

Динамика материальной точки

Законы Ньютона

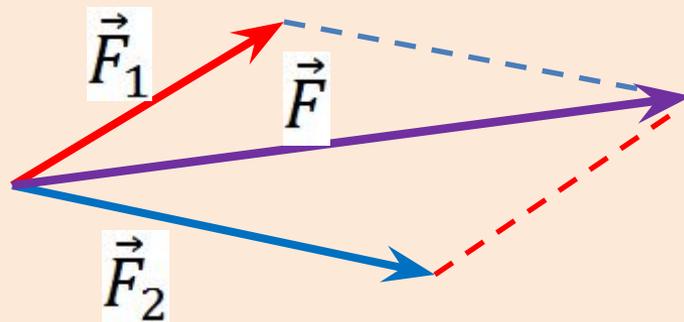


**Сэр Исаак Ньютон
(1642-1727)—
английский физик,
математик, механик и
астроном, один из
создателей
классической
физики.**

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

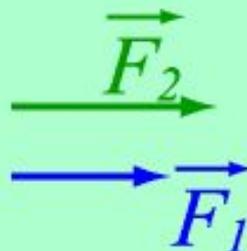
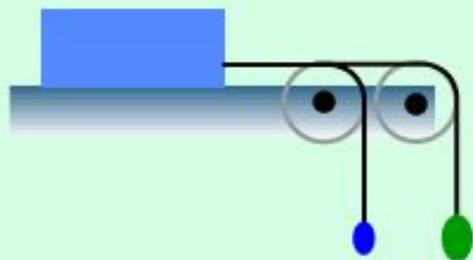
**Сила – это мера взаимодействия
тел.**

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

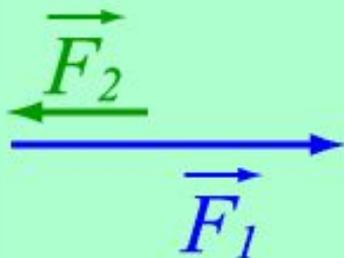
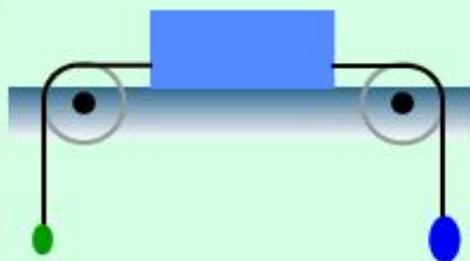


$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

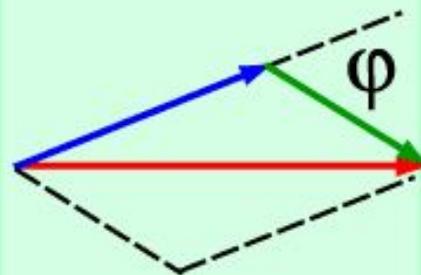
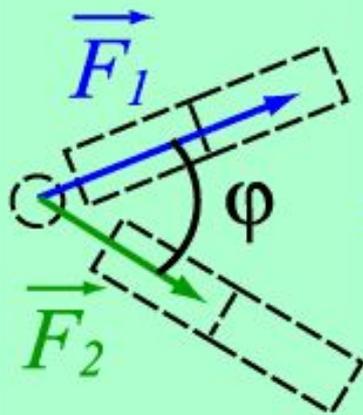
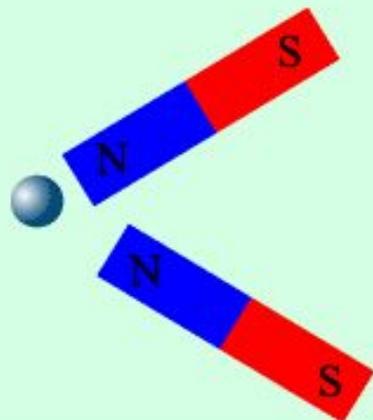
Сложение сил



$$F_p = F_1 + F_2$$



$$F_p = F_1 - F_2$$



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

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.

