

# Динамика материальной точки

## Законы Ньютона

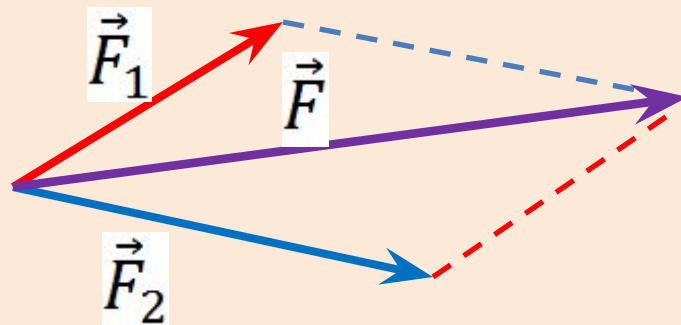


**Сэр Исаак Ньютон  
(1642-1727)—  
английский физик,  
математик, механик и  
астроном, один из  
создателей  
классической  
физики.**

**Ускорение тела или его деформация  
вызываются нескомпенсированными  
воздействиями других тел.**

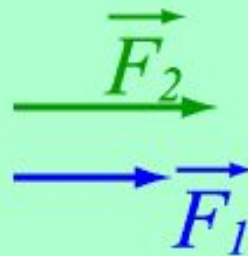
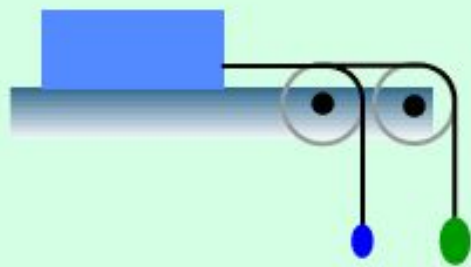
**Сила – это мера взаимодействия  
тел.**

**Сила – векторная величина.  
Равнодействующая сила находится  
по правилу сложения векторов.**

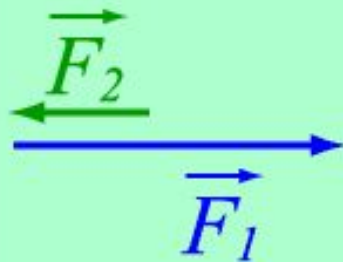
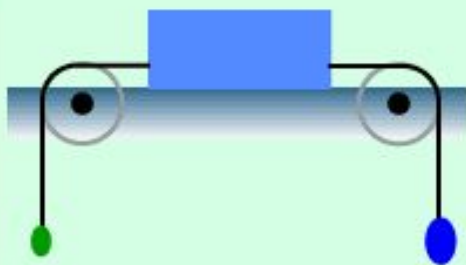


$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

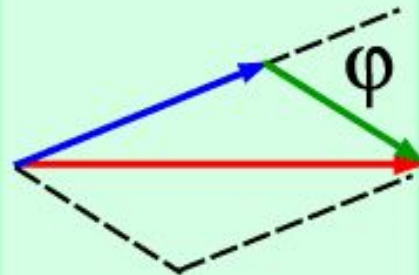
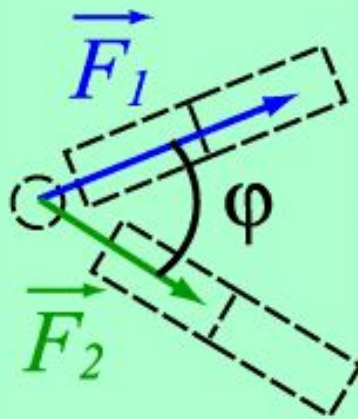
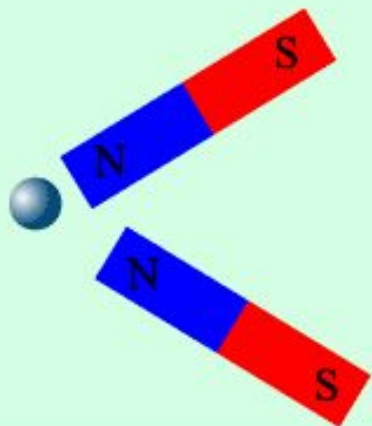
# Сложение сил



$$F_p = F_1 + F_2$$



$$F_p = F_1 - F_2$$



$$F_p^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \varphi$$

# Первый закон

## Ньютона

Существуют такие системы отсчёта, называемые инерциальными,

относительно которых:

