

ЛЕКЦИЯ 3

ДИНАМИКА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА. ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЁТА.



Исаак НЬЮТОН

- В отличие от кинематики, **динамика** - это раздел механики, изучающий движение тел в связи с теми причинами (взаимодействиями между телами), которые обуславливают тот или иной характер движения.
- **Динамика** - основной раздел механики, в основе которого лежат **3 закона Ньютона**.
- **Первый закон Ньютона** гласит: существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если на него не действуют другие тела или действие всех тел компенсируется.

- Свойство тела сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения при отсутствии внешних воздействий (со стороны других тел) называется инерцией (от латинского "inertia" - бездействие).
- 1 закон Ньютона называют **законом инерции**, а движение тела, свободного от внешних воздействий **движением по инерции** $\Sigma \vec{F}_i = 0$..
- Справедливость его подтверждается многочисленными опытными фактами. Так как механическое движение относительно и его характер зависит от системы отсчёта, то возникает вопрос: о каком покое или равномерном прямолинейном движении идёт речь? Как надо выбирать систему отсчёта, чтобы выполнялся 1 закон Ньютона?

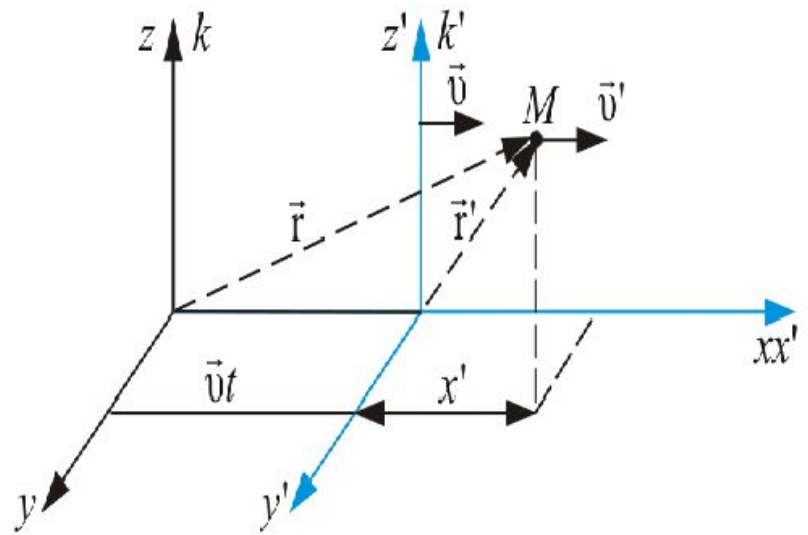
- Системы отсчёта в которых выполняется 1 закон Ньютона называются **инерциальными системами отсчёта**.
- *Пример:* предметы лежащие на полках в неподвижном вагоне, могут упасть при движении поезда с ускорением или при повороте.
- Системы отсчёта в которых 1 закон Ньютона не выполняется называются **неинерциальными системами отсчёта**.
- *Пример:* Инерциальной является, так называемая, гелиоцентрическая система отсчёта, центр которой совпадает с центром Солнца. С менее высокой степенью точности можно считать инерциальной системой отсчёта, связанную с Землёй (так как Земля вращается вокруг своей оси и вокруг Солнца). Но её ускорение настолько мало, что при решении многих задач её можно считать инерциальной.




Принцип относительности

Галилея:

Все механические явления протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета.





$$\left. \begin{aligned} x &= x' + vt' \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= t' \end{aligned} \right\}$$