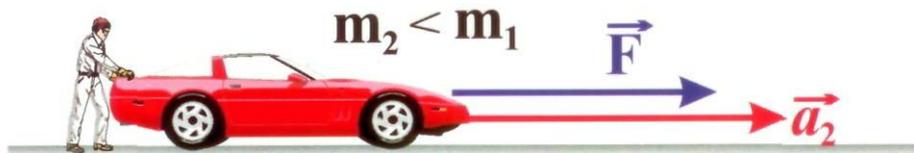
$$m_{ин} = m_{гр}$$

Масса

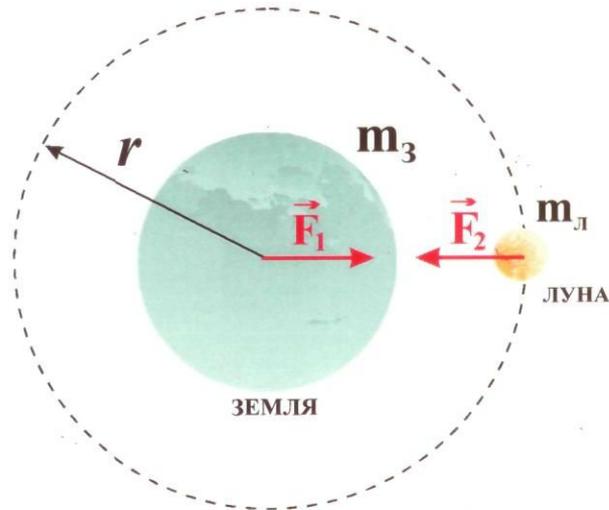
Мера инертности



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



Мера и источник гравитации



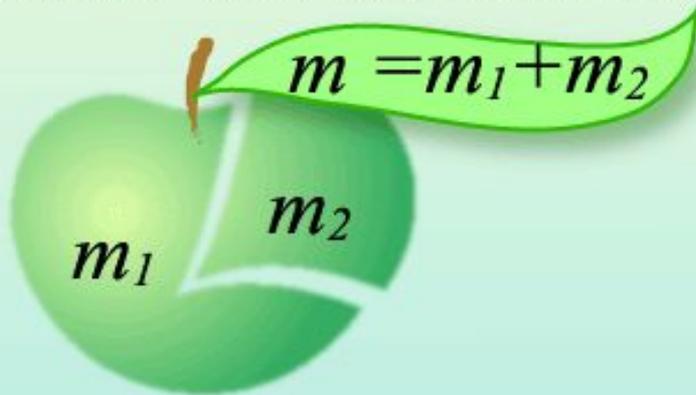
$$F_1 = F_2 = \gamma \frac{m_3 m_{\text{л}}}{r^2}$$

$$m_{\text{И}} = m_{\Gamma}$$

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 1м/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:

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

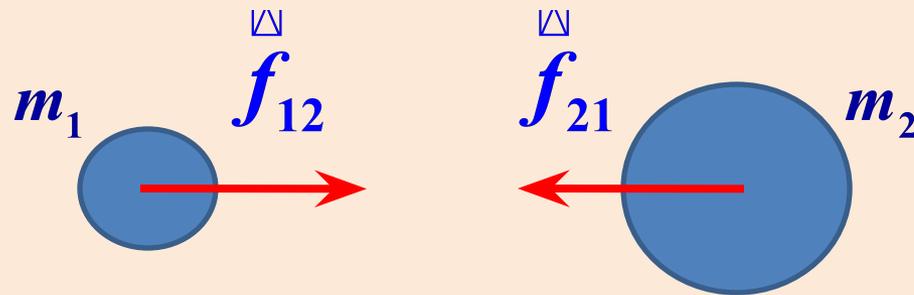
Величину справа называют импульсом силы.

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	∞
Слабое	В-распад	10^{-18}
Гравитационное	Всемирное тяготение	∞

Интенсивность взаимодействия убывает сверху вниз.

