

# **Динамика движения материальной точки**

**Законы Ньютона**

# Первый закон Ньютона – постулат существования

## инерциальных систем отсчета

- Существуют такие системы отсчета, в которых свободная материальная точка движется равномерно и прямолинейно из любого начального положения в любом направлении.
- Такие системы отсчета называются **инерциальными системами отсчета (ИСО)**.

**Свободной материальной точкой** называют материальную точку, которая не взаимодействует с другими телами.

Если действие сил скомпенсировано, то точка – **квазисвободная**.

Закон движения для свободной материальной точки

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t; \quad \vec{r} \text{ - радиус-вектор материальной точки.}$$

Первый закон Ньютона отражает то, что в ИСО

- пространство однородно и изотропно,
- время однородно.

*Однородность пространства* означает, что все точки пространства эквивалентны.

*Изотропность пространства* означает, что все направления эквивалентны (равноправны).

*Однородность времени* означает, что все моменты времени эквивалентны.

## *Другое определение первого закона Ньютона*

- **Закон инерции**: всякая материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит её изменить это состояние.
- **Инерция** – стремление тела сохранить состояние покоя или равномерного (прямолинейного) движения.

**Понятие силы и инертной массы.  
Импульс (количество движения) тела.  
Второй закон Ньютона**

Для того чтобы описать воздействие вводят понятие силы ( $F$ ).

Под действием силы тела

- либо изменяют вектор скорости, т.е. приобретают ускорение (**динамическое проявление  $F$** ),
- либо изменяют свою форму и размеры, т.е. деформируются (**статическое проявление  $F$** ).

**Сила** – векторная величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело со стороны других тел или полей, в результате которого тело приобретает ускорение или изменяет свою форму или размеры.

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}, (1) \quad \text{где} \quad \vec{p} = m\vec{v} \quad - \text{импульс.}$$

Сила – первая производная от импульса тела по времени.

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt}; (2)$$

$$\frac{\vec{F}}{m} = \frac{d\vec{v}}{dt}, (3)$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. (4)$$



## Второй закон Ньютона:

ускорение, с которым движется тело относительно ИСО пропорционально равнодействующей всех сил, обратно пропорционально массе тела и направлено вдоль равнодействующей.

$$a \sim F$$

$$a \sim \frac{1}{m} \quad \Rightarrow \quad a = k \frac{F}{m}.$$

Систему единиц подбирают так, чтобы  $k = 1$ .

Система СИ: 1 ньютон (Н) – сила, которая телу массой 1 кг сообщает ускорение 1 м/с<sup>2</sup>.

**Масса** (тела) – физическая величина, являющаяся одной из характеристик материи, определяющая её *инерциальные* (инертная масса) и *гравитационные* (гравитационная масса) свойства.

**Инертная масса** – это мера инертности тел.

**Инертность** – это способность тел противодействовать изменению своего состояния при взаимодействии с другими телами.

# *Свойства инертной массы*

1. Величина инертной массы не зависит от величины и направления действия сил.
2. Масса аддитивна – масса системы тел равна сумме масс тел, входящих в систему.

Другая запись второго закона Ньютона:

$$\int \vec{F} dt = \Delta p. (5)$$

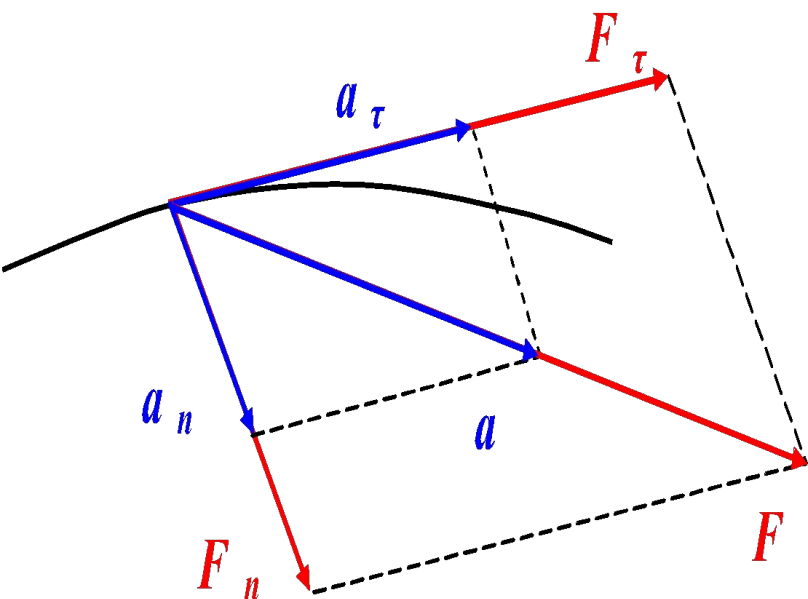
импульс  
силы

- **Импульс силы** равен изменению количества движения тела под действием этой силы.

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad \vec{p} = m\vec{v} \quad \Rightarrow \quad \vec{F} = m \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}. (6)$$

уравнение движения материальной точки относительно ИСО.

## Принцип независимого действия сил:



если на материальную точку действует одновременно несколько сил, то каждая из этих сил сообщает материальной точке ускорение согласно второму закону Ньютона, как будто других сил нет.

