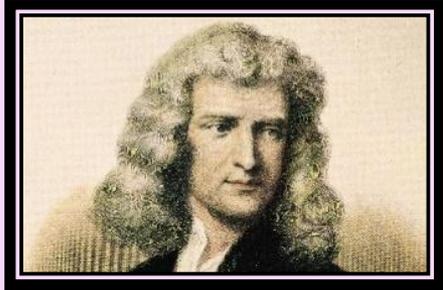


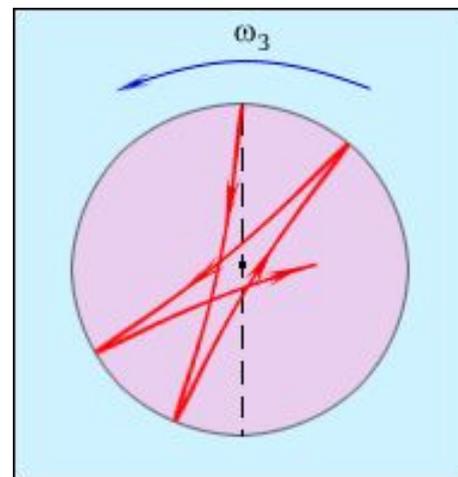
3. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея.
Трудности классической механики.

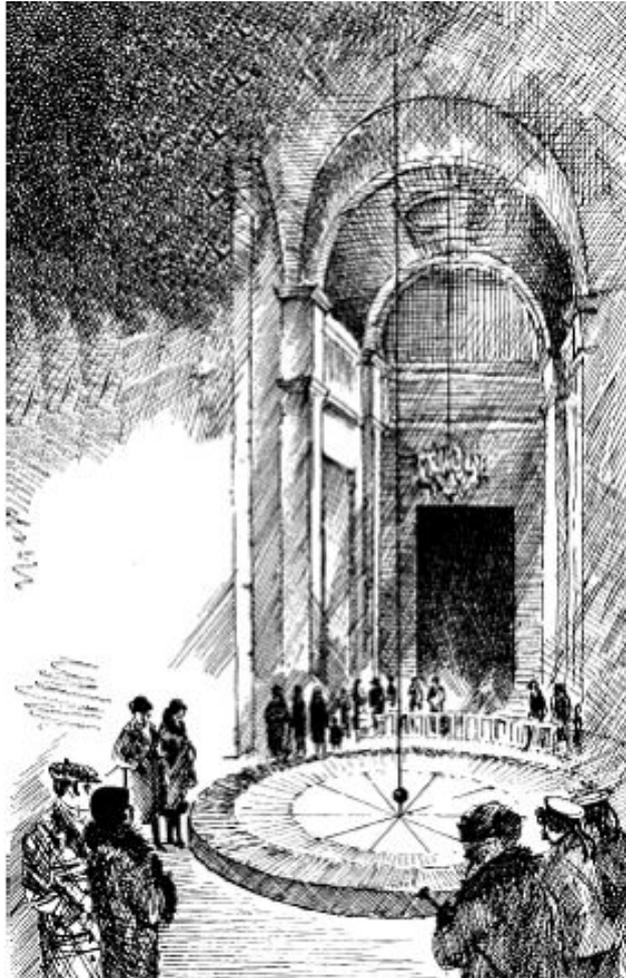


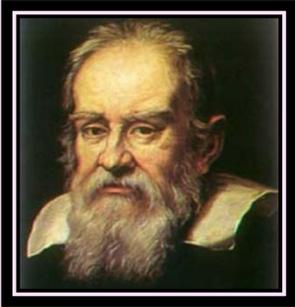
Тело движется равномерно и прямолинейно или сохраняет состояние покоя, пока воздействие других тел не изменит это состояние (закон инерции).

Инерциальная система отсчета – система отсчета, в которой соблюдается первый закон Ньютона.

Маятник Фуко: демонстрация неинерциальности системы отсчета, связанной с Землей.