если на тело не действует сила или действие сил скомпенсировано, то это тело находится в состоянии покоя или прямолинейного равномерного движения.

**Иначе:**  
**в инерциальных системах**  
**отсчета свободное или**  
**квазисвободное тело**  
**сохраняет свою скорость.**

**При воздействии одной и той же  
силы  
разные тела получают разные  
ускорения.**

**Способность тела сохранять  
скорость своего движения  
называется  
инертностью .**

Масса — мера инертности тела при поступательном движении.

Такую массу называют инертной ( $m_{ин}$ ).

$$[m_{ин}] = [ \quad ]$$

**Масса также является источником гравитационного взаимодействия тел.**

**Такую массу называют гравитационной ( $m_{гр}$ ).**



# Закон всемирного тяготения (установлен Ньютоном):

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

$G$  – гравитационная постоянная

Инертная и гравитационная массы  
равны.

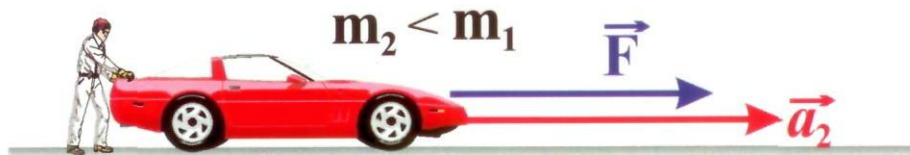
$$m_{ин} = m_{гр}$$

# Масса

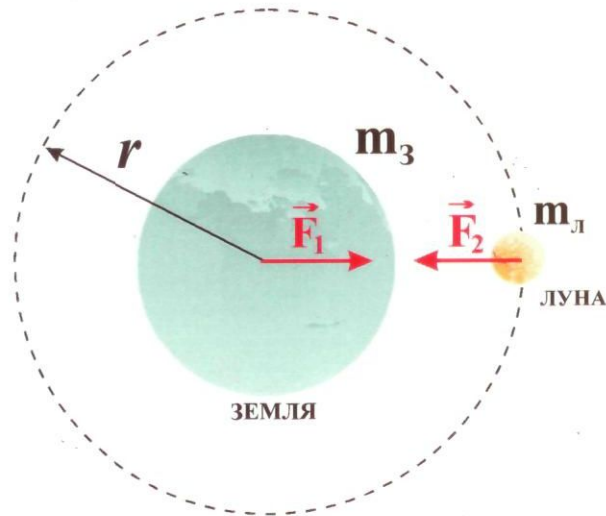
Мера инертности



$$\frac{m_1}{a_1} = \frac{m_2}{a_2}$$



Мера и источник гравитации



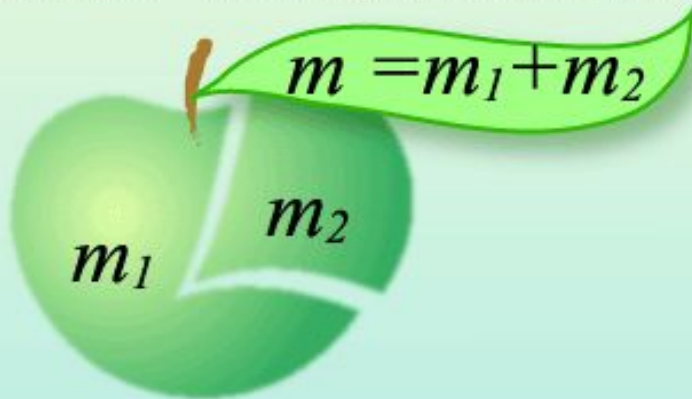
$$F_1 = F_2 = \gamma \frac{m_3 m_{\text{Л}}}{r^2}$$

$$m_{\text{И}} = m_{\Gamma}$$

# Свойства массы

## Классическая механика

1. Выполняется закон сохранения массы и энергии.
2. Масса не зависит от скорости движения тела.
3. Масса – величина аддитивная.



