

# ЛЕКЦИЯ 2

## **Динамика материальной точки**

Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета.

Принцип относительности Галилея.

Второй закон Ньютона.

Третий закон Ньютона.

**Динамика** - раздел механики, изучает причины движения тел и какими причинами вызвано взаимодействие между телами.

# Классическая механика

Ньютон

Область применимости классической механики – это движение тел с большой (по сравнению с атомом) массой, движущихся с малыми ( по сравнению со скоростью света) скоростями.

**Механика больших скоростей  
(релятивистская механика)**

Эйнштейн

Уравнения релятивистской механики в пределе малых ( по сравнению со скоростью света) скоростей переходят в уравнения классической механики

**Механика атомов  
(квантовая механика)**

Бор, Шредингер, Дирак, Планк и др

Уравнения квантовой механики в пределе больших ( по сравнению с массами атомов) масс переходят в уравнения классической механики

# Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона

Для описания механических явлений надо выбрать систему отсчета.

В различных системах отсчета законы движения имеют, в общем случае, различный вид.

Оказывается можно найти такую систему отсчета, в которой законы механики имеют наиболее простой вид.

Это система отсчета с однородным и изотропным пространством и однородным временем.

Такая система отсчета называется инерциальной.

В инерциальной системе отсчета всякое свободное движение происходит с постоянной по величине и направлению скоростью.

Это утверждение оставляет содержание *первого закона Ньютона* – *закона инерции*.

Если наряду с имеющейся у нас инерциальной системой отсчета мы введем другую систему отсчета, движущуюся относительно первой прямолинейно и равномерно, то законы свободного движения по отношению к этой системе будут такими же, как и по отношению к первоначальной:

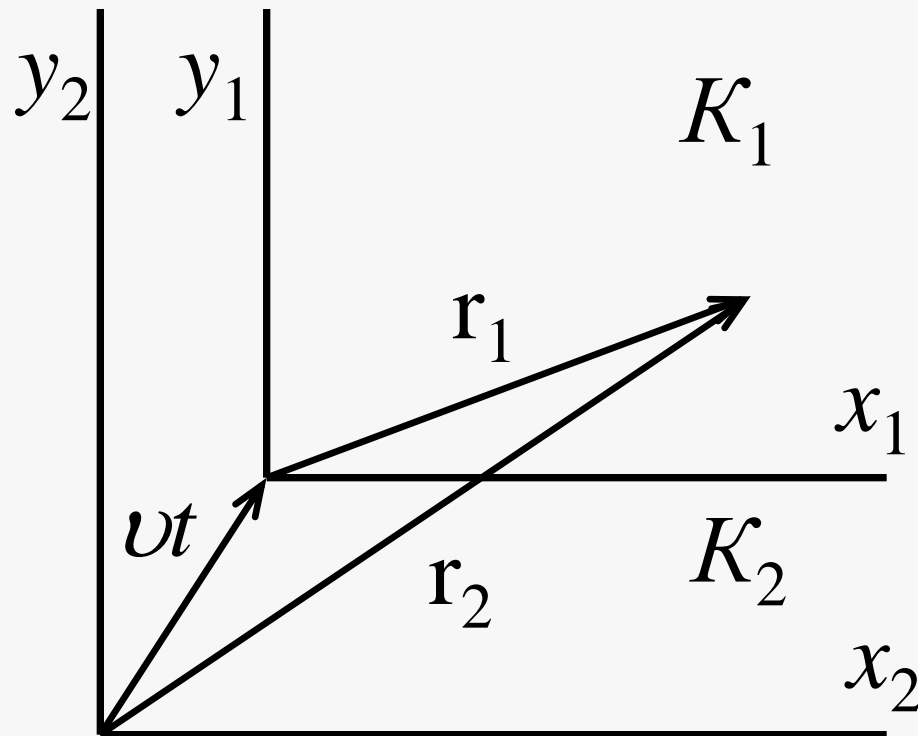
свободное движение снова будет происходить с постоянной скоростью.

Существует бесконечное множество инерциальных систем отсчета, движущихся относительно друг друга равномерно и прямолинейно.

Во всех инерциальных системах свойства пространства и времени одинаковы и одинаковы все законы механики.

Это утверждение составляет содержание *принципа относительности Галилея*.