**Следовательно, силы и ускорения можно разлагать на составляющие, что упрощает решение задач.**

# Третий закон Ньютона

Две материальные точки взаимодействуют друг с другом силами равными по величине, противоположно направленными вдоль одной прямой.



$$|F_1| = |F_2|$$

## Из закона следует

1. Силы имеют одну и ту же физическую природу (например, гравитационную, электрическую, контактную).
2. Эти силы не уравновешивают друг друга, т.к. приложены к различным телам (поэтому их нельзя складывать).

Для системы тел (материальных точек) взаимодействие всех тел можно свести к силам парного взаимодействия между материальными точками.

Следовательно, третий закон Ньютона позволяет осуществить переход от динамики отдельной материальной точки к *динамике системы материальных точек*.



Пример силы, возникающей при взаимодействии тел, – *сила трения*.

Сила трения имеет различную природу, но в результате её действия механическая энергия всегда превращается во внутреннюю энергию соприкасающихся тел.

*Сухое (внешнее) трение* возникает в плоскости касания двух соприкасающихся тел при их относительном перемещении.

Если соприкасающиеся тела неподвижны друг относительно друга – *трение покоя*.

В зависимости от характера относительного движения соприкасающихся тел различают трение

- скольжения,
- качения
- верчения.

**Внутреннее трение** – трение между частями одного и того же тела.

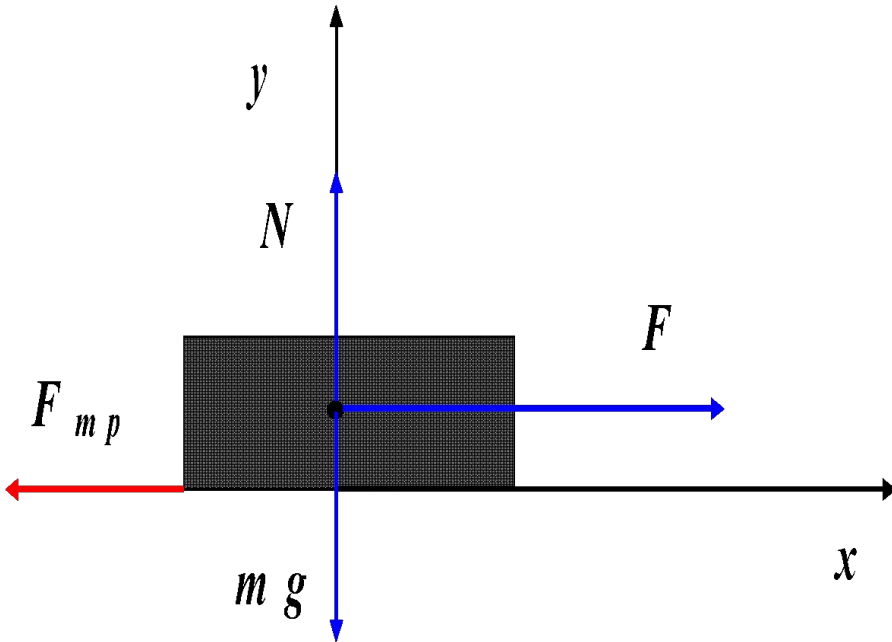
Отсутствует трение покоя.

Пример: возникает между различными слоями жидкости или газа.

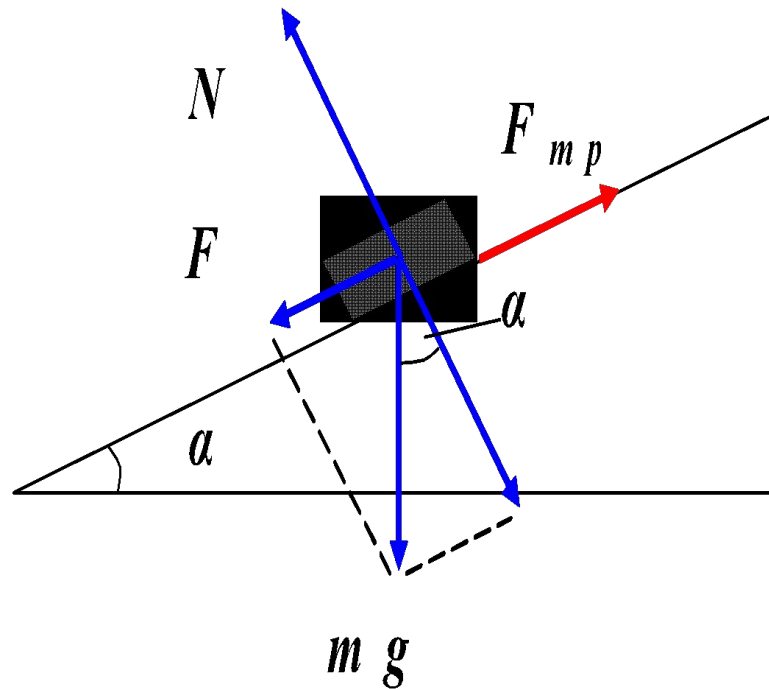
Опытным путем установлено:

$$F_{тр} = \mu N,$$

$\mu$  – коэффициент трения скольжения,  
 $N$  – сила нормального давления.



$\mu = \operatorname{tg} \alpha_0$ ,  $\alpha_0$  — предельный угол.



$F_{тр.качения} = \frac{\mu_k N}{r}$ ,  $\mu_k$  — коэффициент трения качения.  
 $r$  — радиус катящегося тела.