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

## Релятивистская механика

1. Выполняется закон сохранения массы и энергии.

$$m = m_0 + \frac{E_k}{c^2}$$

2. Масса зависит от скорости.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

3. Масса – величина неаддитивная.

Масса ядра  $M_{\text{я}}$  всегда меньше суммы масс составляющих его протонов и нейтронов.

## Опыт показывает, что:

- при воздействии на одно и то же тело разной силой ускорение, сообщаемое телу, прямо пропорционально силе;
- если на тела действует одинаковая сила, то ускорения тел обратно пропорциональны их массам.

$$a \sim F$$

$$a \sim \frac{1}{m}$$

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

**Полагая  $k=1$ , введем единицу измерения силы 1 Ньютон (Н).**

**Сила в 1 Н сообщает телу массой 1 кг ускорение  $1\text{ м/с}^2$ .**

**Эталон 1 кг массы, представляет собой цилиндр из сплава платины (90%) и иридия (10%) диаметром около 39 мм и такой же высоты. Масса 1 л воды приблизительно равна 1 кг.**

# Второй закон Ньютона

В инерциальной системе отсчета ускорение, сообщаемое телу, прямо пропорционально силе, действующей на тело, и обратно пропорционально массе этого тела.

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

**или**

$$\overset{\square}{F} = m \overset{\square}{a}$$

**Ускорение тела  
направлено в сторону  
действия силы.**

# Принцип независимости

## действия сил

Если на МТ действуют несколько сил, то каждая из них сообщает такое же ускорение, как если бы других сил не

было.

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

$$\vec{a} = \sum_i \vec{a}_i$$



# Импульс

Импульсом тела называют произведение его массы на скорость:

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

Другая (более общая) форма II-го закона Ньютона:

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

$$\vec{F} = \dot{\vec{p}}$$

Скорость изменения импульса тела равна действующей на тело

Чем дольше действует сила и чем она больше, тем сильнее изменяется импульс тела:

$$\Delta p = F \cdot \Delta t$$

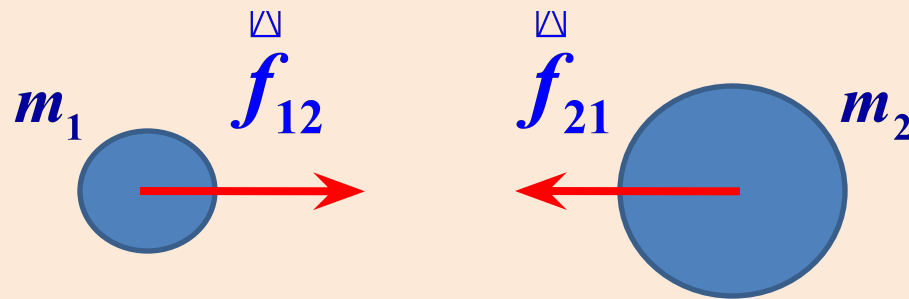
Величину справа называют импульсом силы.

# Третий закон

## Ньютона

Силы взаимодействия двух тел равны по величине, противоположны по направлению и действуют вдоль одной прямой

$$f_{12} = -f_{21}$$



Эти силы приложены к разным телам и не могут компенсировать друг друга.

# ВИДЫ СИЛ В ПРИРОДЕ

В настоящее время определено четыре основных вида взаимодействий.