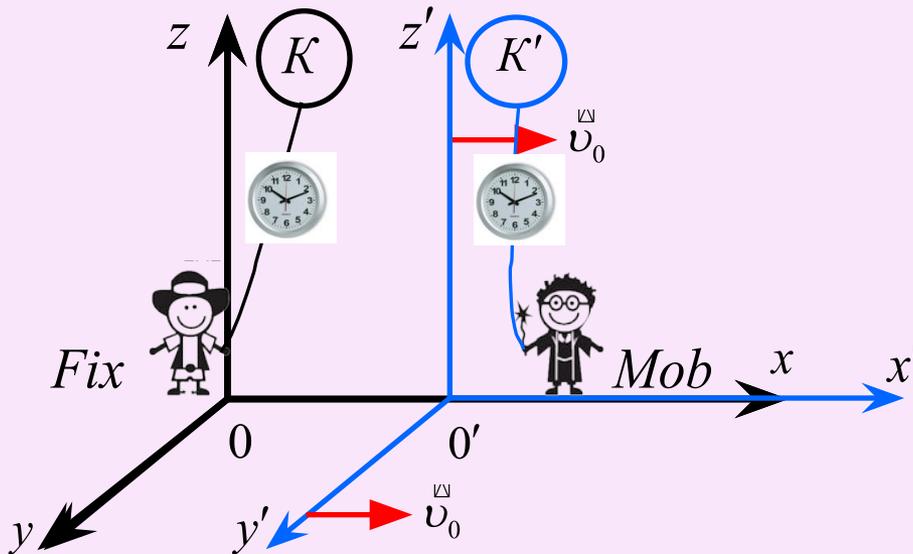






Принцип относительности Галилея.

Все инерциальные системы отсчета (ИСО) эквивалентны друг другу. Никакими механическими опытами, проведенными в данной ИСО, нельзя определить, движется система или нет. Во всех ИСО свойства пространства и времени одинаковы.



Рассмотрим две инерциальные системы:

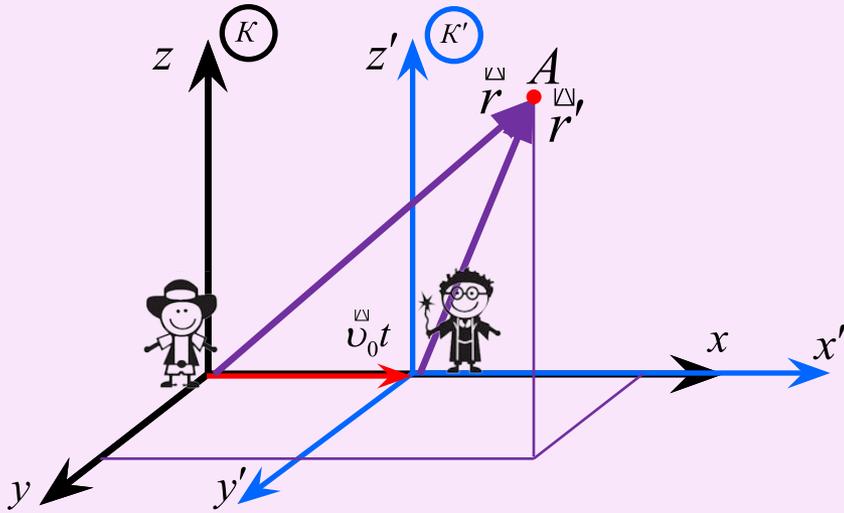
$$K(x, y, z) \quad z' (', ', ')$$

$t=0$ пусть v_0 -

$$K \Rightarrow \text{Fix}$$

$$K' \Rightarrow \text{Mob}$$

Преобразования Галилея.



