



ФИЗИК

А

Литература:

1.Смык А.Ф.

Курс Физики,2016

2.Захаров В.Г.

Физика для бакалавров

3.Трофимова Т.И.

Курс физики

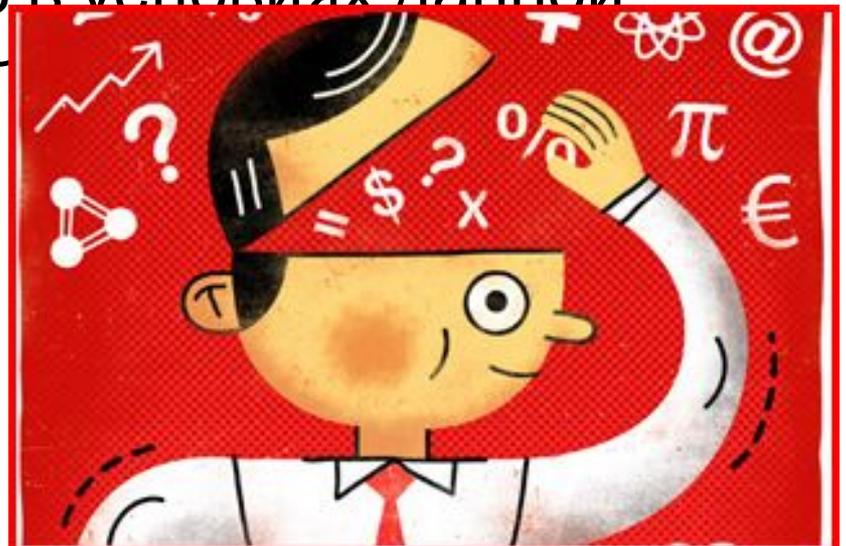


Лекция 1

1. Механическое движение. Виды движений
2. Кинематика материальной точки.
Криволинейное движение.
Тангенциальное и нормальное ускорения
3. Динамика материальной точки. Основное уравнение поступательного движения (2 закон Ньютона)
4. Силы в механике

1. Механическое движение

- Механическое движение- изменение положения тел друг относительно друга с течением времени.
- Физическое тело:
 1. Тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь, называется материальной точкой (МТ).
 2. Система материальных точек.
 3. Абсолютно твердое тело (АбсТвТ)– тело, деформациями которого в условиях данной задачи можно пренебречь



Определение положения тела

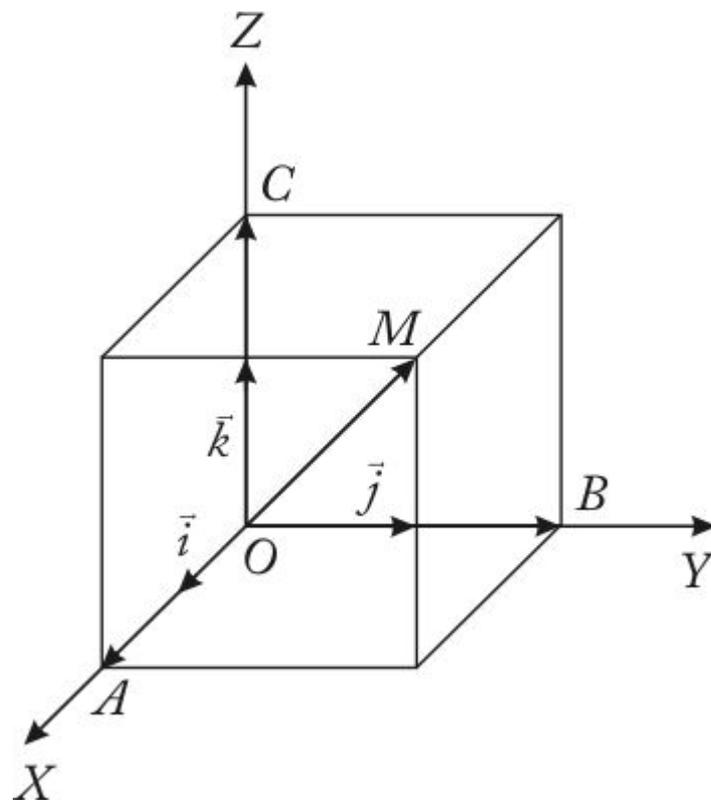


- Совокупность неподвижных друг относительно друга тел, по отношению к которым рассматривается движение, и отсчитывающих время часов образуют **систему отсчета (СО)**.
- С телами, образующими систему отсчета, связывают **системы координат (СК)**.

Декартова система координат

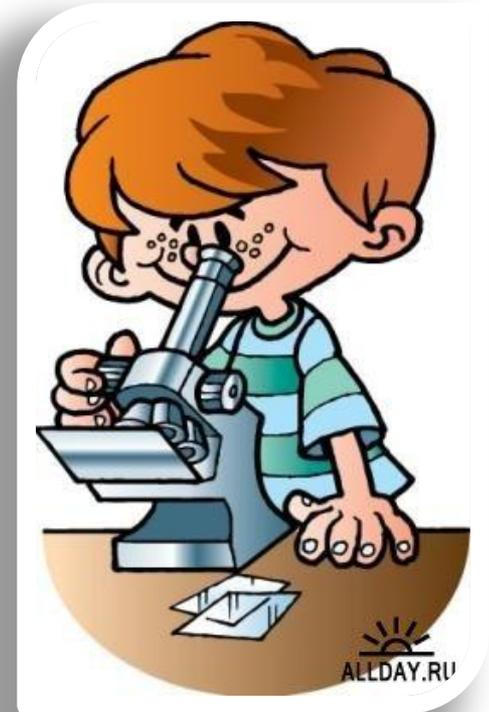


Рене Декарт
(1596–1650).