Механика изучает силы электромагнитной и гравитационной природы

Упругие силы $F_x = -kx$,

силы трения $F = \mu N$,

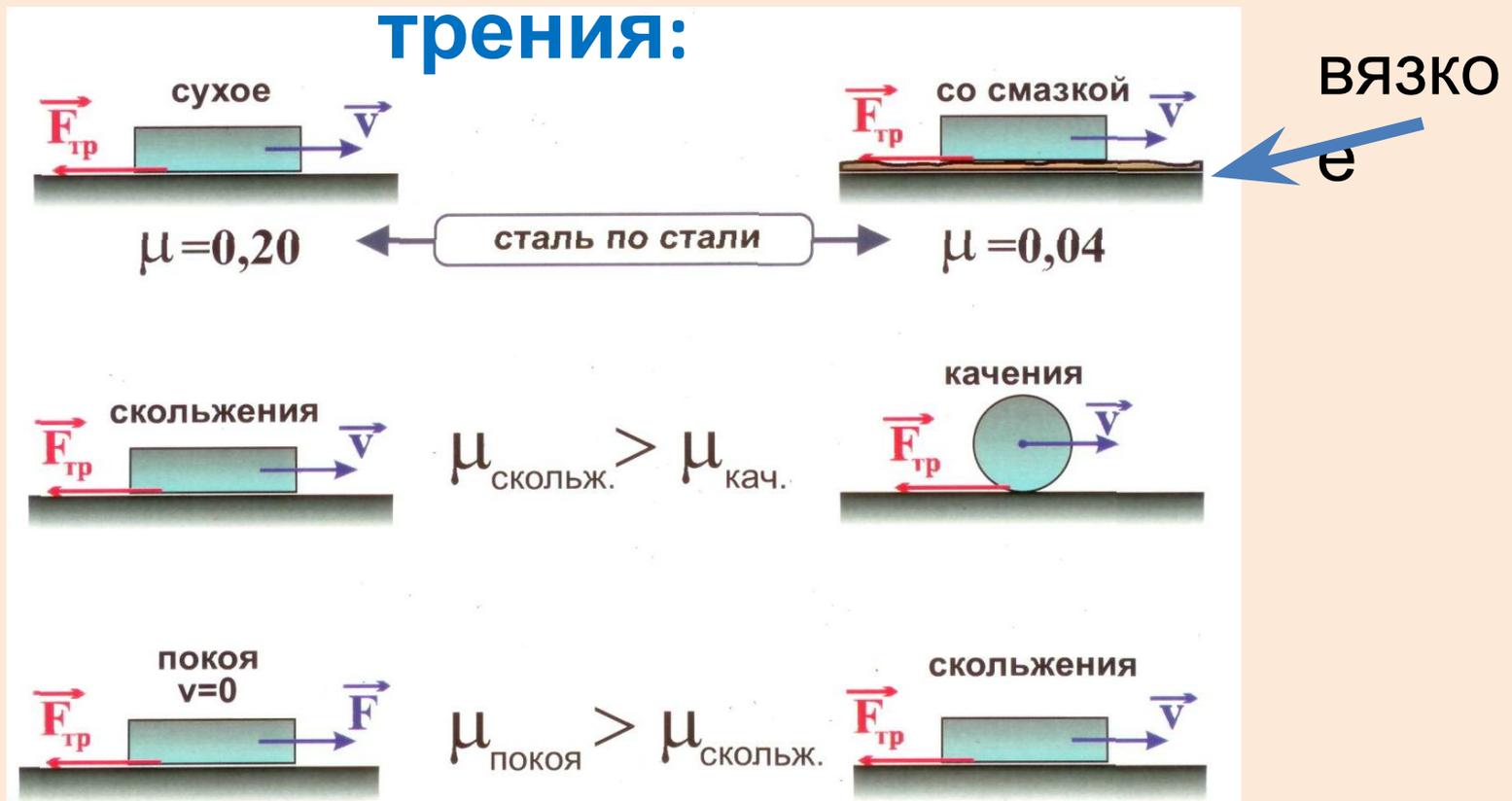
силы сопротивления среды $F_v = -k'v$

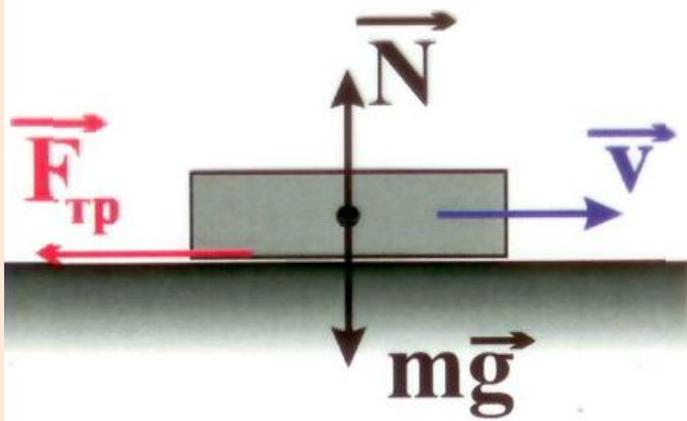
Силы тяготения $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$,

