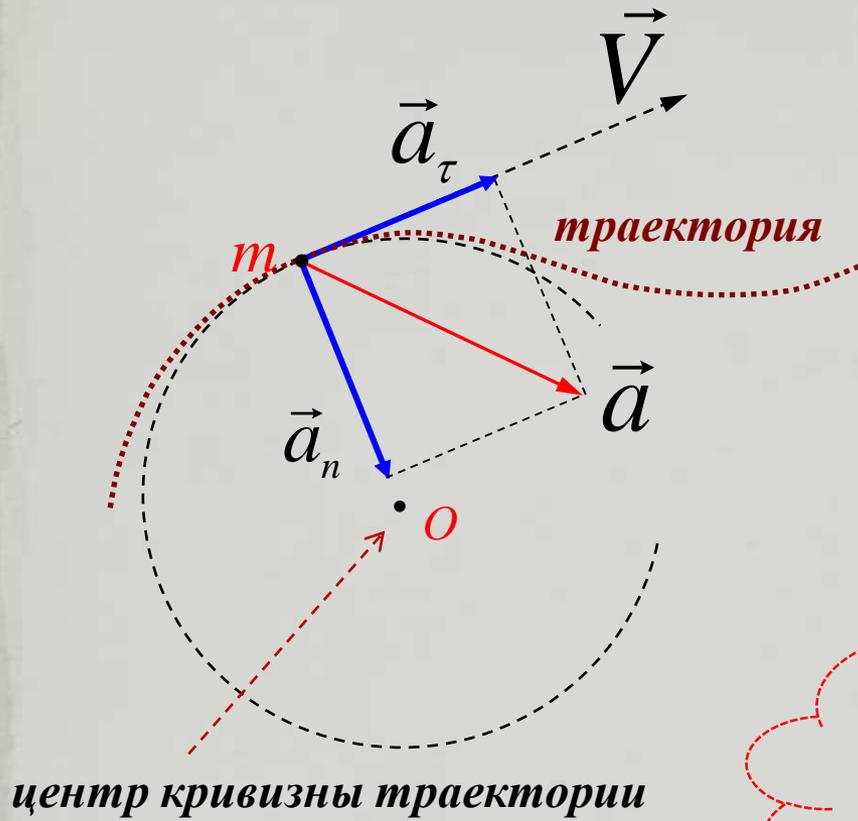
$$\vec{a}_n = -\omega^2 \cdot \vec{R}$$

$$\vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{\tau}$$

$$\vec{a}_n = v \cdot \frac{d\vec{\tau}}{dt}$$

или
$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \cdot \vec{n}$$

1.5. Ускорение при криволинейном движении



$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$

$$\vec{a} = \frac{d}{dt} [\vec{\omega}, \vec{R}_{кр}]; \quad \vec{V} = [\vec{\omega}, \vec{R}_{кр}]$$

$$\vec{a} = \left[\frac{d\vec{\omega}}{dt}, \vec{R}_{кр} \right] + \left[\vec{\omega}, \frac{d\vec{R}_{кр}}{dt} \right]$$

$$\vec{a} = [\vec{\beta}, \vec{R}_{кр}] - \omega^2 R_{кр}$$

$$\vec{a}_\tau = [\vec{\beta}, \vec{R}_{кр}]$$

$$\vec{a}_n = -\omega^2 \vec{R}_{кр}$$

или $\left(\vec{a}_n = \frac{v^2}{R_{кр}} \vec{n} \right)$

§ 2. Кинематика твёрдого тела

Под механикой разумею ту часть практического искусства, которая помогает нам разрешать затруднительные вопросы” –

Аристотель (IV век до н.э.)

2.1. Модель «абсолютно твёрдое тело»

► **(Опр.)** Модель «абсолютно твёрдое тело» (ТТ) предполагает, что можно пренебречь деформацией тел при механическом движении.