Вид	Проявление	Радиус действия (м)
Сильное	Ядерные силы	$10^{-15}$
Электромагнитное	Кулоновское взаимодействие	$\infty$
Слабое	В-распад	$10^{-18}$
Гравитационное	Всемирное тяготение	$\infty$

Интенсивность взаимодействия убывает сверху вниз.

# Механика изучает силы электромагнитной и гравитационной природы

Упругие силы  $F_x = -kx$ ,

силы трения  $F = \mu N$ ,

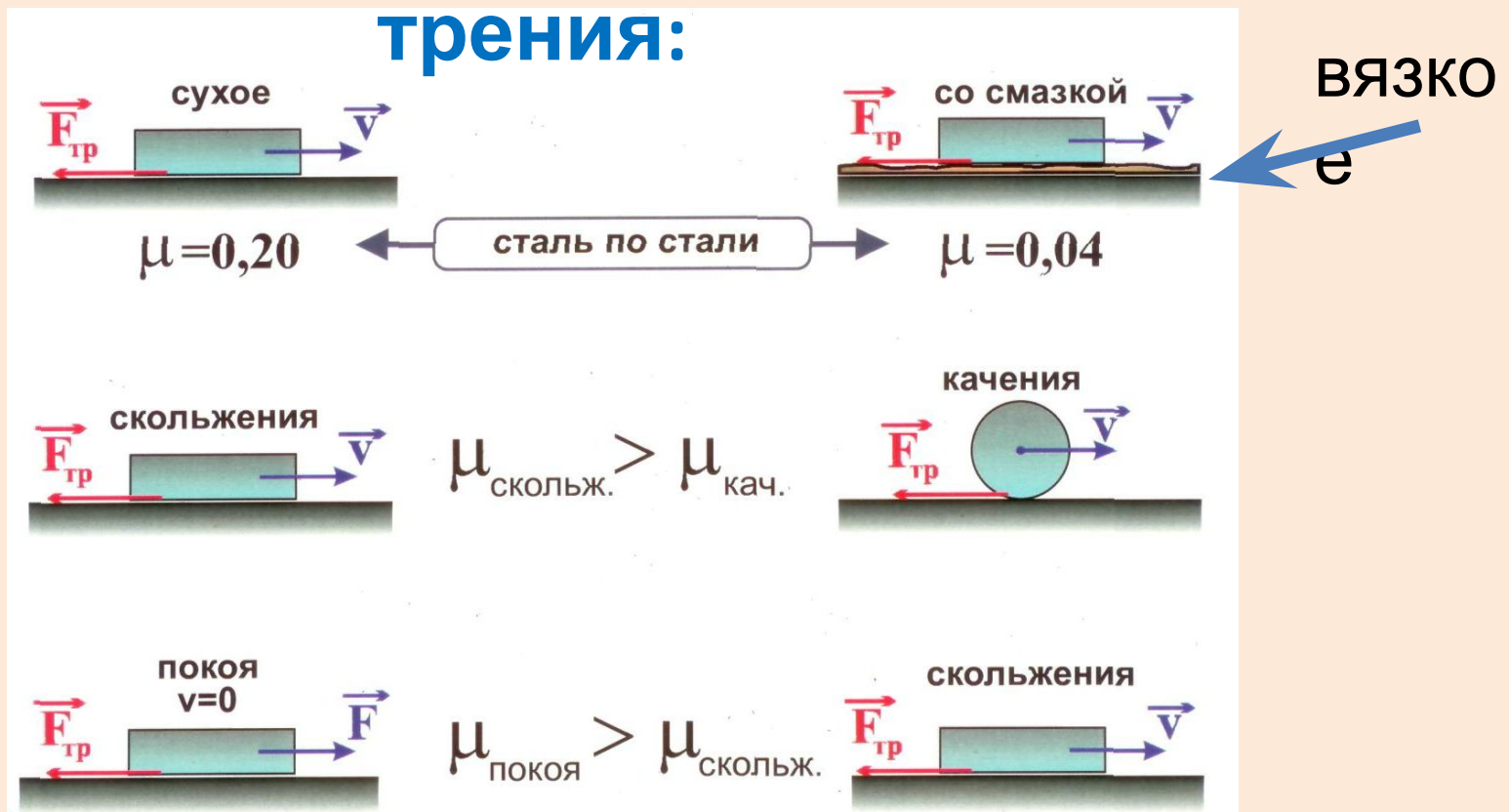
силы сопротивления среды  $F_v = -k'v$

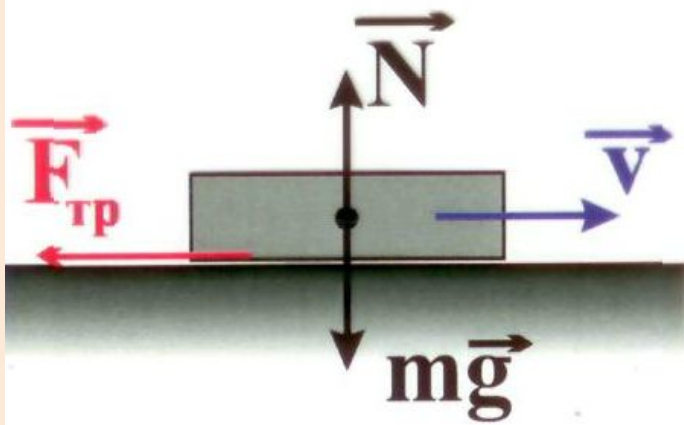
Силы тяготения  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ,