в т.ч. сила тяжести $F = mg$

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

Виды трения:

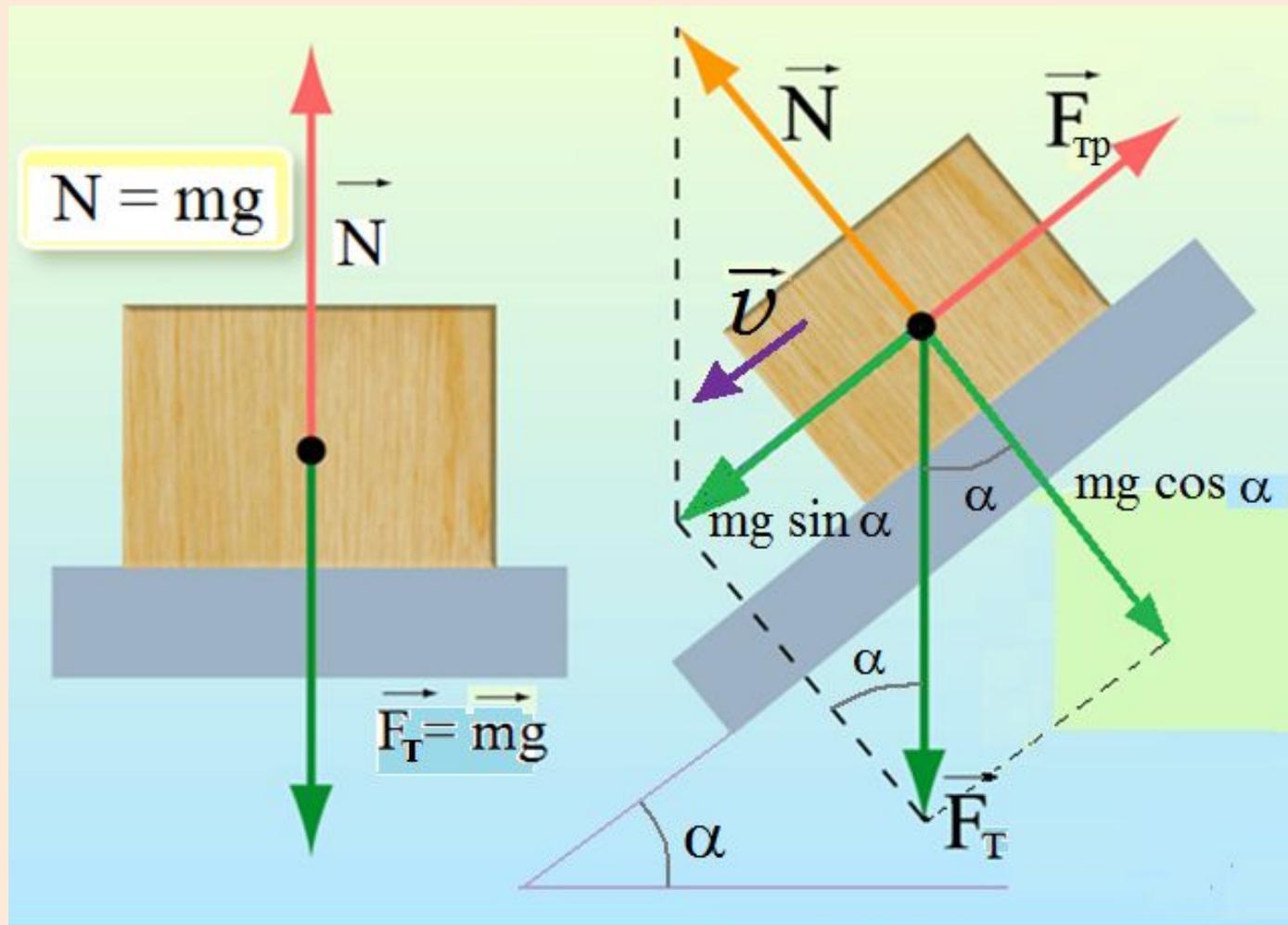




$$F_{\text{тр}} = \mu N$$