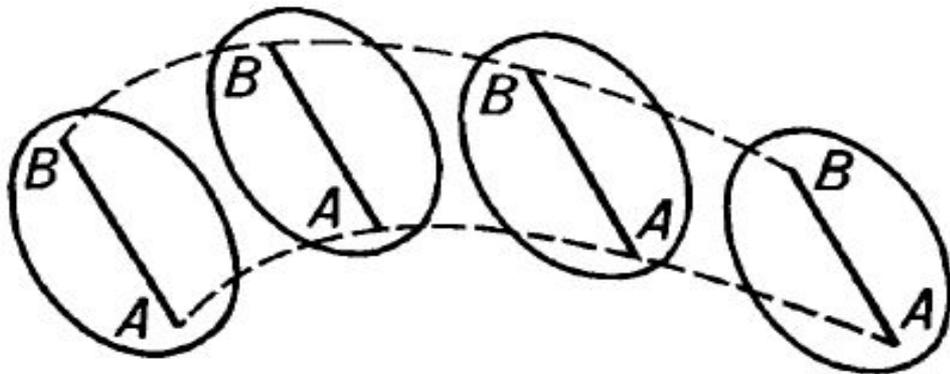
Степени свободы

- **Числом степеней свободы** механической системы называется число независимы величин, с помощью которых может быть задано положение системы.
- Положение МТ в пространстве определяется тремя координатами - **МТ** имеет *три степени свободы*.
- **Система МТ**, состоящая из N точек, между которыми нет жестких связей, имеет $3N$ *степеней свободы*.
- Число степеней свободы **АбсТвТ** будет равно *шести*



Поступательное движение

- Движение **АбсТвТ** можно разложить на два основных вида движения – **поступательное и вращательное.**
- Поступательное движение- это такое движение, при котором любая прямая, связанная с движущимся телом, остается параллельной самой себе.



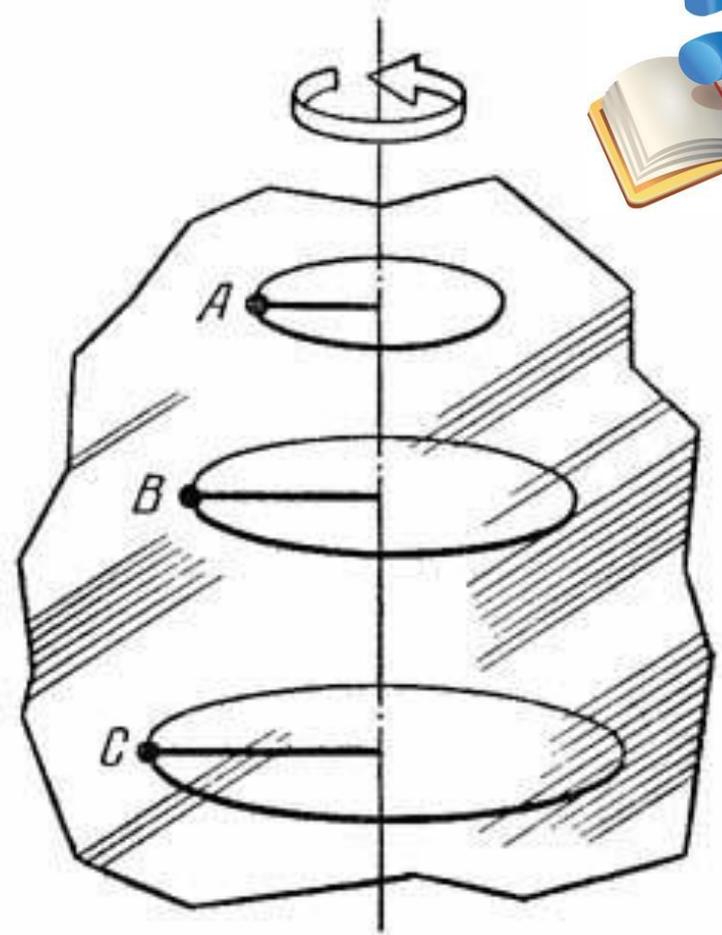
Поступательное движение АБТвТ

- При поступательном движении АТТ **все его точки перемещаются по одинаковым траекториям и имеют одинаковые скорость и ускорение.** Поэтому при поступательном движении АТТ используются модель МТ и кинематические параметры для МТ.

В этом случае **выбирается одна точка,** связанная с телом и описывается ее движение. Все остальные точки в движении отличаются только по координатам.

Вращательное движение

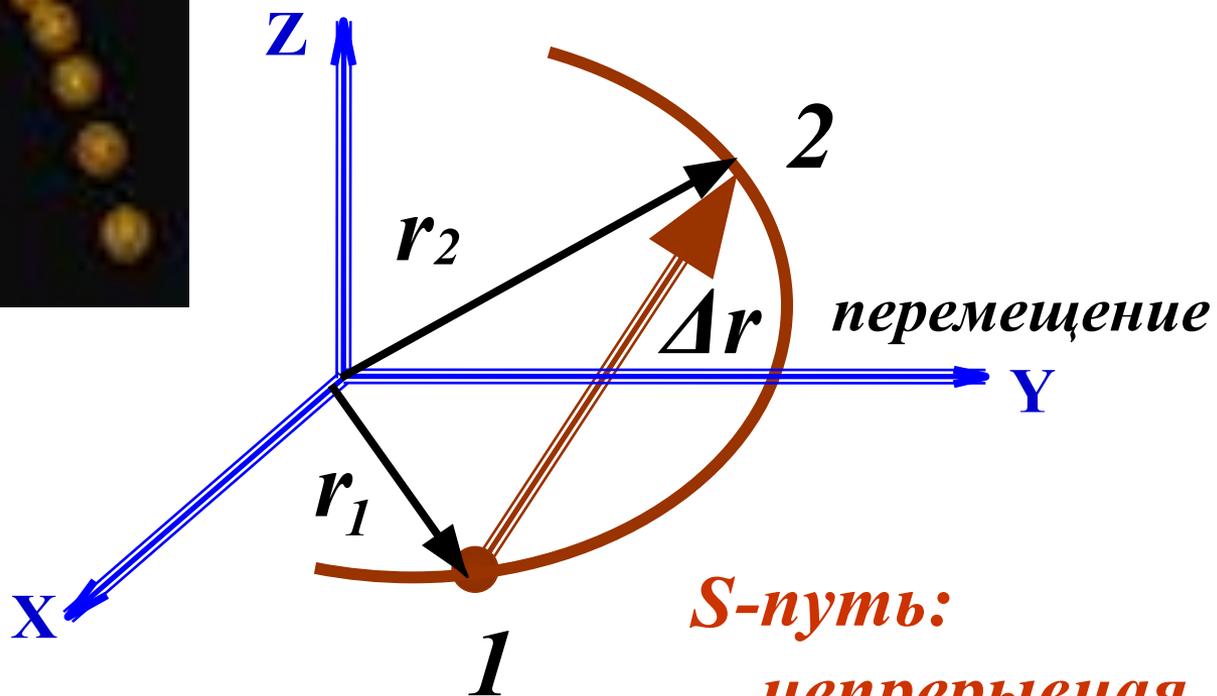
- При вращательном движении все точки тела движутся по окружностям, центр которых лежат на одной и той же прямой, называемой осью вращения.



Кинематика МТ

- МТ при своем движении описывает некоторую линию, которая называется ***траекторией***.
- Расстояние между начальным и конечным положением частицы, отсчитываемое вдоль траектории, называется пройденным **путем**.
- Прямолинейный отрезок (кратчайшее расстояние), проведенный из начального положения частицы в конечное, называется **перемещением**.