в т.ч. сила тяжести  $F = mg$

**Сила трения – это сила сопротивления, действующая в плоскости касания двух прижатых друг к другу тел.**

## Виды трения:



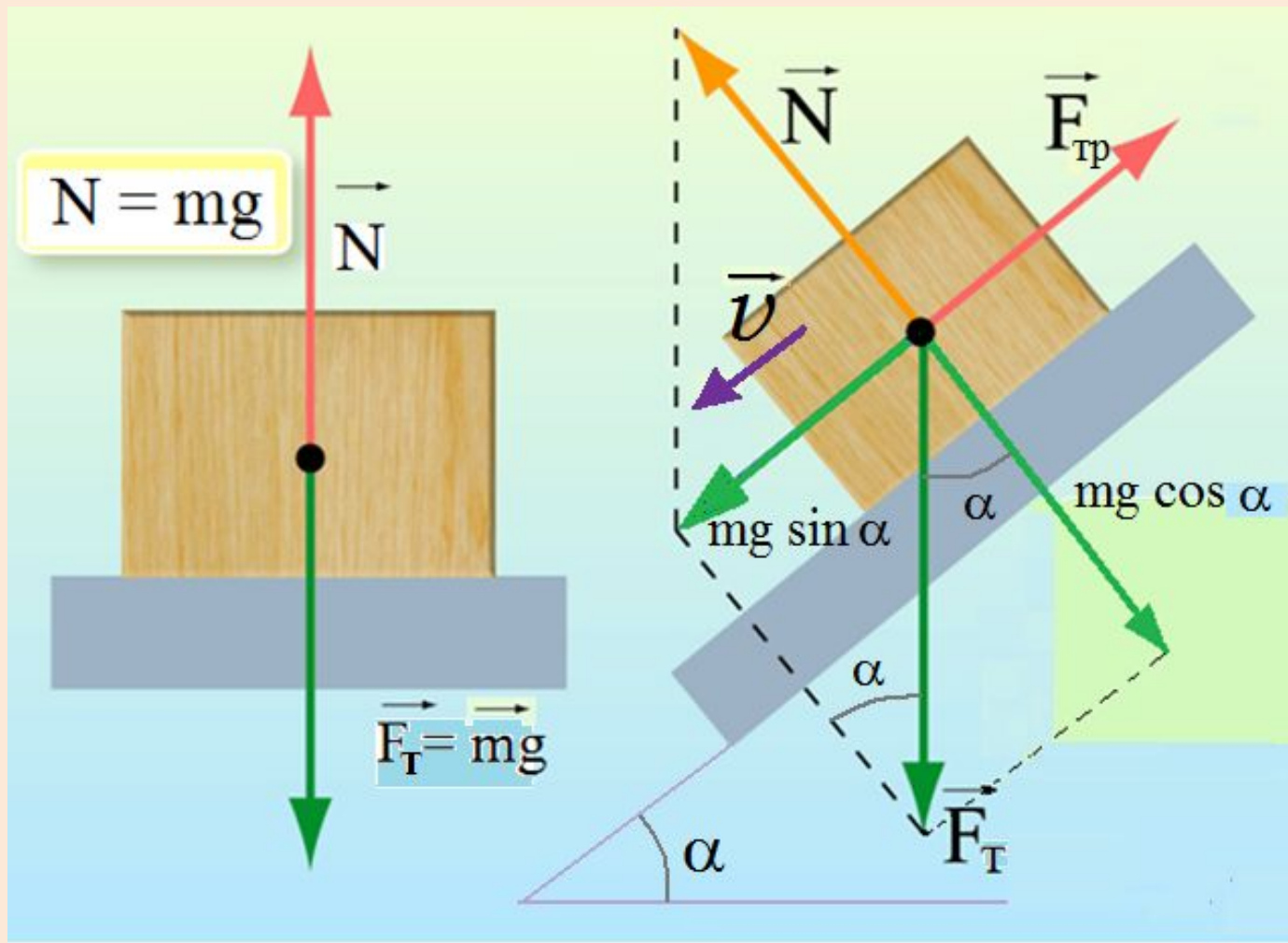


$$F_{\text{тр}} = \mu N$$



**Закон сухого трения: сила трения не зависит от площади трущихся поверхностей и пропорциональна силе нормального давления.  
 $\mu$ - коэффициент трения**