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



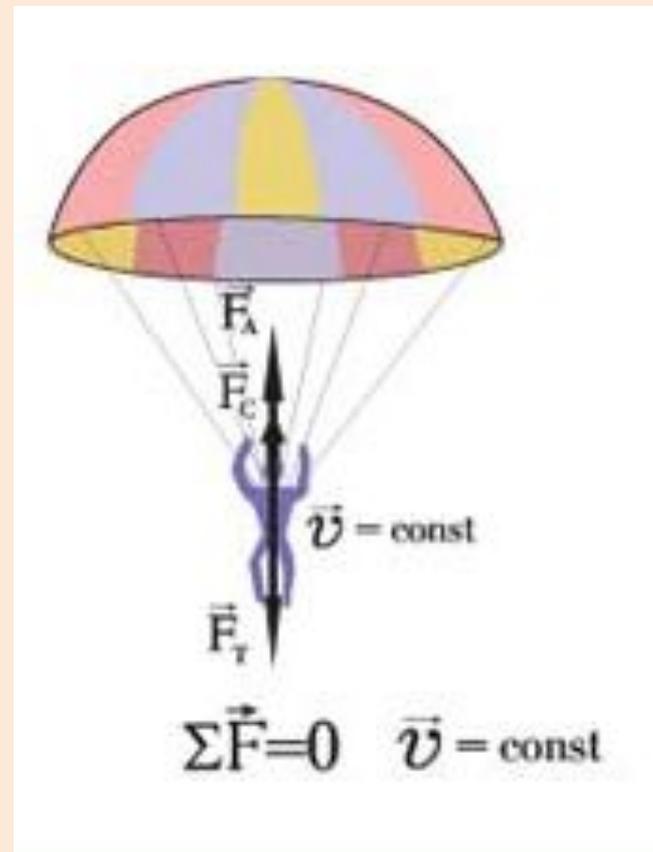
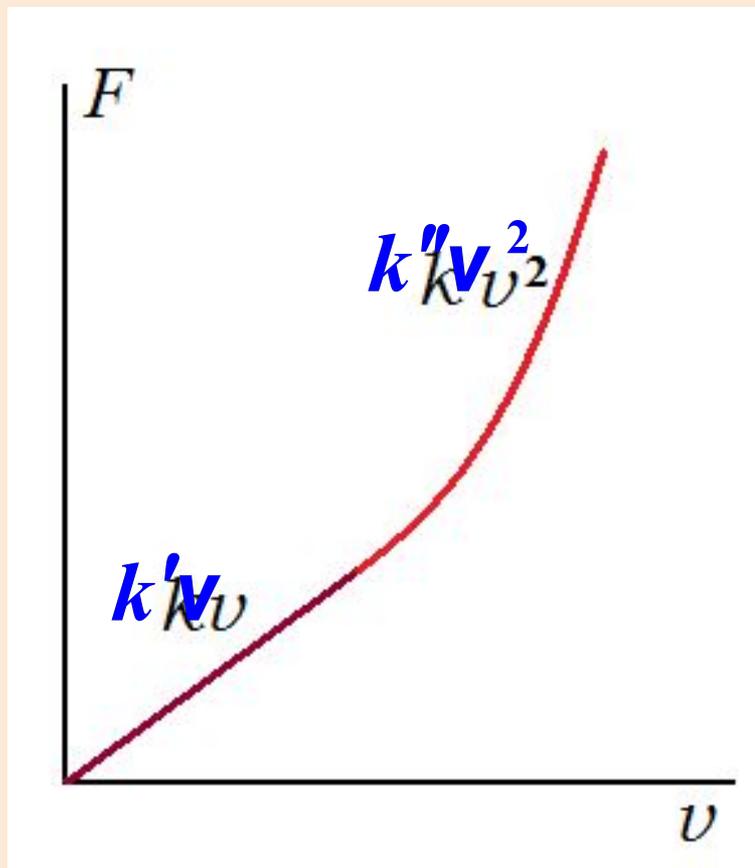
$$F_{Tp} = \mu N = \mu mg$$