$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{v}_0 t$$



$$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{v}_0 t$$



$$x' = x - v_0 t$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

Связь между
положениями мат.
точки А в 2-х ИСО

Преобразования
Галилея для
координат мат. точки
А в 2-х ИСО

$$\frac{d}{dt} \quad \Downarrow$$

$$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}_0$$

$$v'_x = v_x - v_0$$

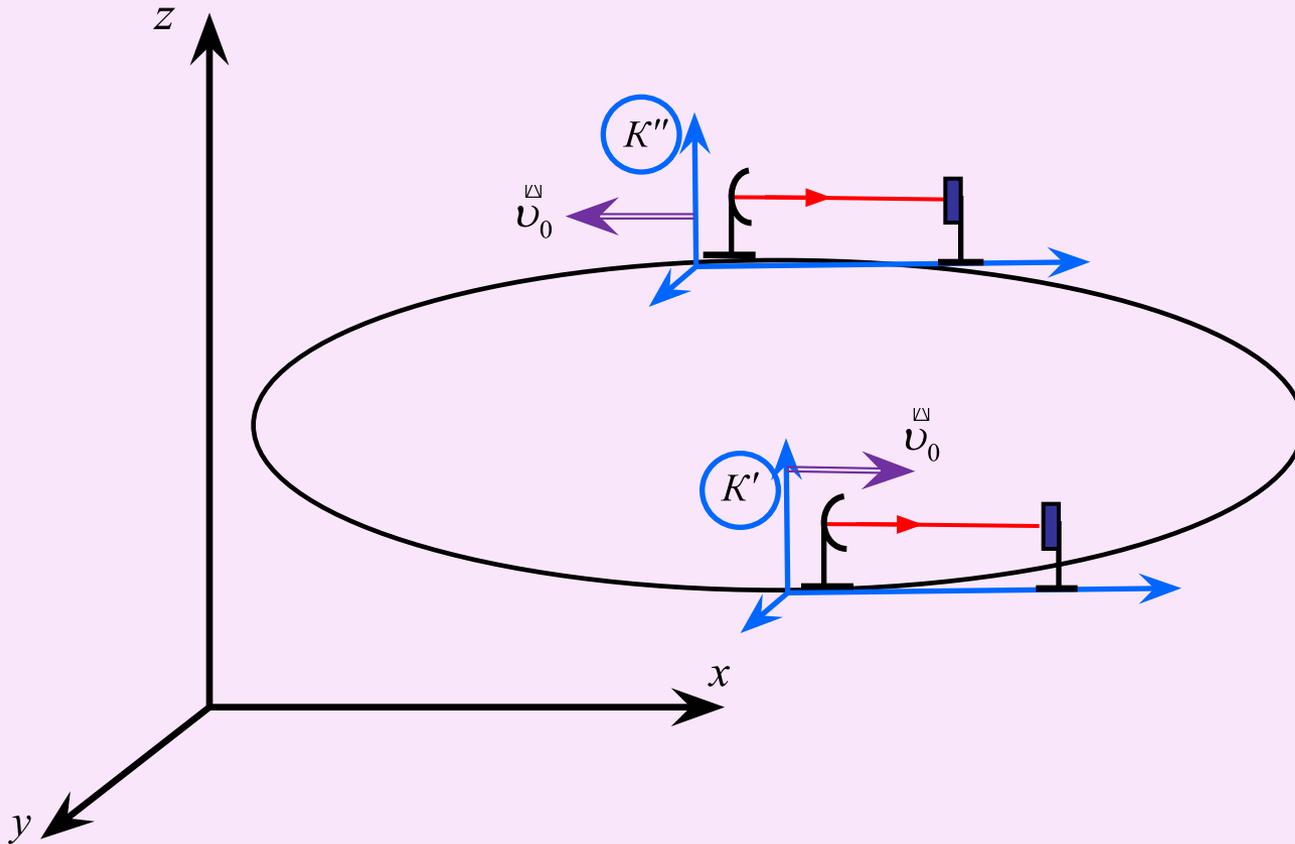
$$v'_y = v_y$$

$$v'_z = v_z$$

Преобразования
Галилея для
скоростей мат. точки
А в 2-х ИСО

Идея опыта Майкельсона и Морли для доказательства существования «светоносного эфира», с которым можно было бы связать «абсолютную систему отсчета».