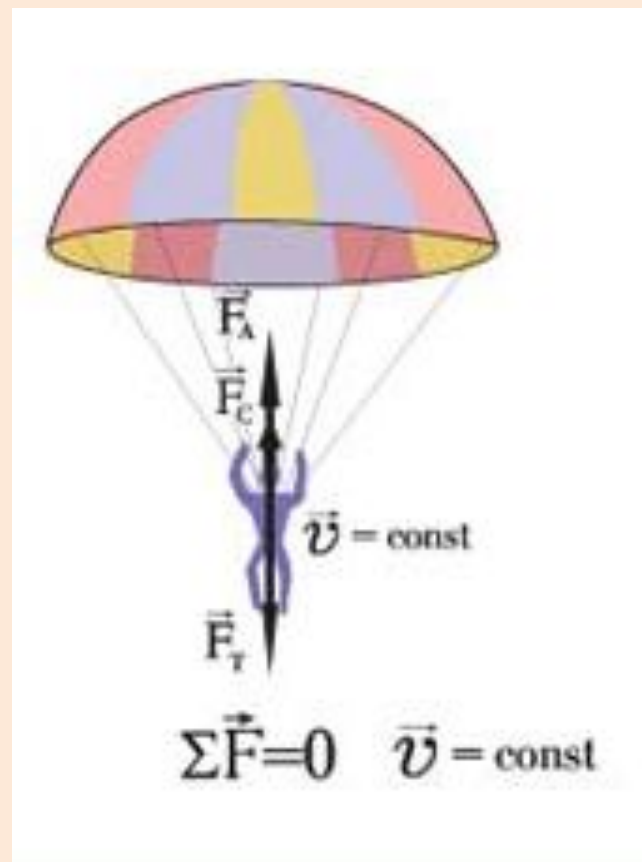
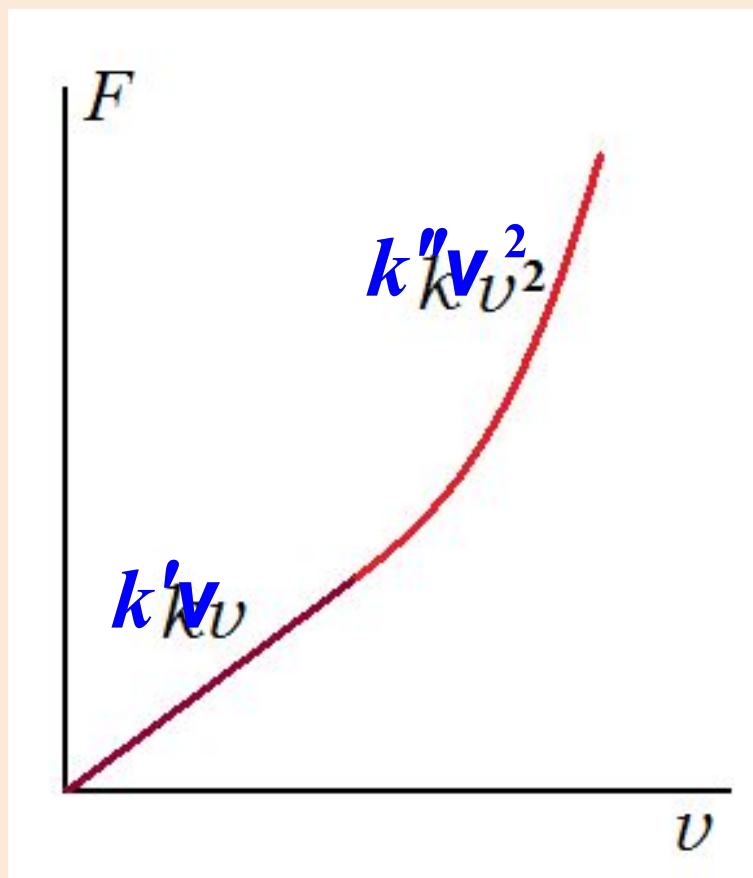
$$F_{Tp} = \mu N = \mu mg$$