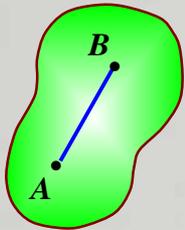


Рис. 2.1

2.2. Поступательное движение твёрдого тела

► **(Опр.)** При поступательном движении за любые интервалы времени перемещения всех точек ТТ одинаковы.

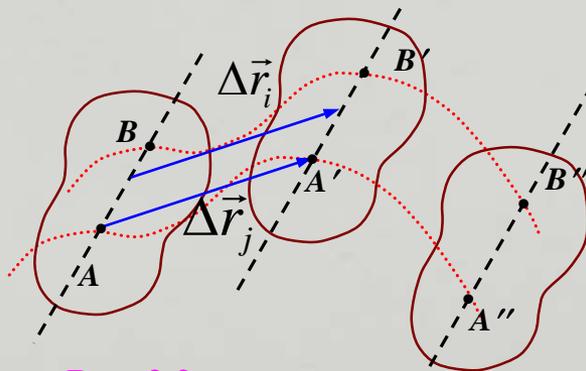


Рис. 2.2

$$\Delta \vec{r}_i = \Delta \vec{r}_j \quad \text{и} \quad d\vec{r}_i = d\vec{r}_j$$

$$\vec{V}_i(t) = \vec{V}_j(t)$$

$$\vec{a}_i(t) = \vec{a}_j(t)$$

Достаточно описать движение одной точки !!

2.3. Вращательное движение твёрдого тела

► (Опр.) При вращательном движении все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой, называемой осью вращения тела.

2.4. Плоское движение твёрдого тела

► (Опр.) При плоском движении все точки тела движутся, оставаясь в параллельных плоскостях.

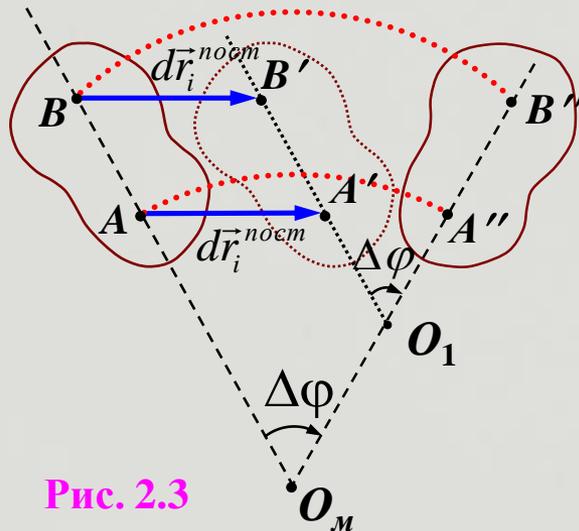


Рис. 2.3

$$d\vec{r}_i = d\vec{r}_i^{\text{носм}} + d\vec{r}_i^{\text{вращ}}$$

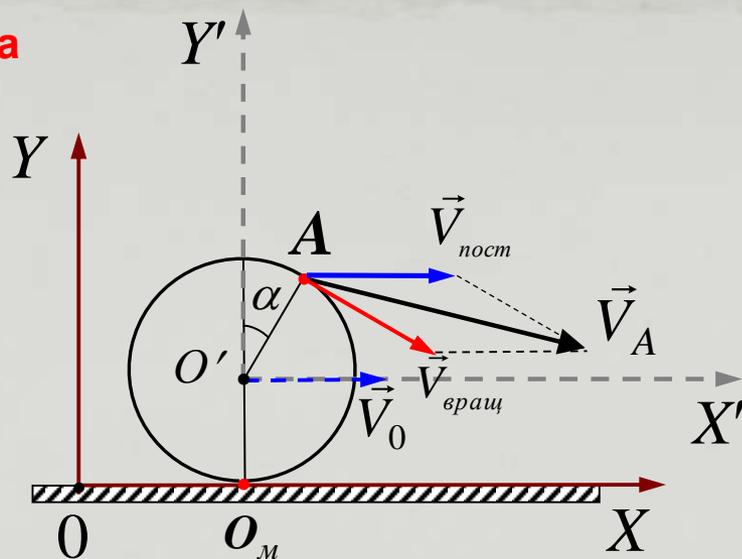
$$\vec{V} = \vec{V}_{\text{носм}} + \vec{V}_{\text{вращ}}$$