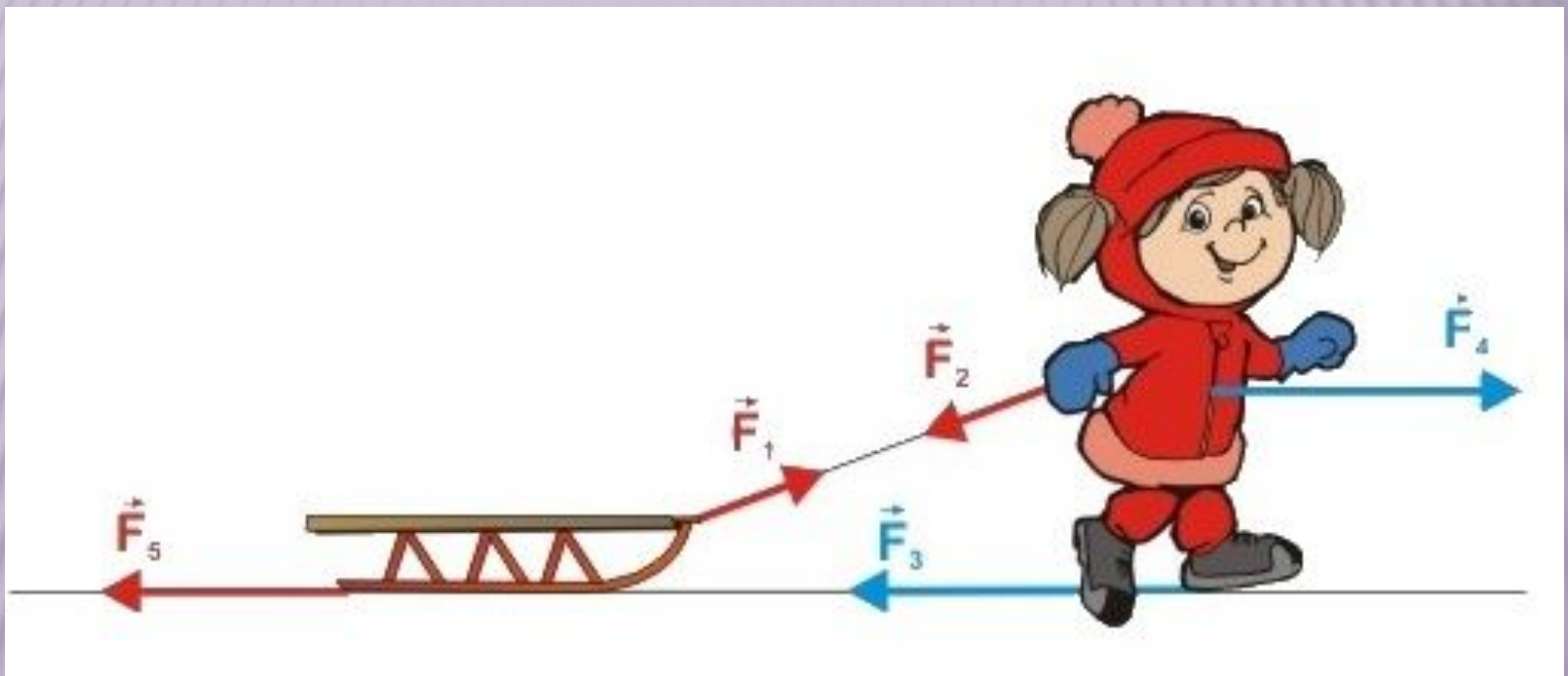
$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{v}t.$$

$$\vec{v}_1 = \vec{v}' + \vec{v}$$

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}'}{dt} + \vec{v}$$

ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА. СИЛА, МАССА, ИМПУЛЬС ТЕЛА.

- Под действием сил тела либо изменяют свою скорость v (приобретая ускорение), в этом заключается динамическое проявление сил, либо деформируются (меняют форму и размеры) - статическое проявление сил.
- Сила полностью задана, если указаны её модуль F , направление в пространстве и точка приложения.
- Сила - это векторная физическая величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело, со стороны других тел или полей в результате которого тело получает ускорение или деформируется.
- Прямая, вдоль которой направлена сила, называется линией действия силы.



- 2 закон Ньютона - основной закон динамики поступательного движения - отвечает на вопрос, как изменится ускорение \vec{a} материальной точки (тела) под действием приложенных к ней сил.
- Опыты показали, что если на тело действуют n сил
- $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$, приложенные к одной точке тела, то их действие эквивалентно действию одной силы, равной геометрической (векторной) сумме:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

- \vec{F} - равнодействующая (результатирующая) всех сил, приложенная в этой же точке тела, что и $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$.