В 1887 году два американских физика — Альберт Майкельсон и Генри Морли — решили совместно провести эксперимент, призванный раз и навсегда доказать скептикам, что светоносный эфир реально существует, наполняет Вселенную и служит средой, в которой распространяются свет и прочие электромагнитные волны. Майкельсон обладал непререкаемым авторитетом как конструктор оптических приборов, а Морли славился как неутомимый и непогрешимый физик-экспериментатор. Итак, пусть эфир существует. Свяжем с ним ИСО «К» (Fix).



**Идея опыта
(на Земле)**



$$K' \Rightarrow c' = c - v_0$$

Через полгода:

$$K'' \Rightarrow c'' = c + v_0$$

Результат:

$$c'' - c' = 2v_0$$



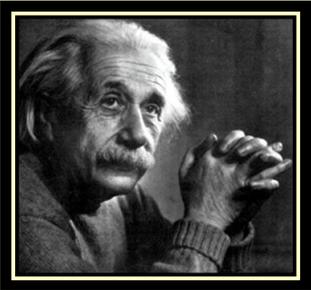
$$v_0 = \frac{c'' - c'}{2} !$$

~~скорость~~ скорость света в K K K соответственно

Результат опыта Майкельсона и Морли - **отрицательный**. Скорость света во всех экспериментах была одинаковой.

$$\Rightarrow c' = c'' = = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} !!! \Rightarrow$$

Подвергаются сомнению преобразования Галилея, а не принцип относительности.



4. Постулаты специальной теории относительности А. Эйнштейна.

1. ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

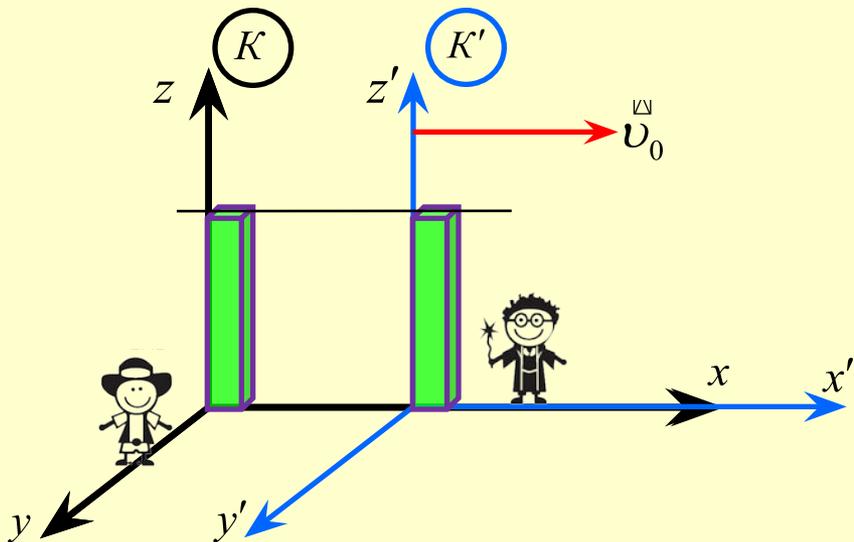
Все инерциальные системы отсчета (ИСО) эквивалентны друг другу. Никакими физическими опытами, проведенными в данной ИСО, нельзя определить, движется система или нет. Во всех ИСО свойства пространства и времени одинаковы.

2. ПРИНЦИП ИНВАРИАНТНОСТИ СКОРОСТИ СВЕТА

Скорость света в вакууме не зависит от движения источника и одинакова во всех направлениях, т.е. одинакова во всех системах отсчета.

$$\Rightarrow c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

2) Независимость поперечных размеров тел от инерциальной системы отсчета



Из эквивалентности ИСО следует, что высота одинаковых вертикальных стержней не может различаться при их относительном движении.