$$\vec{V}_i = \vec{V}_0 + [\vec{\omega}, \vec{r}_i]$$

Пример 2.1. Качение колеса

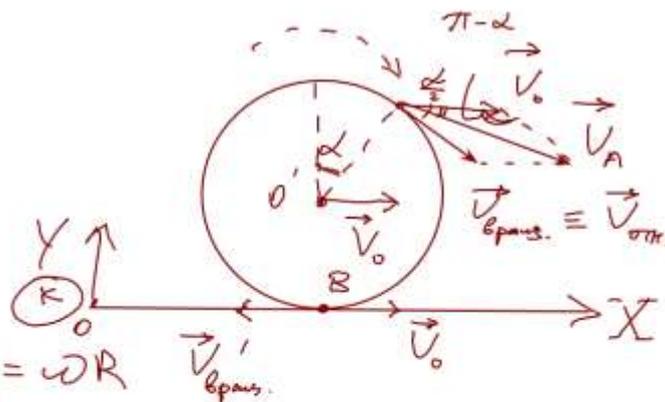
$$\vec{V}_i = \vec{V}_0 + [\vec{\omega}, \vec{r}_i]$$

любая точка



$$v_A = 2v_0 \cdot \left| \cos \frac{\alpha}{2} \right|$$

$\vec{V}_A = \vec{V}_0 + \vec{V}_{отн.}$; $V_{отн.} = \omega R$
 или $\vec{V}_A = \vec{V}_0 + \vec{V}_{вращ.}$ (гвип. по оуп.)
 ск-ть осн



$\vec{V}_B = \vec{V}_0 + \vec{V}_{вращ.}^{(B)}$; $|\vec{V}_{вращ.}^{(A)}| = |\vec{V}_{вращ.}^{(B)}| = \omega R$

ОХ: $0 = V_0 - V_{вращ.}^{(B)}$; $V_{вращ.} = V_0$

$$V_A^2 = V_0^2 + V_0^2 + 2V_0^2 \cos \alpha = 2V_0^2 (1 + \cos \alpha) = 2V_0^2 \cdot 2 \cos^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$V_A = 2V_0 \left| \cos \frac{\alpha}{2} \right|$$

§ 3. Динамика материальной точки

(и поступательного движения)

<i>“Наука спустилась с небес на Землю по наклонной плоскости Галилея” ☺</i>	<i>“Door Meten tot Weden” – «Знание через измерение!»</i>
Анри Бергсон (философ XX века)	девиз лаборатории Каммерлинг-Оннеса. Лейден. Голландия

3.1. Движение по инерции. Сила

♣ *Всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока воздействие со стороны других тел не заставит его изменить это состояние.*

(“движется по инерции”!!)

➡ **(Опр.)** Сила является мерой действия тел друг на друга.

3.2. Первый закон Ньютона

♣ **Первый закон Ньютона:** *Существуют такие системы отсчета, в которых тело движется равномерно и прямолинейно ($\vec{V} = \text{const}$), если на него не действуют другие тела или действие всех тел скомпенсировано. Такие системы называют инерциальными (ИСО).*