Координаты одной и той же точки в разных системах отсчета  $K_1$  и  $K_2$ , из которых  $K_1$  движется относительно  $K_2$  со скоростью  $\mathbf{v}$ , связаны друг с другом соотношением



$$\mathbf{r}_2 = \mathbf{r}_1 + \mathbf{v}t$$



Подразумевается, что время течет одинаково в  $K_1$  и  $K_2$ :  $t_1 = t_2 = t$ .

Представление об абсолютном времени лежит в основе классической механики.

Принцип относительности Галилея можно сформулировать как требование инвариантности уравнений механики по отношению к преобразованиям Галилея:

$$t_1 = t_2 = t,$$
$$\mathbf{r}_2 = \mathbf{r}_1 + \mathbf{v}t.$$

Из абсолютности времени и принципа относительности Галилея следует, что в классической механике взаимодействие между телами распространяется мгновенно.

Если бы взаимодействие было бы не "мгновенным", то в силу принципа Галилея и однородности времени скорость распространения фундаментальных взаимодействий была бы различна в разных инерциальных системах отсчета.

Это привело бы к различию законов движения тел в разных инерциальных системах отсчета.

Из первого закона следует важный физический принцип: существование инерциальной системы отсчета.

Смысл первого закона состоит в том, что: если на тело не действуют внешние силы, то существует система отсчета, в которой оно покоится.

Но если в одной системе тело покоится, то существует множество других систем отсчета, в которых тело движется с постоянной скоростью.

Следствием первого закона Ньютона является утверждение: если наблюдатель находится в инерциальной системе отсчета, а это удостоверяет покоящееся в ней тело, то все прочие тела, на которые не действуют силы, будут также находиться в покое или двигаться с постоянной скоростью.

# Взаимодействие тел

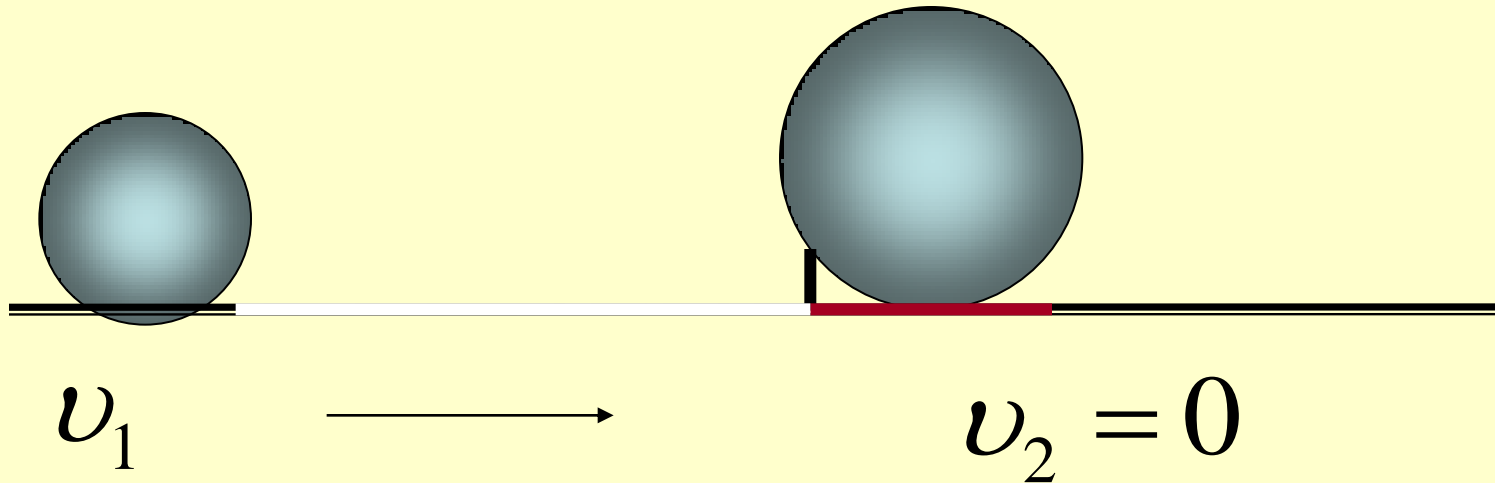
---

Согласно явлению инерции, тело само не может изменить скорость своего движения.