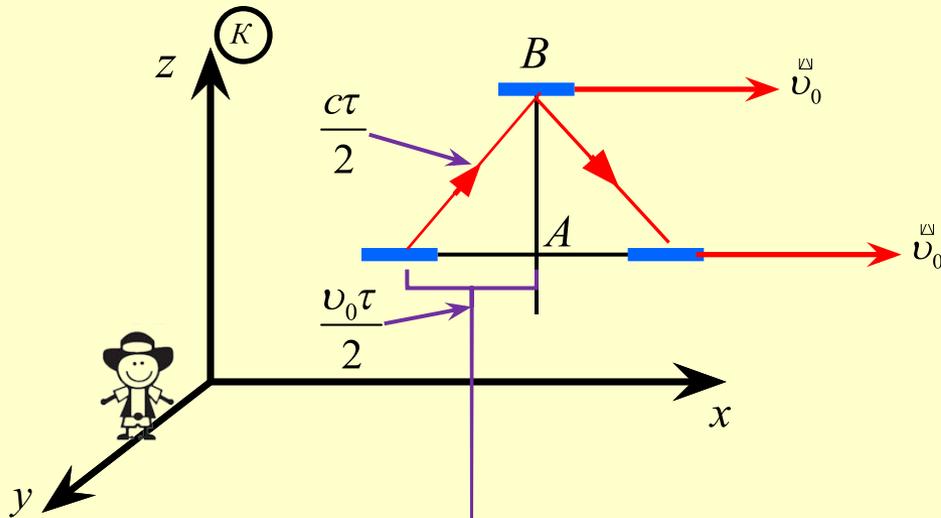
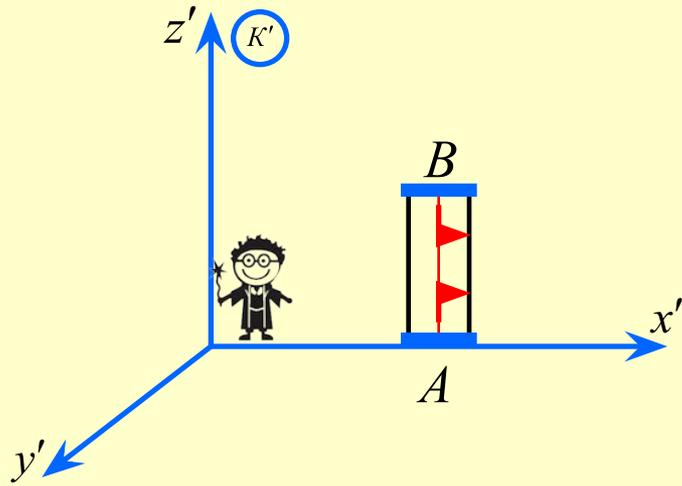


Поперечные размеры тел одинаковы в K и K'



$$\begin{aligned}y' &= y \\z' &= z\end{aligned}$$

3) Замедление течения времени в подвижной системе отсчета.



Вывод: Время в подвижной системе отсчета течет медленнее, чем в покоящейся системе отсчета.

Δt_0 Собственное время (минимально)

Метод моих неподвижных часов

$$\text{равен} \Rightarrow \tau_0 = \frac{2AB}{c} \Rightarrow AB = \frac{c\tau_0}{2}$$

Моя твои часы движутся со скоростью v_0 :

$$\left(\frac{c\tau}{2}\right)^2 = \left(\frac{v_0\tau}{2}\right)^2 + (AB)^2$$

$$\left(\frac{c\tau}{2}\right)^2 = \left(\frac{v_0\tau}{2}\right)^2 + \left(\frac{c\tau_0}{2}\right)^2$$

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \Rightarrow \text{их период } \tau > \tau_0$$



$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}$$

Диалог...

4) Прямые и обратные преобразования Лоренца.

Прямые пр – ия Л.
 $(x, y, z, t) \Rightarrow (x', y', z', t')$



$$x' = \frac{x - v_0 t}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}; \quad t' = \frac{t - (v_0/c^2)x}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}; \quad y' = y; \quad z' = z$$

Преобразования Лоренца-результат поиска соотношений, оставляющих инвариантными (неизменными) законы физики.

Когда $v_0 \ll c$ пре Лоренца переходят в пр-ия Галилея.