Путь и перемещение



*S-путь:
непрерывная
траектория*

● - *материальная точка*

Описание движения в координатной и векторной форме

Радиус-вектор r

$$r=r(t)$$

$$r(t)= x(t)i+y(t)j+z(t)k$$

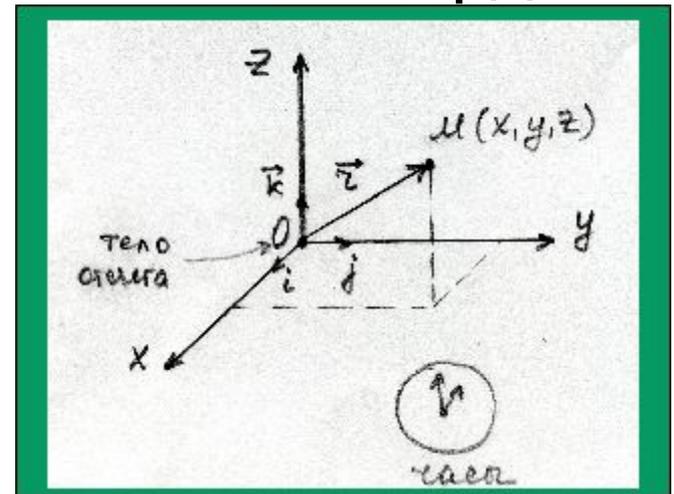
Выберем декартову с.к., в которой положение материальной точки характеризуется 3 координатами (x,y,z) . При движении материальной точки каждая из этих координат изменяются со временем:

$$x=x(t)$$

$$y=y(t)$$

$$z=z(t)$$

Кинематические уравнения движения в координатной форме



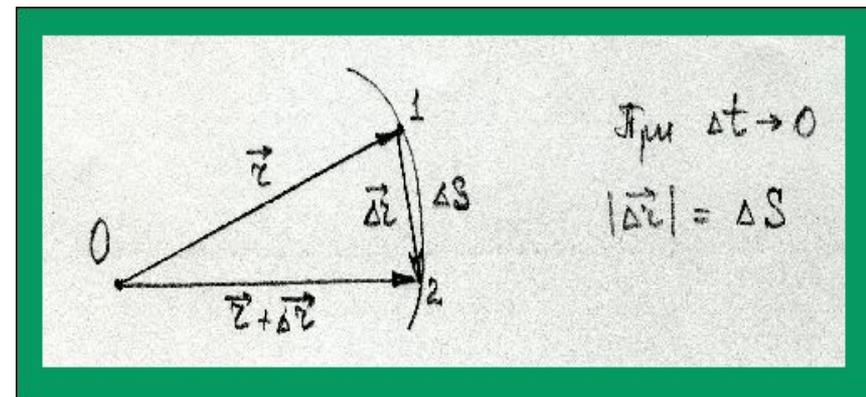
Средняя скорость перемещения и средняя путевая скорость

- Средняя скорость перемещения- это векторная величина, равная отношению вектора перемещения к промежутку времени, за которое это перемещение произошло

$$\vec{V}_{cp} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1}$$

Средняя путевая (модуль скорости)- это скалярная величина, равная первой производной пути от времени

$$V_{cp} = \frac{dS}{dt}$$



Скорость

**Мгновенная
скорость:**

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{r}_{t+\Delta t} - \vec{r}_t}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \frac{dy}{dt}, \quad v_z = \frac{dz}{dt}$$

Модуль скорости :

$$v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$



Ускорение

Мгновенное ускорение: $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$$

$$a_x = \frac{dV_x}{dt}, \quad a_y = \frac{dV_y}{dt}, \quad a_z = \frac{dV_z}{dt}$$

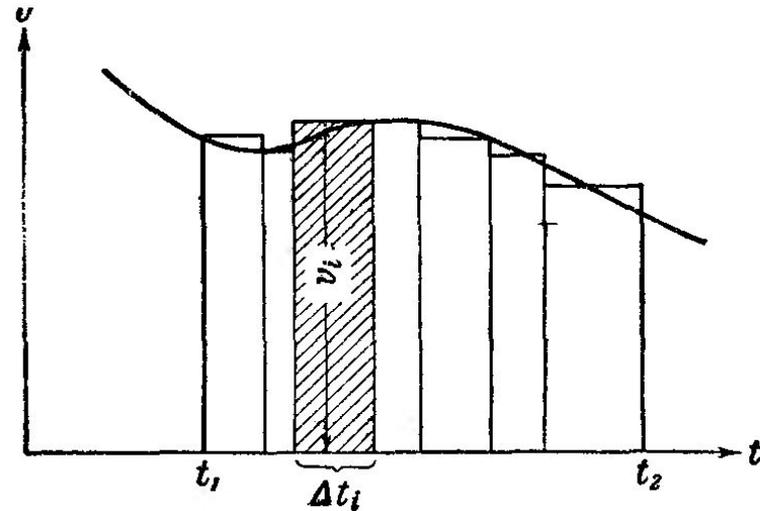
Модуль ускорения:

$$a = |\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

Путь

Путь, пройденный материальной точкой за промежуток времени от t_1 до t_2 равен определенному интегралу:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt$$



На графике зависимости модуля вектора скорости от времени пройденный путь графически изображается, как площадь под графиком между двумя моментами времени.



Пример

Радиус-вектор зависит от времени

$$\vec{r} = t^3 \vec{i} + 3t^2 \vec{j}, \text{ т.е. } \begin{cases} x = t^3 \\ y = 3t^2 \end{cases}$$

Определить при $t = 1$ сек

1) модуль скорости

2) модуль ускорения

$$V_x = \frac{dx}{dt} = 3t^2; V_y = \frac{dy}{dt} = 6t$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{9t^4 + 36t^2} = \sqrt{45} \left[\frac{\text{М}}{\text{сек}} \right]$$

$$a_x = 6t, a_y = 6 \text{ и } a = \sqrt{(6t)^2 + 6^2} = \sqrt{72} \left[\frac{\text{М}}{\text{сек}^2} \right]$$