“демо 1” ↓

?? “демо 2” ↑

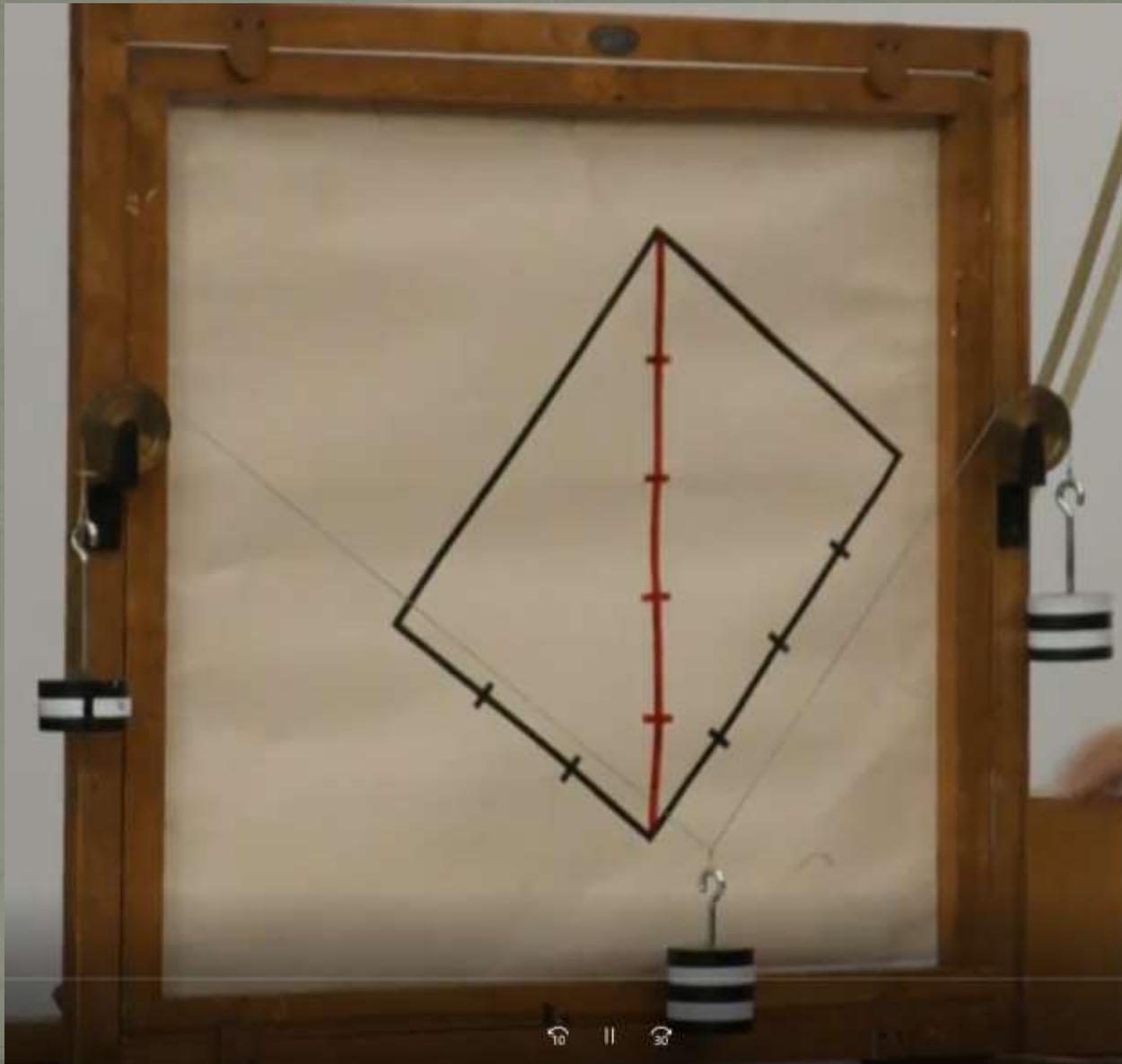
Сила – мера взаимодействия ↑



«силомер»



Сила – вектор !



*Галилей:
Нет “действия” - движение по инерции
(воздушная дорожка)*



3.3. Второй закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad ??$$

♣ Ускорение тела (МТ) прямо пропорционально действующей на него силе.

