

# Второй закон Ньютона

Динамика материальной точки

# Сегодня мы:

- 1 поговорим о взаимодействиях тел;
- 2 вспомним, такое масса и мерой каких свойств тела она является;
- 3 вспомним, что такое сила и дадим её строгое определение;
- 4 сформулируем второй закон Ньютона и выясним, каковы условия его применимости;
- 5 научимся определять направление вектора ускорения, с которым движется тело.



# Первый закон Ньютона (закон инерции)

Существуют такие СО, в которых тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока на него не подействуют другие тела или действия других тел компенсируются.



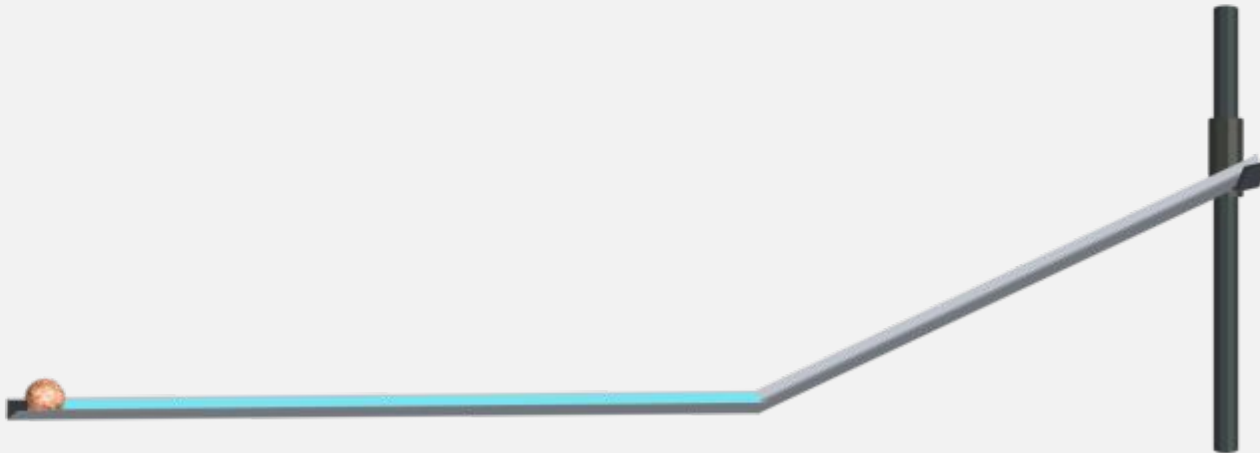
И. Ньютон

# Закон инерции

Скорость движения тела остаётся постоянной, если на него не действуют другие тела или их действия компенсируются.