Уравнения равноускоренного движения

$$a \neq 0$$

$$V = V_0 + at$$

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

**Уравнение равноускоренного движения
в скалярной форме**

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2}$$

$$z = z_0 + v_{0z}t + \frac{a_z t^2}{2}$$

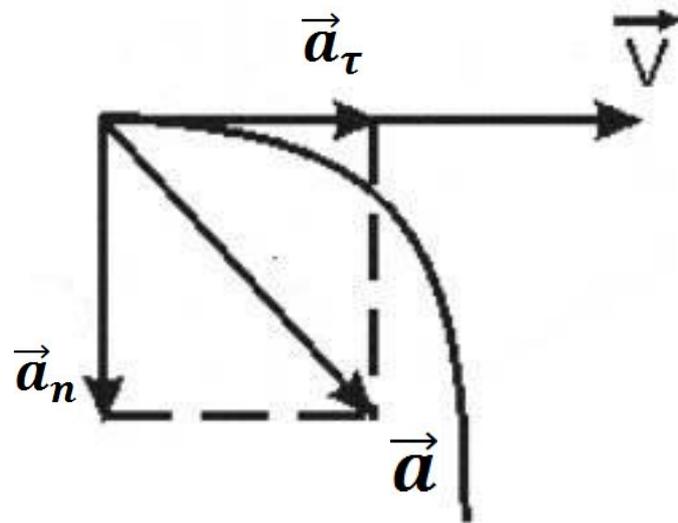
**Уравнение равноускоренного движения
в проекциях
на оси координат**

Криволинейное движение

Полное ускорение \vec{a} материальной точки может быть представлено как сумма двух векторов тангенциального и нормального ускорений. Нормальное \vec{a}_n ускорение перпендикулярно к вектору скорости \vec{v} , а тангенциальное \vec{a}_τ направлено по касательной к траектории

$$\vec{a}_\tau = \frac{dv_\tau}{dt} \vec{\tau}$$

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{r} \vec{n}$$



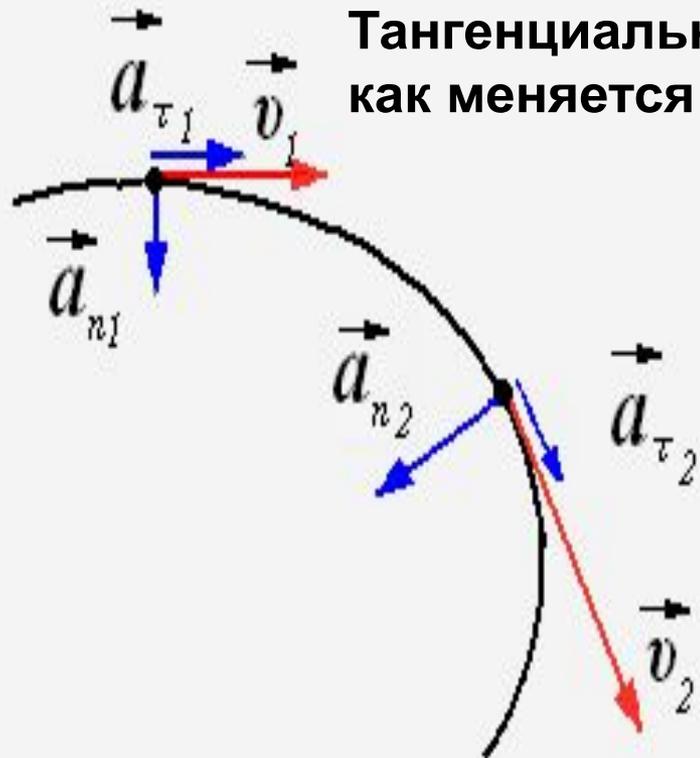
Тангенциальное и нормальное ускорения

При криволинейном движении вектор скорости частицы направлен по касательной к траектории. Это направление $\hat{\tau}$ называется **тангенциальным**, соответствующий единичный вектор $\hat{\tau}$

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

Тангенциальное ускорение показывает, как меняется скорость по величине

$$\hat{a}_\tau = \frac{dV}{dt} \cdot \hat{\tau}$$

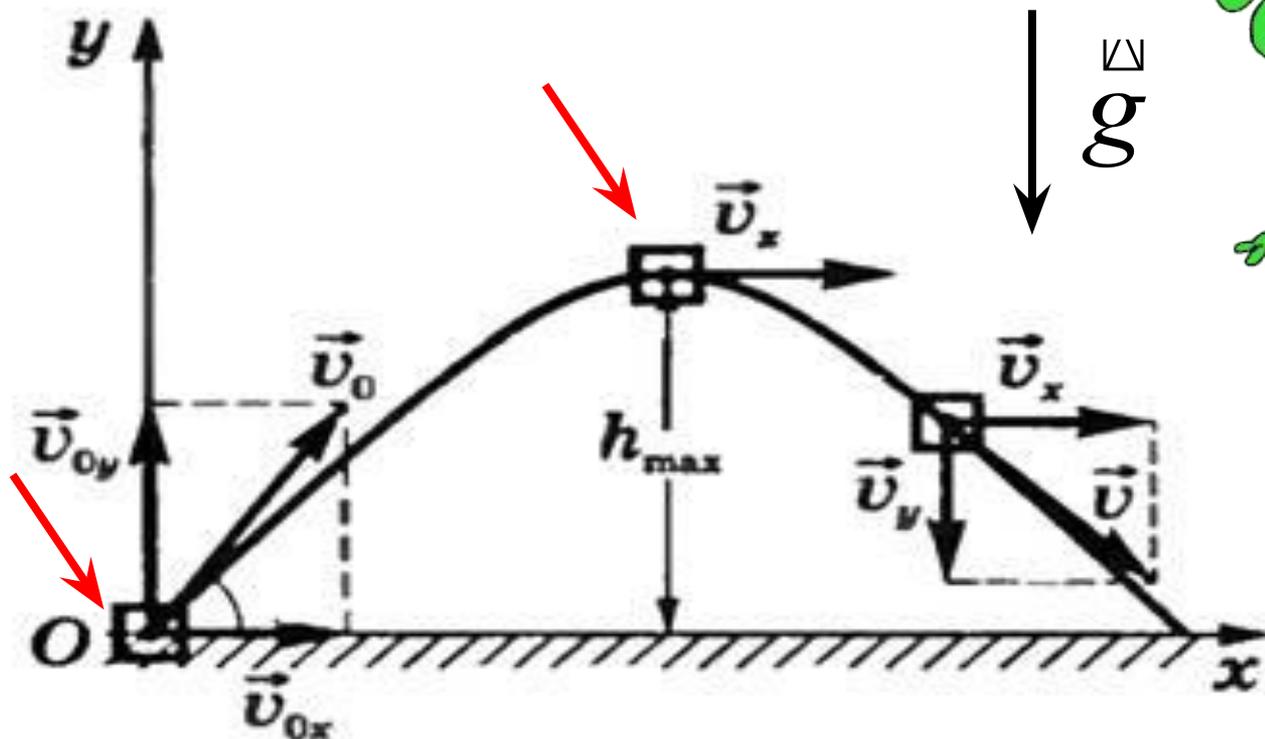


Нормальное ускорение показывает, как меняется скорость по направлению

$$\hat{a}_n = \frac{V^2}{R} \cdot \hat{n}$$

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$

Пример . Тело брошено под углом α к горизонту со скоростью V_0 . Чему равно нормальное и тангенциальное ускорение в начальный момент и в точке максимального подъема?