(Опр.) Масса тела есть мера инертности этого тела:

$$m = \frac{F}{a}$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

• Замечания:

- 1) \vec{F} – «равнодействующая», а лучше $\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$;
- 2) \vec{a} и \vec{F} могут быть измерены независимо ;

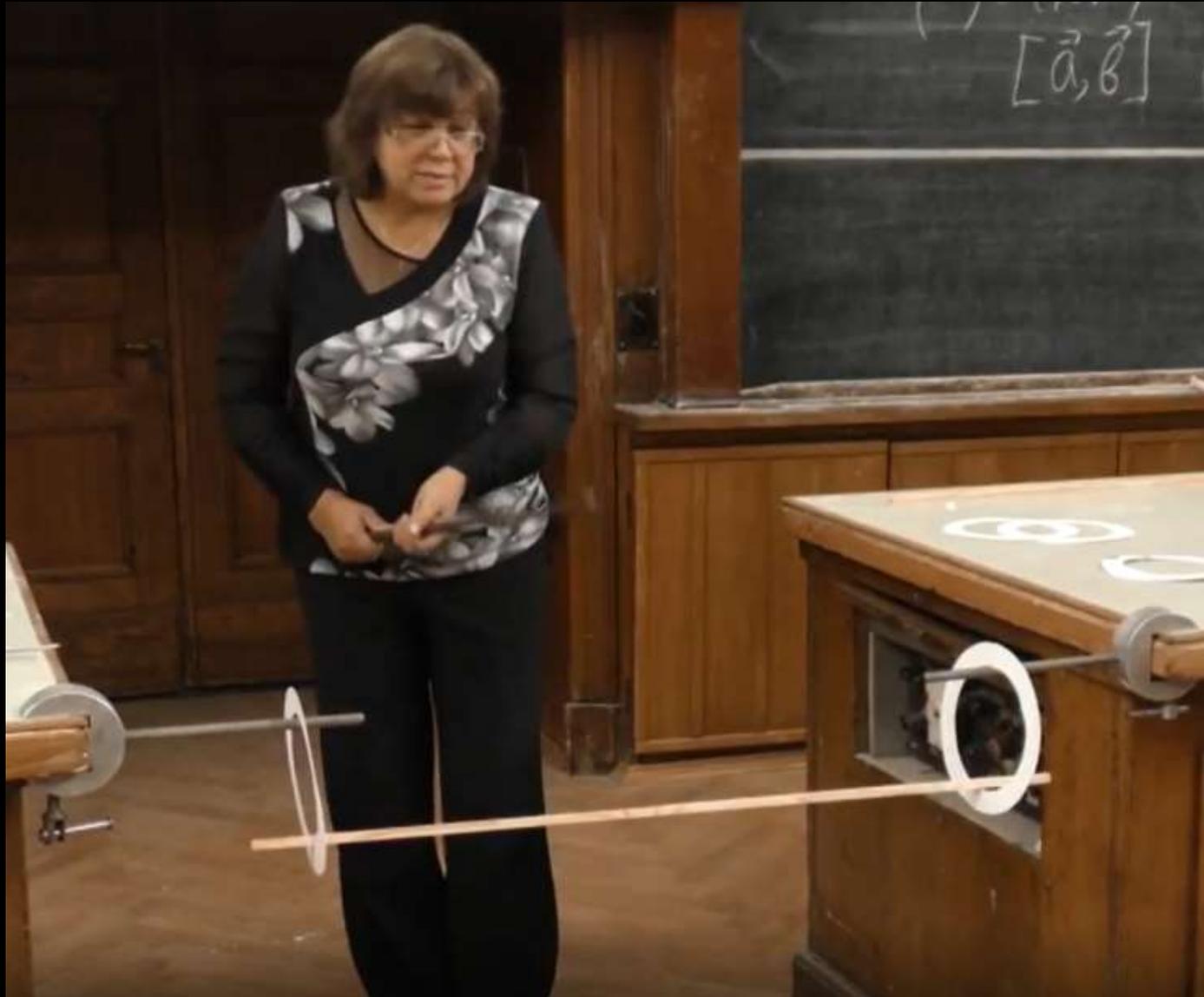
А всегда ли выполняется ?