□ Опытами установлено, что $\vec{a} \sim \vec{F}$ (ускорение пропорционально приложенной силе и совпадает с ней по направлению).

□ Если на разные тела действовать одинаковыми силами, то они приобретают различные ускорения. Следовательно, ускорение зависит не только от \vec{F} , но и от некоторого объективного свойства, присущего самому телу и характеризующего его инертность. В качестве меры инертности в механике вводится положительная скалярная величина m - масса тела. Именно благодаря инертности (массы) тело изменяет свою скорость не мгновенно, а постепенно, приобретая под действием силы постоянное ускорение.

□ ***Масса - мера инертности тела поступательного движения.***

□ Масса тела $= \sum_i m_i$

□ ~~Масса системы тел $= \sum_k m_k$ всех тел, входящих в систему.~~

□ Итак, **2 закон Ньютона** гласит:

□ $\vec{a} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{m}$ - основной закон динамики поступательного движения.

□ *Формулировка:* Ускорение тела (материальной точки) пропорционально вызывающей его силе, совпадает с ней по направлению и обратно пропорционально массе тела (материальной точке).

□ 2 закон Ньютона справедлив только в инерционных системах отсчёта.

- 1 закона Ньютона может быть получен из 2:
- действительно при $\sum_i \vec{F}_i = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0 \Rightarrow \vec{v} = const$
- В системе СИ единицей силы являются 1Н - это сила, которая единицы массы сообщает ускорение 1 м/с^2 .
- $1\text{Н} = 1\text{кг} \cdot 1\text{м/с}^2$

□ Импульс тела.

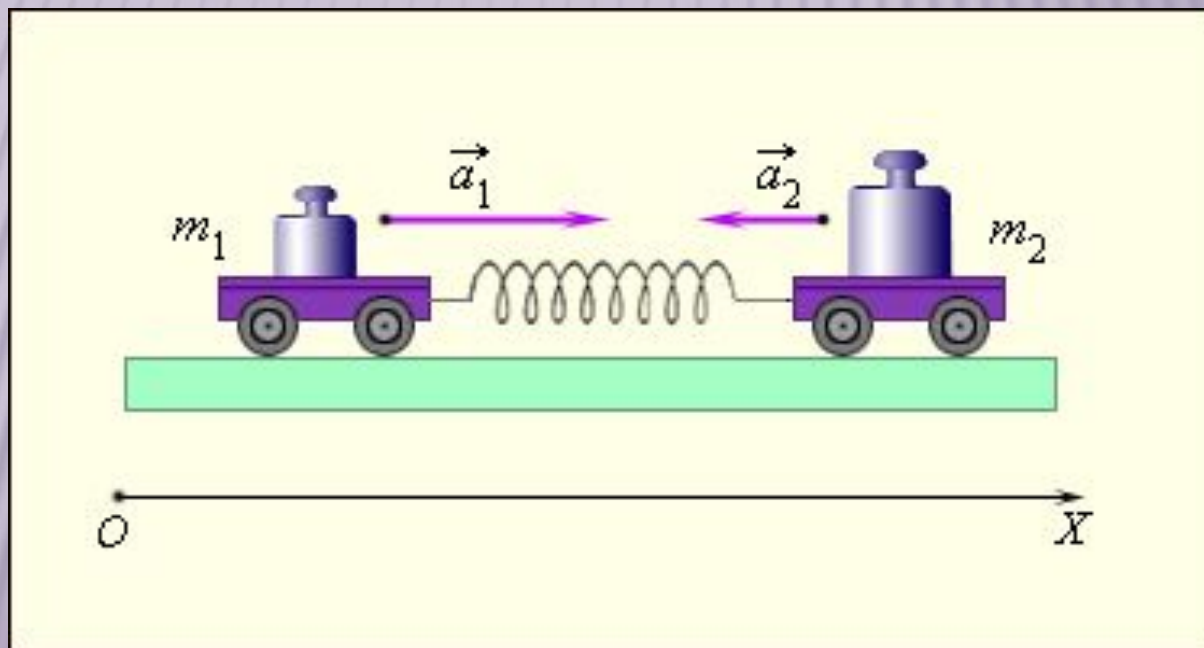
- Импульсом или количеством движения материальной точки (тела) называется вектор \vec{p} , определяемый выражением $\vec{p} = m\vec{v}$ (направлен как \vec{v} и по касательной).