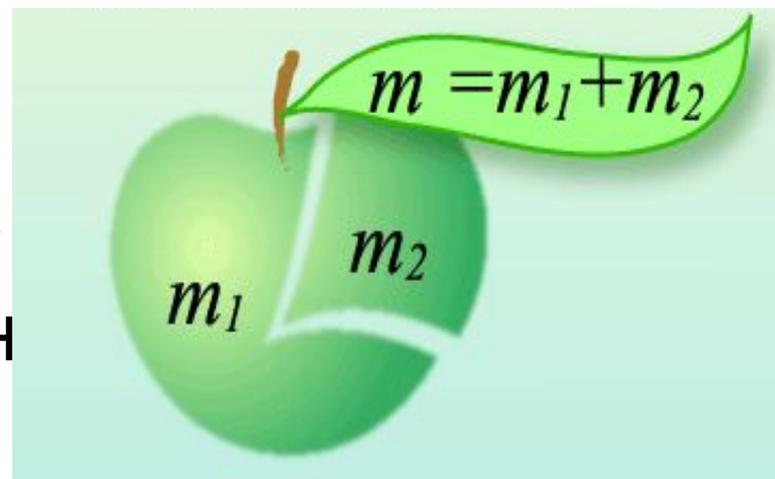


Динамика МТ

- **Динамика** изучает движение тел в связи с теми причинами(силами), которые обуславливают тот или иной характер движения.
- **Силой** называется векторная величина, характеризующая воздействие на данное тело со стороны других тел, в результате которого тело приобретает ускорение или изменяет свою форму и размеры.
- Векторная сумма всех сил, действующих на тело, называется **равнодействующей**

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

- Количественной мерой инертности является **масса**.
- **Масса** – величина скалярная и обладает свойством аддитивности.



$$m_{\text{системы}} = \sum_{i=1}^n m_i$$

- Количество движения характеризуется **импульсом тела**.

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

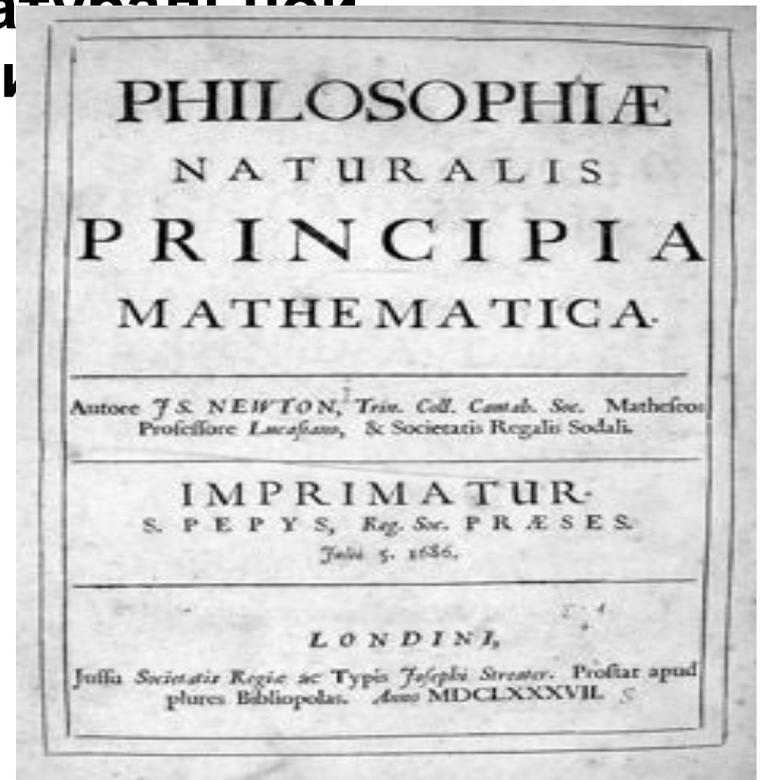
Законы Ньютона

28 апр. 1686 г. представил
Лондонскому
королевскому обществу
свою новую теорию –
механику земных и
небесных процессов.

«Математические начала
натуральной
философии»



Исаак Ньютон
(1642-1727)



1 закон Ньютона

- **Всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока воздействие со стороны других тел не заставят его изменить это состояние.**
- Системы отсчета, в которых выполняется 1ЗН, называются **инерциальной**.
- Системы отсчета, в которых не выполняется 1ЗН, называются **неинерциальной**. меньших скорости

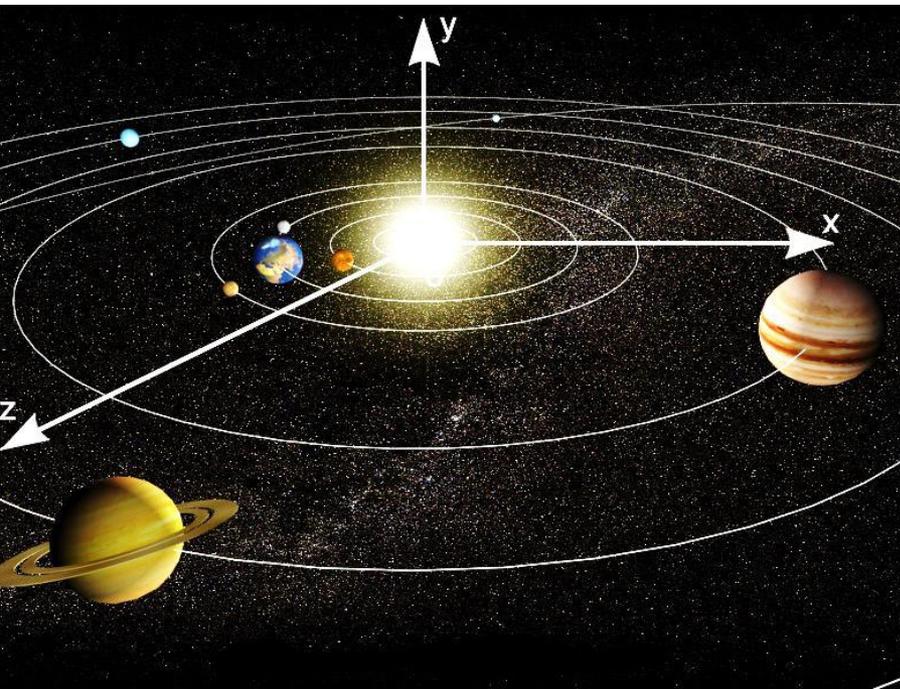
Инерциальные системы отсчета

Гелиоцентрическая (звездная)
система отсчета:

- начало координат – в центре Солнца,
- оси проведены в направлении определенных звезд

**Установлено
опытным
путем**

Инерциальных систем существует ∞ множество



Все ИСО образуют класс систем, **движущихся друг относительно друга равномерно и прямолинейно**

Основное уравнение динамики поступательного движения (2 закон Ньютона)

- **Скорость изменения импульса тела равна действующей на тело силе:**

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}; \quad \vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$$

- **Если масса тела остается**

постоянной

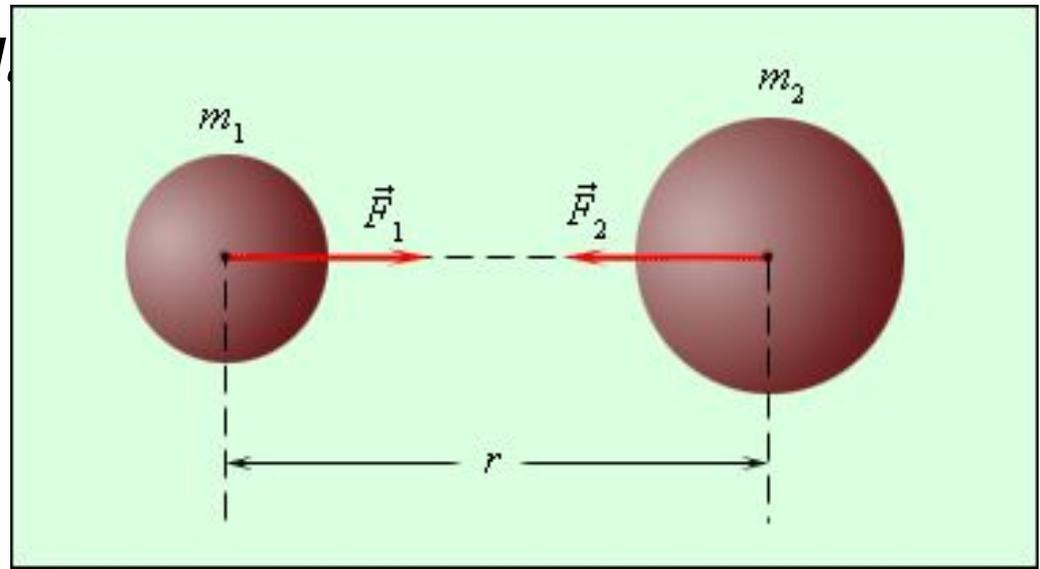
$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} = \vec{F}$$

3 закон Ньютона

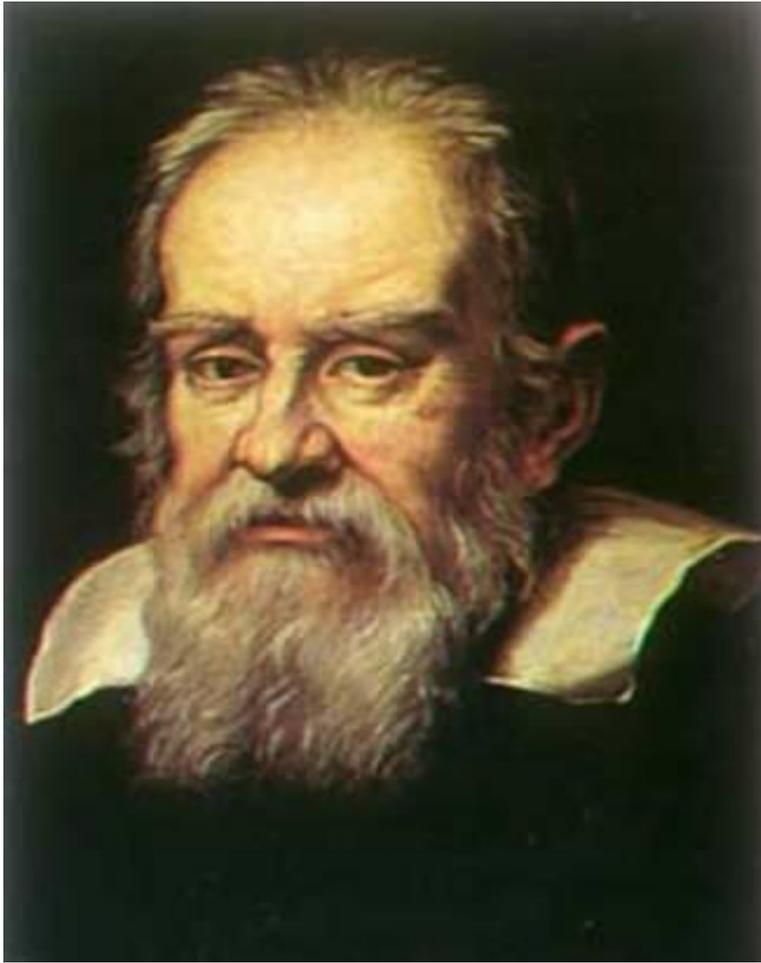
- **Силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположны по направлению.**