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

Силы сопротивления среды

$$F_v = -k'v$$

k' — коэффициент сопротивления

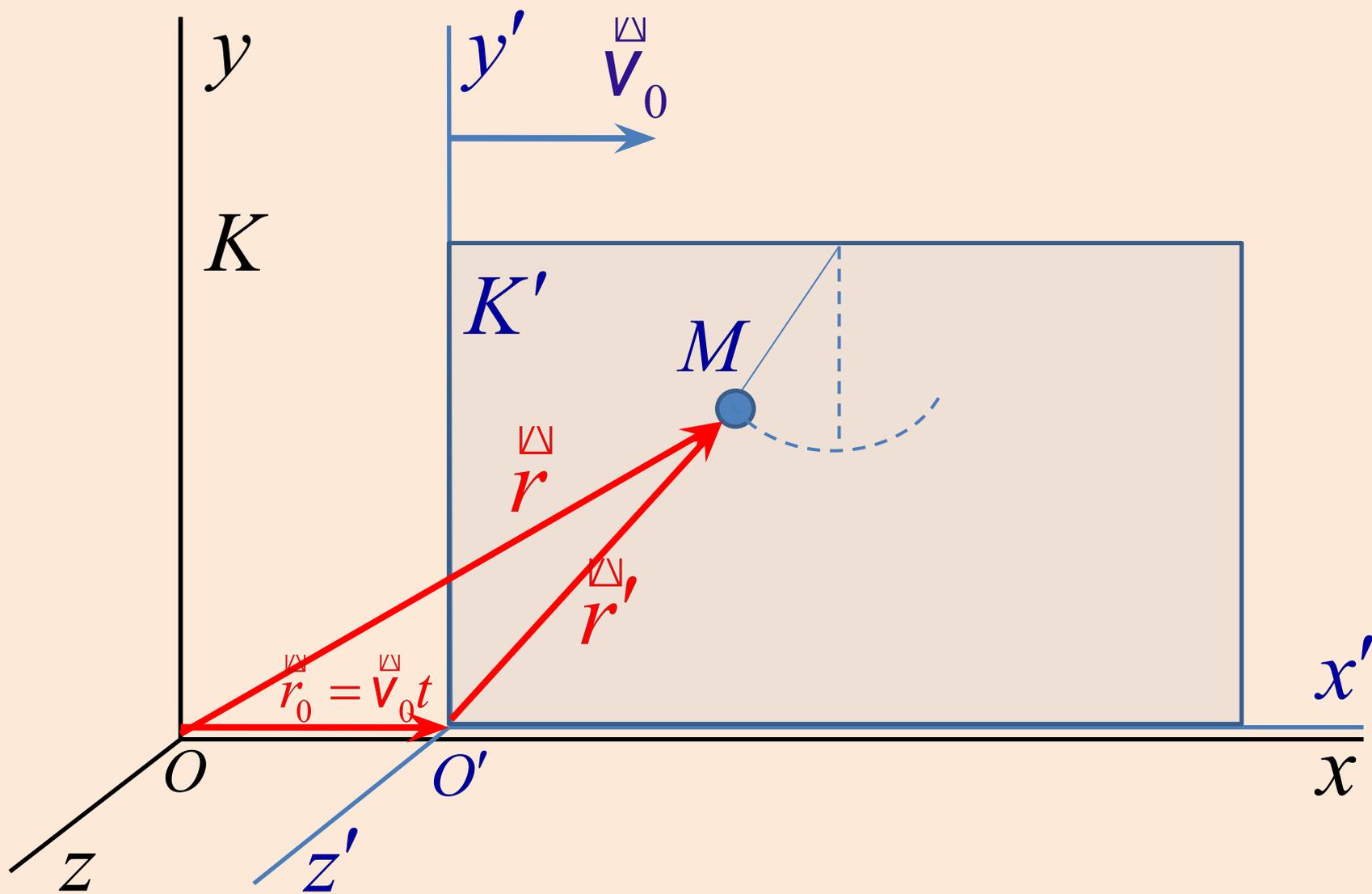


Преобразования Галилея. Классический закон сложения скоростей.

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.