□

□ Тогда

$$m\vec{a} = \frac{m d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_{i=1}^n F_i = \vec{F}$$

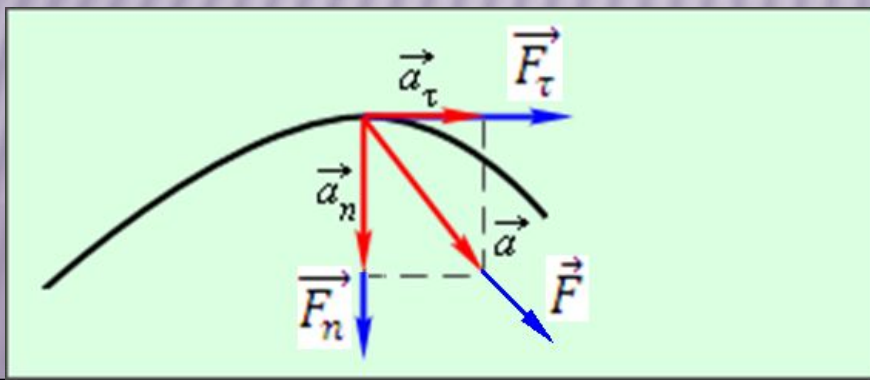
□ Скорость изменения импульса (количества движения) материальной точки (тела) равна действующей на него силе.



ПРИНЦИП НЕЗАВИСИМОСТИ ДЕЙСТВИЯ СИЛ

- На основании опытных данных был сформулирован принцип независимости действия сил: *если на материальную точку одновременно действует несколько сил, то каждая из них сообщает материальной точке такое же ускорение, как если бы других сил не было.*
- Согласно этому принципу, силы и ускорения можно разложить на составляющие, что позволяет упростить решение задач:

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



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

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}, \quad \vec{a}_\tau = \frac{\vec{F}_\tau}{m}, \quad \vec{a}_n = \frac{\vec{F}_n}{m}$$

$$F_\tau = m \frac{dv}{dt}, \quad F_n = m \frac{v^2}{R}$$

□ **Закон изменения импульса:**

□ Запишем закон Ньютона в виде:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}, \text{ т.к. } \vec{p} = m\vec{v}, \text{ то } \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F}$$

$\Rightarrow d(m\vec{v}) = \vec{F} dt$ закон изменения импульса тела.

Если $m = const$ и $F = const$, то

$$\begin{aligned} m d\vec{v} &= \vec{F} dt \\ m \int d\vec{v} &= \int \vec{F} dt \\ m\vec{v} \Big|_{\vec{v}_1}^{\vec{v}_2} &= \vec{F} t \Big|_{t_1}^{t_2} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1 = \vec{F}(t_2 - t_1)$$

□ или $\vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \vec{F}\Delta t$ - **2-й закон Ньютона** через импульс.

□ Изменение импульса тела (материальной точки) постоянной массы равно импульсу действующей на него силе.

□ **3-й закон Ньютона.**

□ Рассматривая взаимодействие тел и обобщив опытные данные Ньютон сформулировал свой 3-й закон движения: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$, т.е.