Обратные пр – ия Л.
 $(x', y', z', t') \Rightarrow (x, y, z, t)$



$$x = \frac{x' + v_0 t'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}; \quad t = \frac{t' + (v_0/c^2)x'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}; \quad y = y'; \quad z = z'$$



Промежуток времени,
отмечаемый движущимися
часами

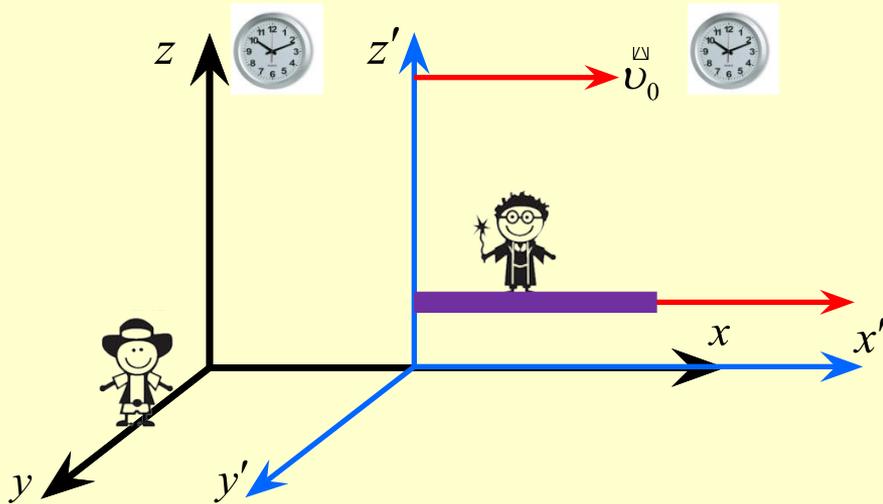


$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{t'_2 - t'_1}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}} = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - v_0^2/c^2}}$$



(Замедление
течения времени в
подвижной
системе отсчета)

5) Сокращение продольных размеров движущихся тел.



Длина моего неподвижного стержня $-\ell_0$

Вот твой стержень перемещающийся
вдоль моей оси Ox , короче! $\Rightarrow \ell < \ell_0$

$$x' = \frac{x - v_0 t}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} = \frac{x - v_0 t}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \quad \beta = \frac{v_0}{c}$$



$$x' \sqrt{1 - \beta^2} = x - v_0 t$$



$$(x'_2 - x'_1) \sqrt{1 - \beta^2} = x_2 - x_1$$

$$\ell_0 \sqrt{1 - \beta^2} = \ell$$



$$\ell = \ell_0 \sqrt{1 - \beta^2}$$

«Лоренцево» сокращение продольных
размеров тел.



$$\ell < \ell_0$$

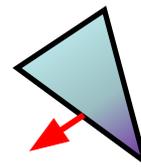
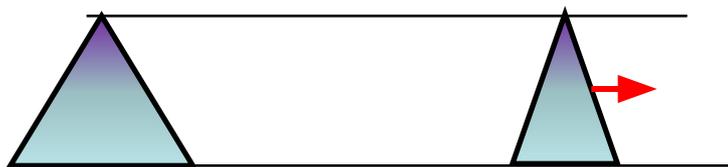
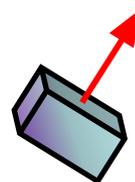
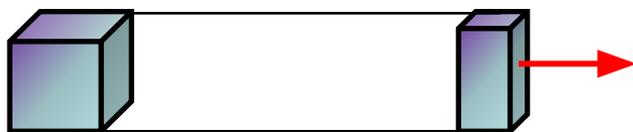
«Собственная
длина»

Время в системе отсчета, движущейся с часами, течет медленнее (для наблюдателя, относительно которого происходит движение).

Это же относится ко всем процессам, протекающим в движущимся относительно наблюдателя системах отсчета.

Экспериментальное доказательство: нестабильные частицы мюоны с временем жизни 2 мкс.(собственное время), образующиеся в верхних слоях атмосферы (20-30км) достигают поверхности Земли, т.к. их время течет медленнее.