Для изменения скорости тела на него необходимо подействовать другим телом.

Действие тел друг на друга называют *взаимодействием*.

В результате взаимодействия оба тела изменяют свою скорость.



## фундаментальные взаимодействия:

тип взаимодействия	величина константы взаимодействия G	расстояние взаимодействия r, м
1. Сильное (ядерное)	1	$\sim 10^{-13}$
2. Электромагнитное	1/137	$\sim \infty$
3. Слабое	$10^{-14}$	$\sim 10^{-13}$
4. Гравитационное	$10^{-39}$	$\sim \infty$

### Физические поля

Если тела взаимодействуют без непосредственного соприкосновения, то говорят, что они взаимодействуют посредством поля

Поле - вид материи, посредством которого передается взаимодействие.

Некоторые виды полей:

- 1) гравитационное;
- 2) электромагнитное;

# Второй закон Ньютона. Основные понятия

Второй закон Ньютона количественно определяет: изменение состояние движения тела под действием внешних сил.

*Под силой в механике понимают всякую причину, изменяющую состояние движения тела.*

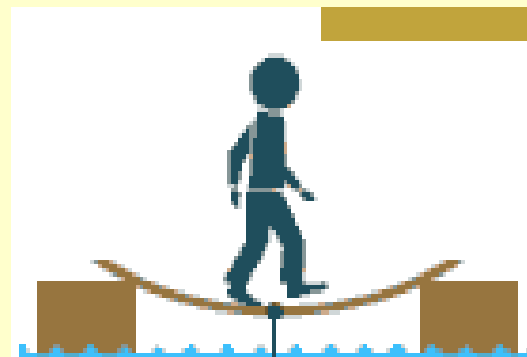
Всякое тело оказывает сопротивление при попытках привести его в движение или изменить модуль или направление его скорости. Это свойство тел называется *инертностью*.

**Силой** называется всякое воздействие на данное тело, сообщающее ему ускорение или вызывающее его деформацию.



**F** – сила

Единица измерения –



**Н** (Ньютон)

**Полная характеристика силы включает следующую информацию:**

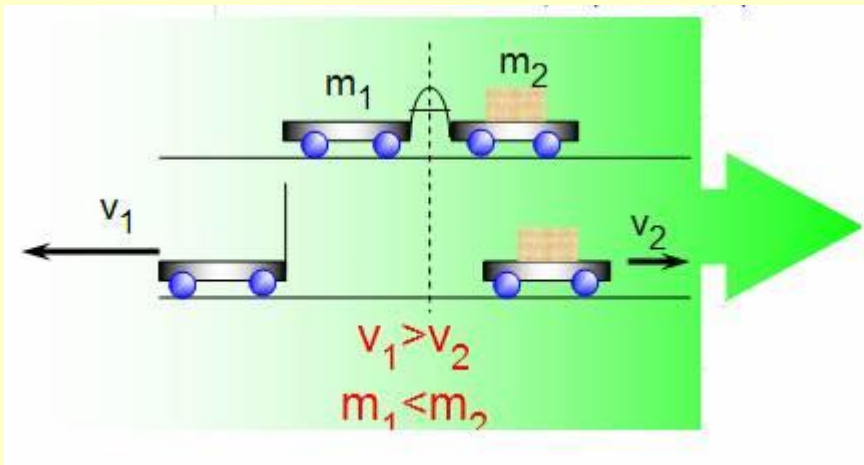
- 1) природу взаимодействия;
- 2) тело, со стороны которого действует сила;
- 3) тело, на которое действует сила (точка приложения силы);
- 4) линия действия силы;
- 5) направление силы;
- 6) величина силы.



Свойство тел сопротивляться попыткам изменить их скорость называется **инертностью**.

**Масса** – это свойство, которое определяет величину ускорения  $a$ , приобретаемое телом под воздействием силы.

**Масса тела** – это физическая величина, являющаяся количественной мерой инертности тел, т.е. свойство сохранять приобретенную скорость движения  $V$  или состояние покоя ( $V=0$ ).



$[m] = \text{кг}$  (килограмм), г, мг, т, ц

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1}{v_2}$$



Неизвестную массу  $m$  можно сравнить с данной стандартной массой  $m_0$ , поместив между ними небольшую сжатую пружину.