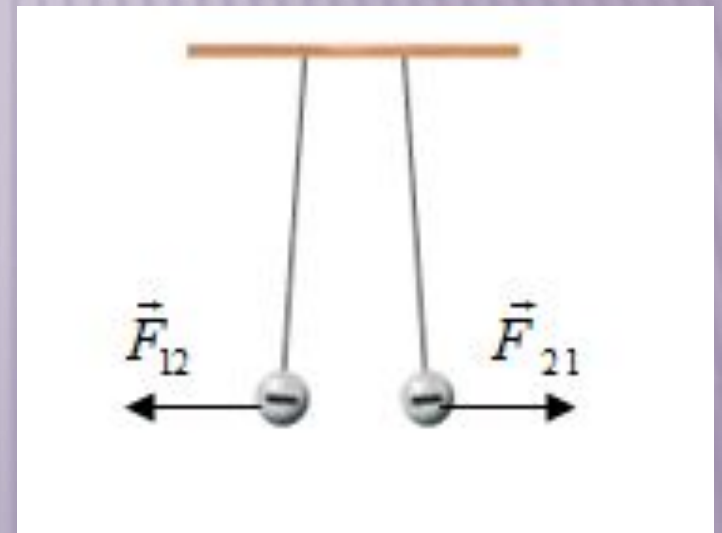
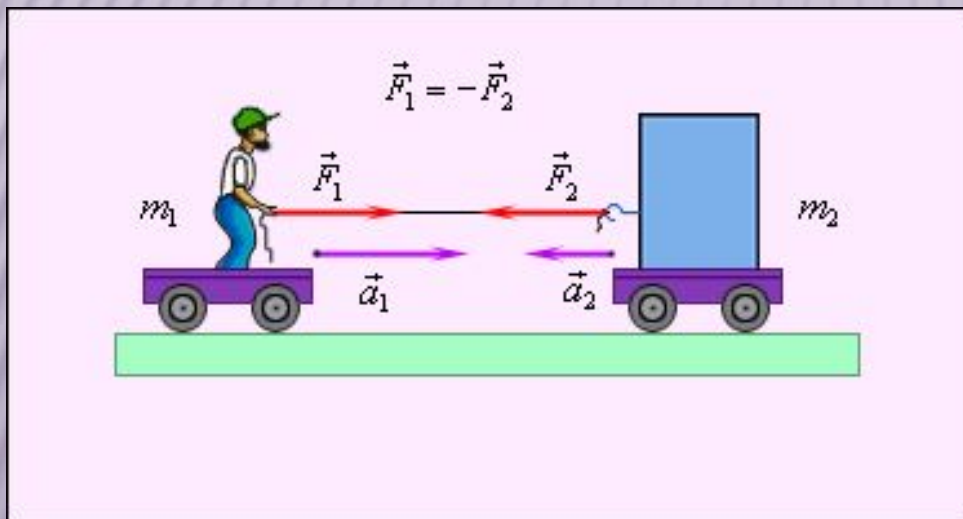
□ Два тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и направленными в противоположные стороны вдоль соединяющей эти тела прямой. Эти силы одной природы, никогда не уравновешивают друг друга, т.к. приложены к разным телам.

□ По 2-ому закону Ньютон $m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2$

$$\vec{F}_{12} = m_1 \vec{a}_2$$

□ $\vec{F}_{21} = -m_2 \vec{a}_2 \Rightarrow \vec{a}_1 = -\frac{m_2}{m_1} \vec{a}_2$

, то есть ускорения 2-х взаимодействующих тел обратно пропорциональны их массам и направлены в противоположные стороны.



СИЛЫ

- Все силы в природе можно разделить условно на следующие категории:
- силы, обусловленные взаимодействием непосредственно соприкасающихся тел (силы удара, давления, тяги и др.)
- силы, которые связаны с особой формой материи, названной полем и осуществляющей взаимодействия между телами без их непосредственного соприкосновения.

□ В основе многообразия взаимодействия в природе лежат 4 функциональных взаимодействий:

- 1. гравитационные;
- 2. электромагнитные;
- 3. слабые;
- 4. сильные.

□ Гравитационные силы проявляют себя, когда взаимодействуют тела с большими массами (движение планет). К ним относятся силы тяжести и тяготения.

□ Электромагнитные взаимодействия проявляются между телами, содержащими заряженные частицы. К ним относятся силы трения и силы упругости.

□ Слабые взаимодействия осуществляются между элементарными частицами.

□ Сильные взаимодействия - между кулонами в ядре. К ним относятся ядерные силы.