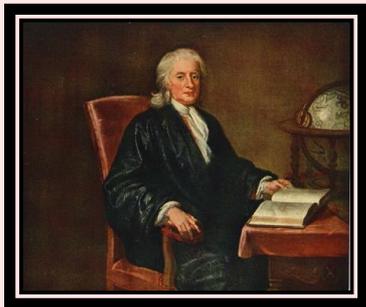
Изменение формы тел, движущихся со скоростью близкой к скорости света, из-за сокращения их продольных размеров



**Понятия продольных
размеров тел, промежутка
времени также
относительны, как и
понятия движения и покоя.**

Диалоги Моба и Фикса.....





6. Второй закон Ньютона. Движение центра инерции тела.

Импульс
материальной точки



$$\vec{p} = m\vec{v}$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$



Скорость изменения импульса материальной точки во времени равна результирующей силе, действующей на материальную точку

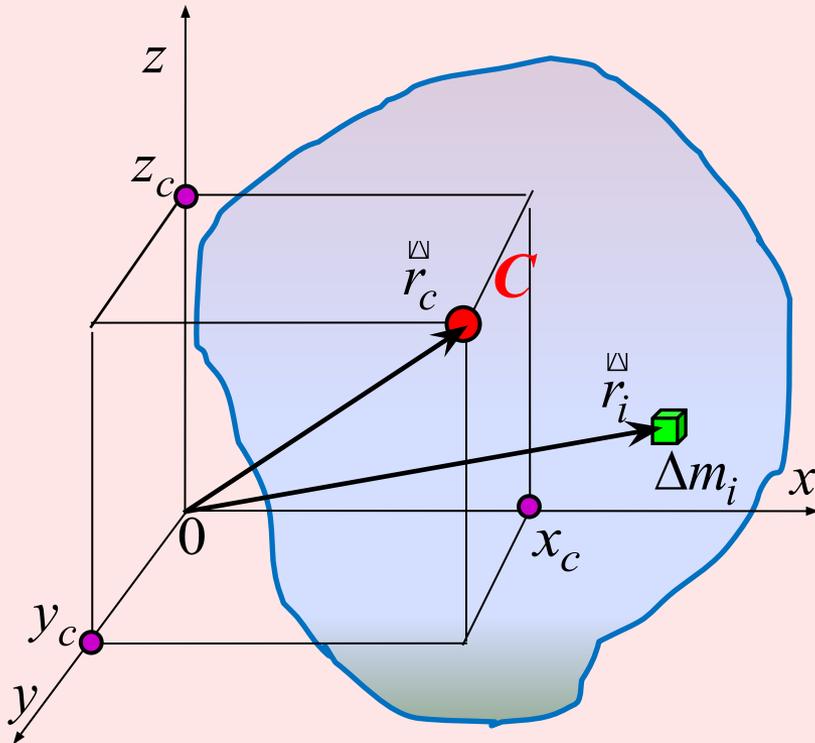
если $m = const.$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} = \vec{F}$$



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

Определение центра инерции тела (системы тел)



$$\vec{r}_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N \Delta m_i \vec{r}_i$$

Докажем:

$$\vec{a}_c = \frac{d^2 \vec{r}_c}{dt^2} = \frac{\vec{F}}{m}$$

$$\overset{\square}{a}_c = \frac{d^2 \overset{\square}{r}_c}{dt^2} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N \Delta m_i \frac{d^2 \overset{\square}{r}_i}{dt^2} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N \Delta m_i \overset{\square}{a}_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N \overset{\square}{f}_i = \frac{\overset{\square}{F}}{m}$$

Центр инерции тела (системы тел) движется так же, как двигалась бы **материальная точка** с массой, равной массе тела (системы тел), под действием результирующей **всех внешних сил**, приложенных к телу (системе тел).

Характеристикой взаимодействия тел является **сила**

1. **Гравитационные**, действуют на любые массы и порождаются массой, действуя на расстоянии.
2. **Электромагнитные**, действуют на заряды и токи со стороны других зарядов и токов.
3. **Ядерные**, именно они скрепляют ядро, несмотря на сильное электростатическое отталкивание между протонами.
4. **Слабые силы**, имеющие малый радиус действия (физика элементарных частиц).

Сила – величина векторная.

Характеризуется численным значением, направлением в пространстве, точкой приложения.