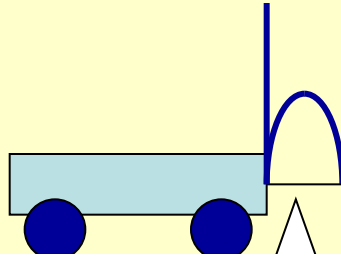
Отпустив пружину, мы заставим первоначально покоившиеся массы разлететься в противоположные стороны со скоростями  $\mathbf{v}$  и  $\mathbf{v}_0$  соответственно.

При этом количественно неизвестную массу  $m$  можно определить следующим образом:

$$m = m_0 \mathbf{v}_0 / \mathbf{v} \text{ (определение инертной массы).}$$

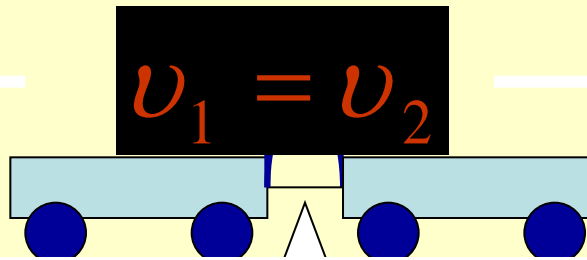
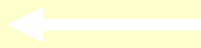
## Взаимодействие тел

$$v = 0$$



$$v = 0$$

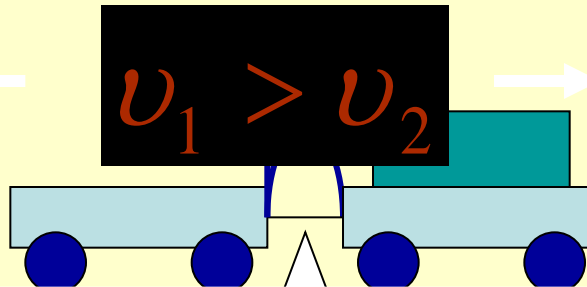
$$v_1 = 0$$



$$v_1 = v_2$$

$$v_2 = 0$$

$$v_1 = 0$$



$$v_1 > v_2$$

$$v_2 = 0$$

При взаимодействии тел изменяется их скорость.

Таким образом, в инерциальной системе ускорение, которое сила сообщает телу (материальной точке), определяется формулой.

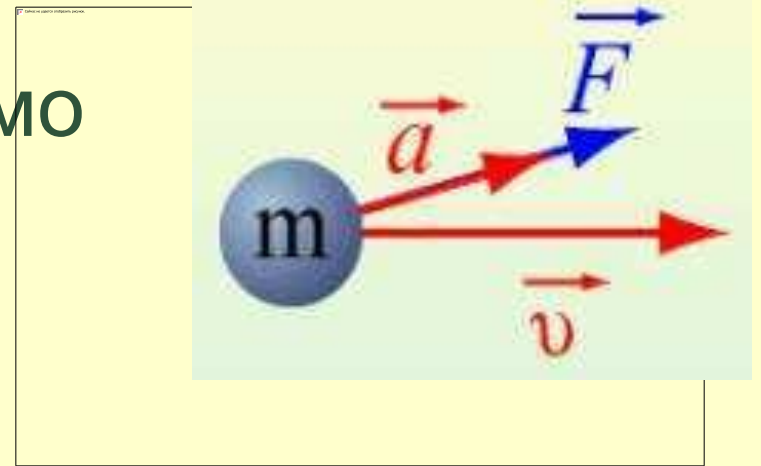
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \cdot$$

Это утверждение называется вторым законом Ньютона, а соответствующие ему уравнения – уравнениями движения материальной точки.