3) ИСО \Rightarrow 1-й закон !! ;

4) при решении задач: $m\vec{a} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ или \Rightarrow

$$\begin{cases} ma = \sum_{i=1}^n F_{xi} & ; & a_x = a \\ 0 = \sum_{i=1}^n F_{yi} & . \end{cases}$$

*Простые демонстрации к законам Ньютона:
рейка в бумажных кольцах*



5) Формулировка Ньютона:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad (\text{или} \quad d\vec{p} = \vec{F} \cdot dt)$$

(Опр.) Импульсом материальной точки называется произведение её массы на скорость: $\vec{p} = m\vec{V}$

3.4. Третий закон Ньютона

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

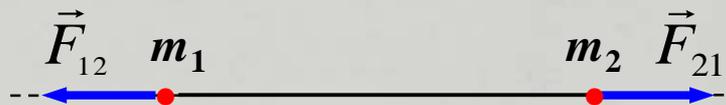


Рис. 3.1

♣ Силы взаимодействия двух материальных точек равны по величине, противоположно направлены и действуют вдоль прямой, проходящей через эти точки

• Замечания:

- равны по модулю;
- противоположно направлены;
- действуют вдоль одной прямой линии;
- приложены к разным телам;
- имеют одинаковую природу.

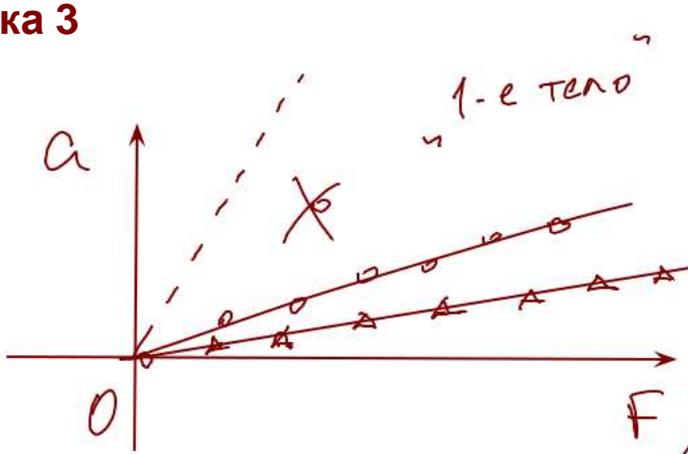
• И ещё одно:

В механике Ньютона силовое воздействие передаётся мгновенно!

*Простые демонстрации к законам Ньютона
(3-й закон Ньютона)*



Доска 3



$$\vec{a} \sim \vec{F}$$

инертность \rightarrow масса -

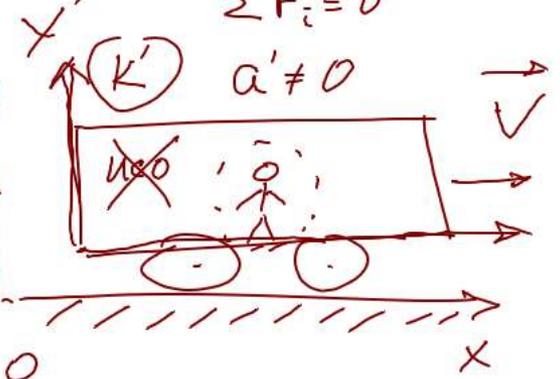
Опр.

$$m = \frac{F}{a}$$

мера инертности

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

$$a' \neq 0$$



$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}_i}{m}$$

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

\exists ИСО; $\sum_i \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0;$