$$\vec{F}_A = -\vec{F}_B$$

- Силы возникают попарно и **приложены к разным телам.**



Принцип относительности Галилея

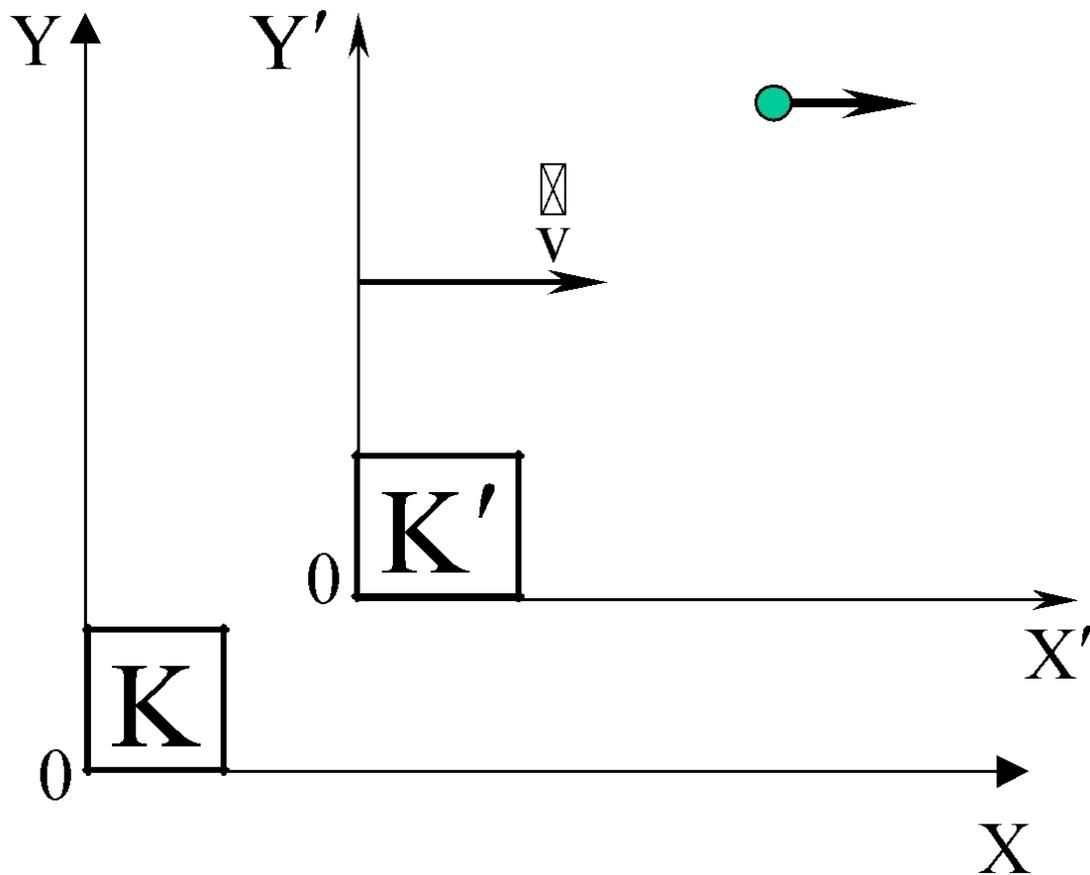


Галилео Галилей
(1564 – 1642)

Уравнения динамики не изменяются при переходе от одной инерциальной СО к другой.

Все механические явления в различных инерциальных системах протекают одинаковым образом.

Преобразования Галилея



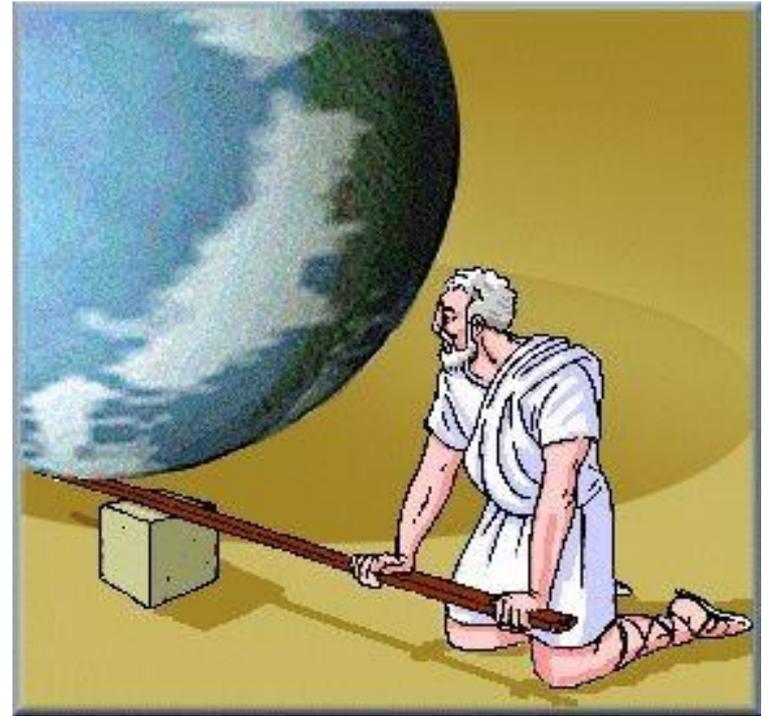
$$\begin{cases} t = t' \\ x = x' + v \cdot t' \\ y = y' \\ z = z' \end{cases}$$

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

Силы

Фундаментальные взаимодействия:

гравитационные,
электромагнитные,
сильные,
слабые.



В классической механике рассматриваются:

- гравитационные силы (сила тяжести)
- электромагнитные силы (упругие силы и силы трения)

Фундаментальные взаимодействия

- **сильное взаимодействие**, обеспечивает связь нуклонов в ядре, имеет радиус действия порядка 10^{-13} м;
- **электромагнитное взаимодействие**, радиус действия не ограничен;
- **слабое взаимодействие**, ответственно за все виды β -распада и некоторые другие распады элементарных частиц, короткодействующее;
- **гравитационное взаимодействие**, универсальное, радиус действия не ограничен.

Сила тяжести и вес тела

- В система отсчета, связанной с Землей, на всякой тело действует сила $F=mg$, называемая ***силой тяжести***.

На поверхности
Земли:

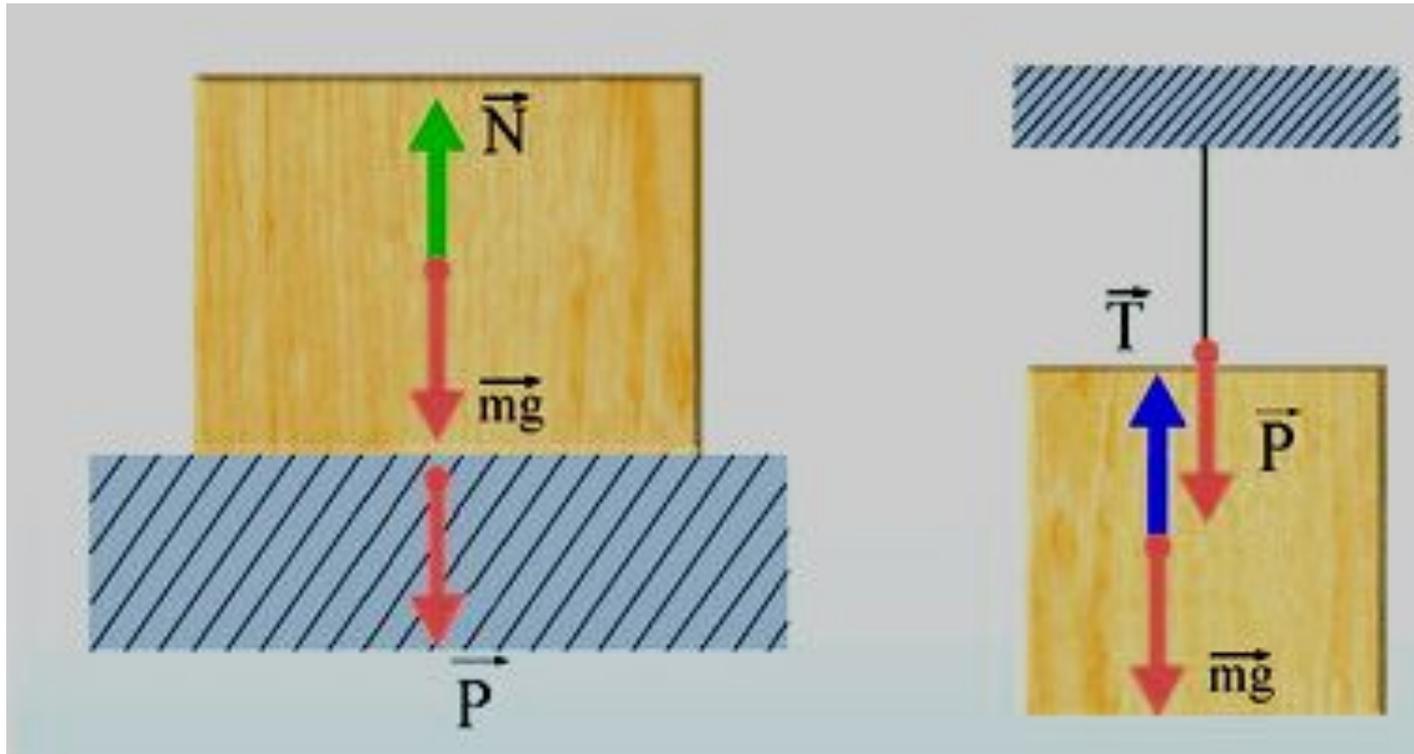
$$F = \frac{GM}{R^2} m = mg$$



Вес тела. Изменение веса тела

Вес тела

Сила, с которой тело действует на опору или растягивает вертикальный подвес



Вес тела

В общем случае

$$\vec{P} = -\vec{N}$$

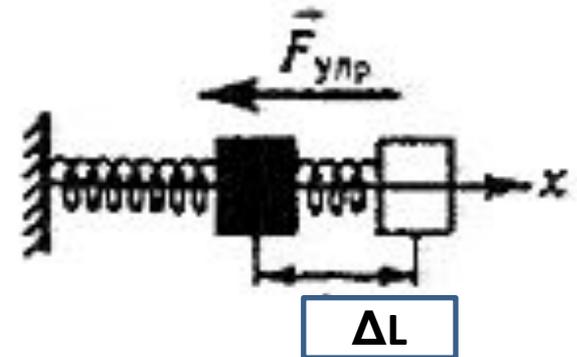
При ускоренном движении по вертикали

$$P = m(g - a)$$

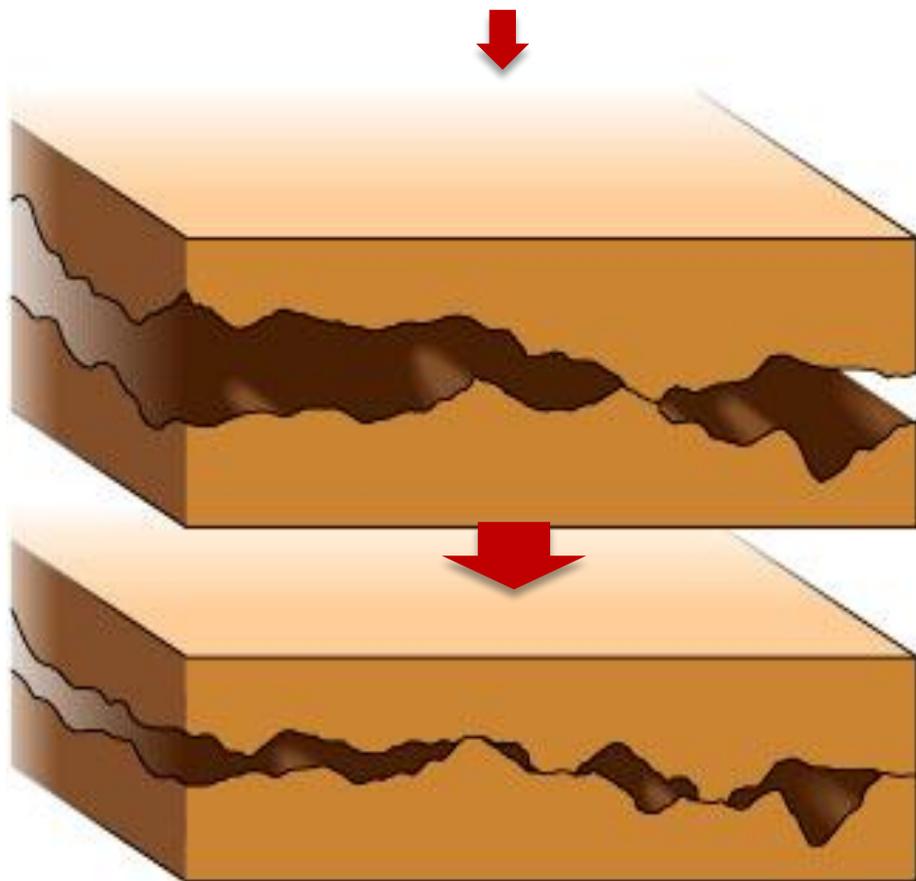
Закон Гука

- **Опыт показывает**, что при небольших деформациях удлинение пружины оказывается пропорциональным внешней силе $F=k\Delta L$, где k - **коэффициент жесткости** пружины.
- В пружине при деформации возникает **сила упругости**, равная по величине внешней силе и тоже пропорционально удлинению пружины.

$$F_{упр} = -k\Delta L$$



Сила трения скольжения



Схематическое изображение места контакта скользящих поверхностей при малой (верх) и большой (низ) сжимающей их силе

Зависит от:

- силы давления тел друг на друга (силы реакции опоры),
- материалов трущихся поверхностей
- скорости относительного движения

НЕ зависит
от площади
соприкосновения

$$F_{тр} = \mu N$$

Контрольные вопросы

1. Назовите траекторию при которой радиус - вектор меняется: а) только по направлению; б) только по величине;
2. При движения МТ угол между векторами скорости и полного ускорения равен φ . Укажите какое движение точки в этот момент: прямолинейное или криволинейное, равномерное, ускоренное или замедленное.