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

# Второй закон Ньютона

Ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей сил, приложенных к телу, и обратно пропорционально его массе

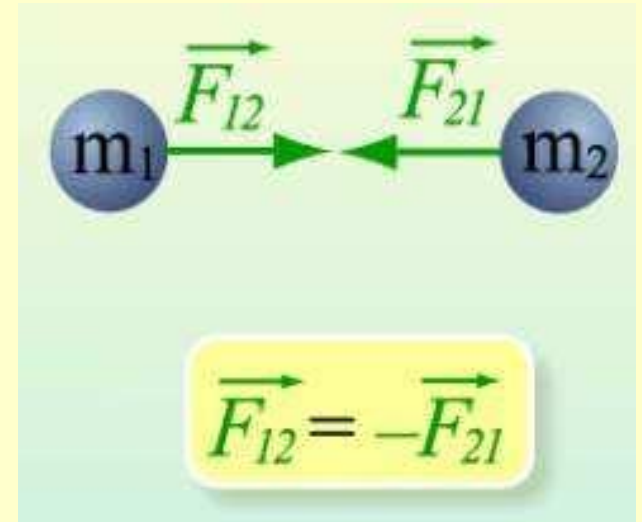


$$\vec{a} = k \frac{\vec{F}}{m}$$

$m$  и  $k$  – скалярные величины

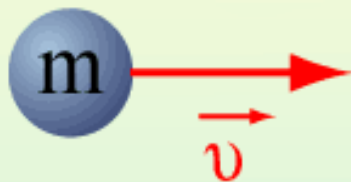
# Третий закон Ньютона

Если одно тело действует на второе с некоторой силой  $F_{12}$ , то всегда имеет место обратное воздействие второго тела на первое с силой  $F_{21}$ , равной по величине  $F_{12}$  и противоположно направленной



Третий закон отражает тот факт, что *сила есть результат взаимодействия нескольких различных тел.*

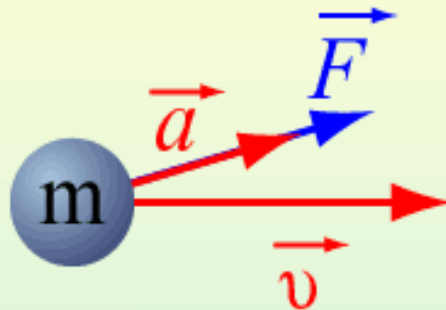
# Законы Ньютона



$$\vec{v} = \text{const}, \\ \text{при } \vec{F} = 0$$

## I закон

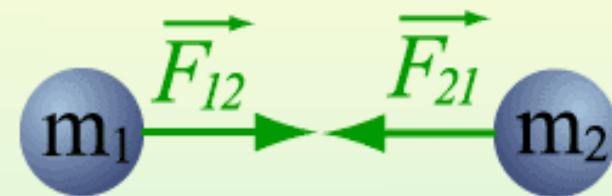
Существуют такие системы отсчета, в которых всякое тело будет сохранять состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения до тех пор, пока действие других тел не заставит его изменить это состояние.



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

## II закон

Под действием силы тело приобретает такое ускорение, что его произведение на массу тела равно действующей силе.



$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

## III закон

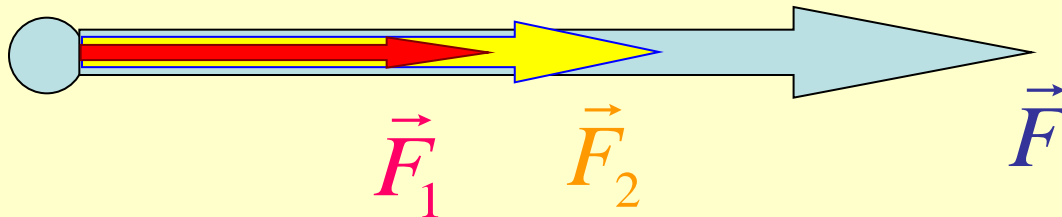
Силы, с которыми взаимодействующие тела действуют друг на друга, равны по модулю и направлены по одной прямой в противоположные стороны.

## Сложение сил

Равнодействующая сила – сила, которая оказывает на тело то же воздействие, что и несколько сил.