$$F_{Tp} = \mu mg \cdot \cos \alpha$$

# Силы сопротивления среды

$$F_v = -k'v$$

$k'$  — коэффициент сопротивления

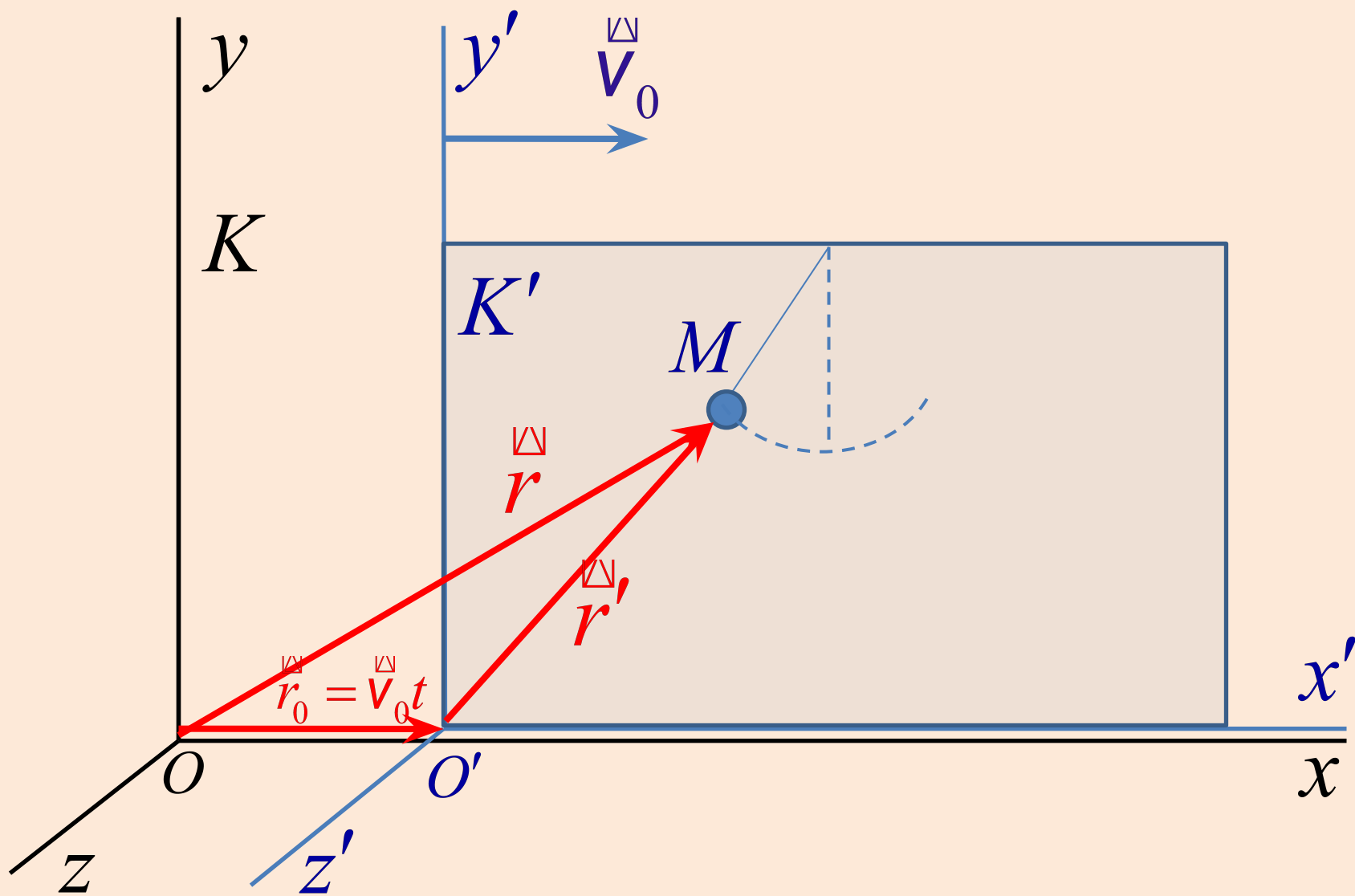


# Преобразования Галилея. Классический закон сложения скоростей.

Рассмотрим движение  
материальной точки  $M$  в двух  
системах отсчета (СО):

$K$  и  $K'$ .

Пусть система  $K'$  равномерно  
движется относительно системы  $K$   
вдоль оси  $x$  со скоростью  $v_0$ .



**Найдем радиус-вектор точки М в системе К:**

$$\begin{aligned} \vec{r} &= \vec{r}_0 + \vec{r}' \\ \vec{r} &= \vec{v}_0 t + \vec{r}' \end{aligned}$$

**Радиус-вектор и координаты точки М в обеих СО разные.**

Взяв производную, найдем скорость точки М в системе К:

$$\frac{dr^{\square}}{dt} = \mathbf{V}_0 + \frac{dr'^{\square}}{dt}$$

Закон сложения скоростей :

$$\mathbf{V}^{\square} = \mathbf{V}_0^{\square} + \mathbf{V}'^{\square}$$

← абсолютная

← переносная

← относительна

я

Дифференцируя скорость по времени,  
найдем ускорение точки М:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}_0}{dt} + \frac{d\vec{v}'}{dt}$$
$$a = a'$$

Ускорение точки М одинаково во всех инерциальных системах отсчёта.

**Принцип относительности  
Галилея:  
в инерциальных системах  
отсчета все механические  
явления протекают одинаково.**



**Если СО движется равномерно и прямолинейно относительно другой инерциальной СО, то она также инерциальная. Если движение происходит с ускорением, то эта СО неинерциальная.**