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

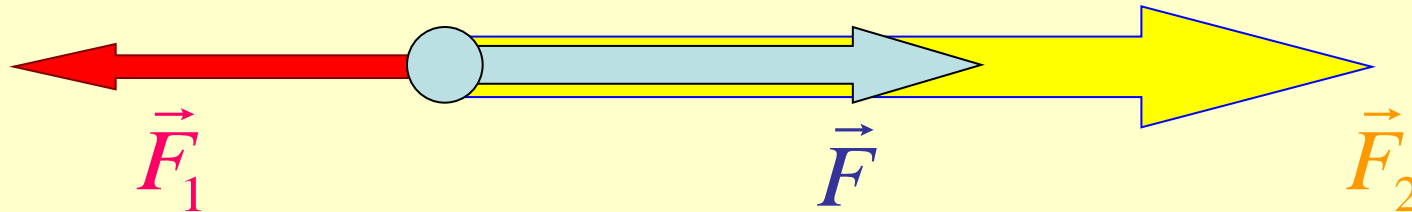
### Сложение сил, направленных вдоль одной прямой



Равнодействующая двух сил, направленных вдоль одной прямой в одну сторону, направлена в ту же сторону, а ее модуль равен сумме модулей слагаемых сил:  $F = F_1 + F_2$ .



## Сложение сил, направленных вдоль одной прямой

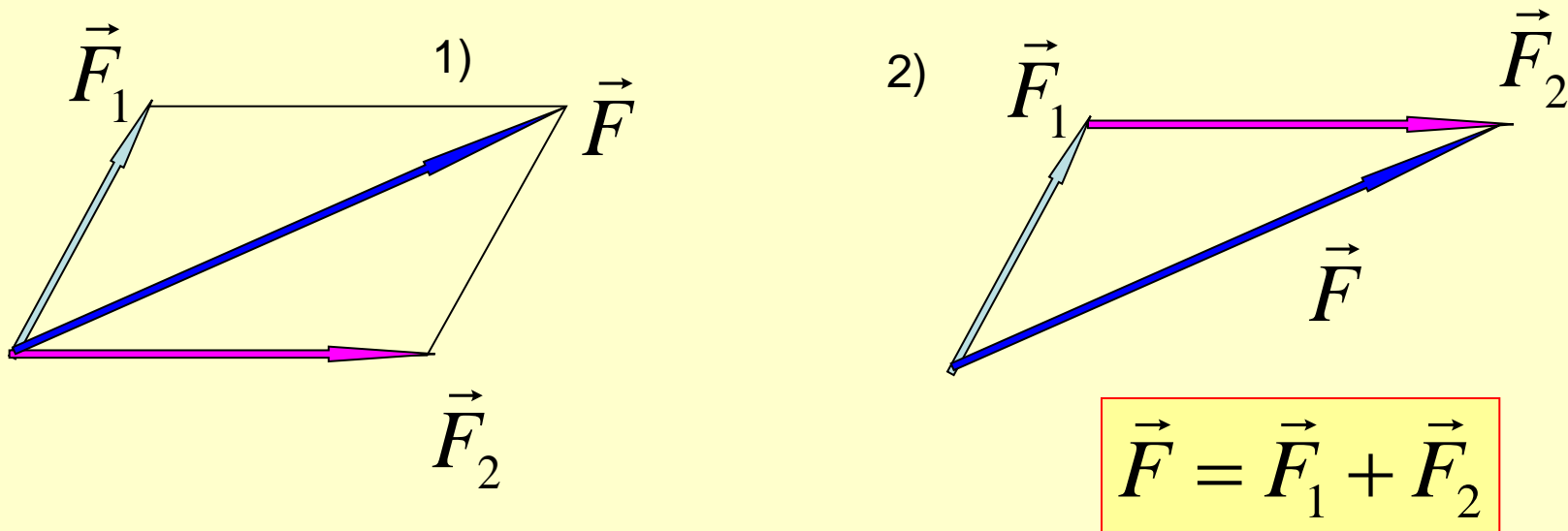


Равнодействующая двух сил, направленных вдоль одной прямой в противоположные стороны, направлена в сторону большей по модулю силы, а ее модуль равен разности модулей слагаемых сил:

$$F = F_2 - F_1.$$

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

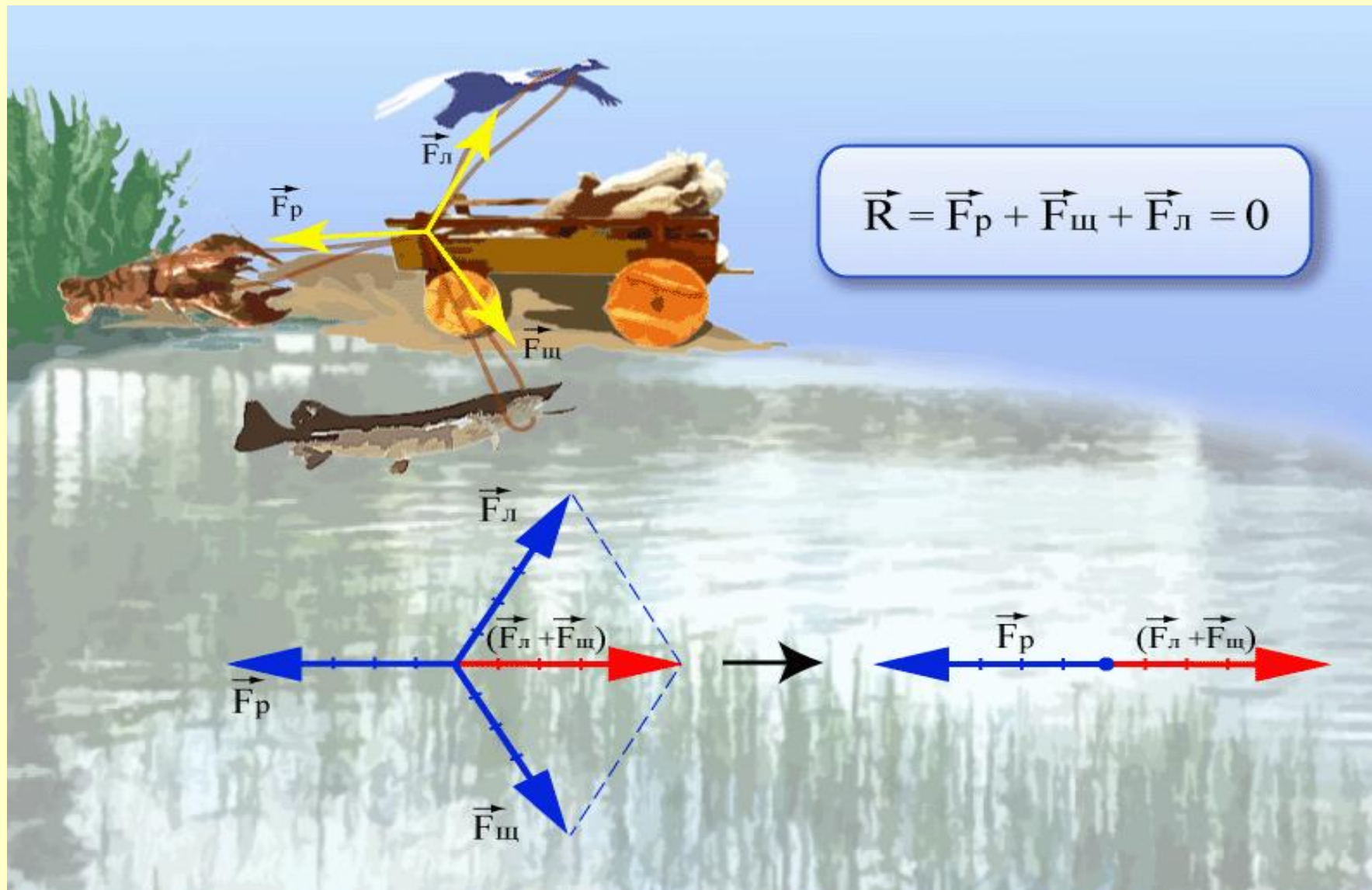
## Сложение сил, направленных под углом



1) Правило параллелограмма: для нахождения равнодействующей двух сил, действующих под углом, надо построить параллелограмм на этих силах, как на сторонах и провести в нем из точки приложения сил диагональ. Длина и направление этой диагонали определяет модуль и направление равнодействующей.

2) Правило треугольника: с концом вектора  $F_1$  совместить начало вектора  $F_2$  и соединить начало первого с концом второго.

**Принцип суперпозиции сил:** если на материальную систему действуют несколько сил, то их равнодействующая равна векторной сумме этих сил.



Соотношение  $ma = F_{\text{рез}}$  предполагает аддитивность (сложение) масс и векторный закон сложения сил.

Аддитивность масс означает, что если соединить вместе два тела с массами  $m_A$  и  $m_B$ , то масса такого тела будет равна

$$m = m_A + m_B.$$