Г. Галилей



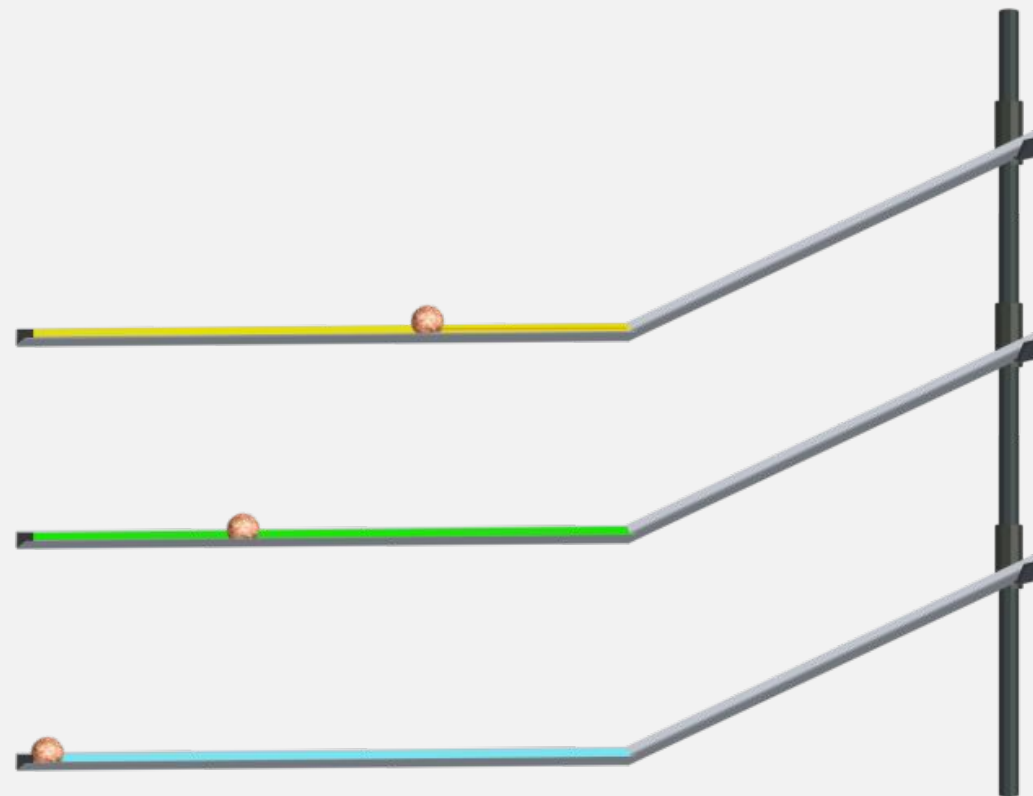
# Первый закон Ньютона. ИСО

Движение тела, которое происходит без действия на него других тел, называют **движением по инерции**.

**Инертность** — это свойство тел сохранять скорость движения неизменной до тех пор, пока на них не действуют другие тела.



Чем больше время изменения скорости тела, тем оно более инертно.



# Масса

**Масса** — это мера инертности тела.

$[m] = [\text{кг}]$  — единица измерения массы.

**Масса** — это мера гравитационных свойств тела.



А можно ли  
сравнить массы тел,  
не используя силы  
притяжения?

$$m = m_{\text{эт}} \frac{F}{F_{\text{эт}}}$$




# Масса

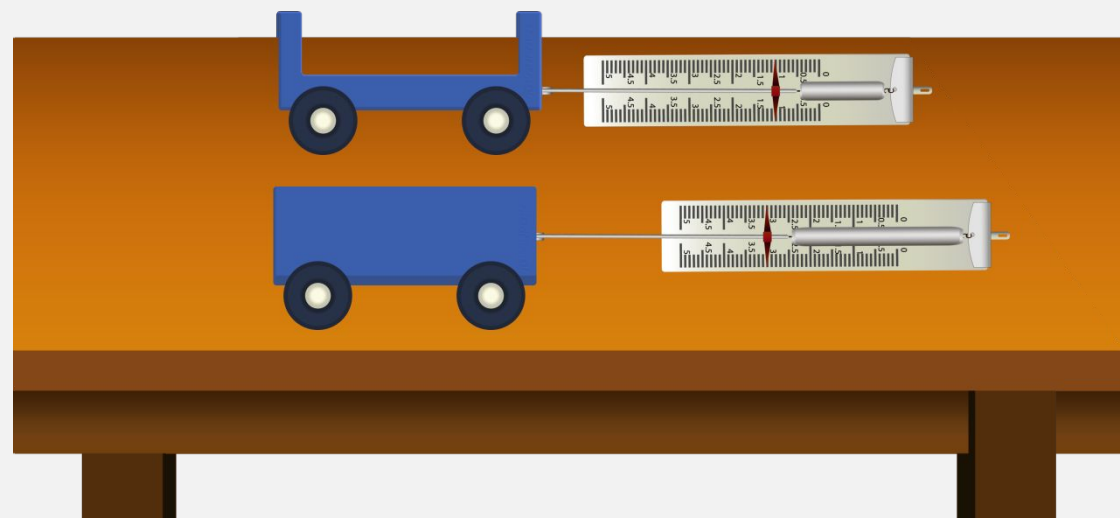
Масса — это мера инертности тела.

Общая масса нескольких тел равна сумме их масс:  $m = m_1 + m_2 + \dots + m_n$ .

Масса однородного вещества, заключённого в объёме, пропорциональна этому объёму:  $m = \rho V$ .




Значит, первая тележка в три раза более инертна, чем вторая.



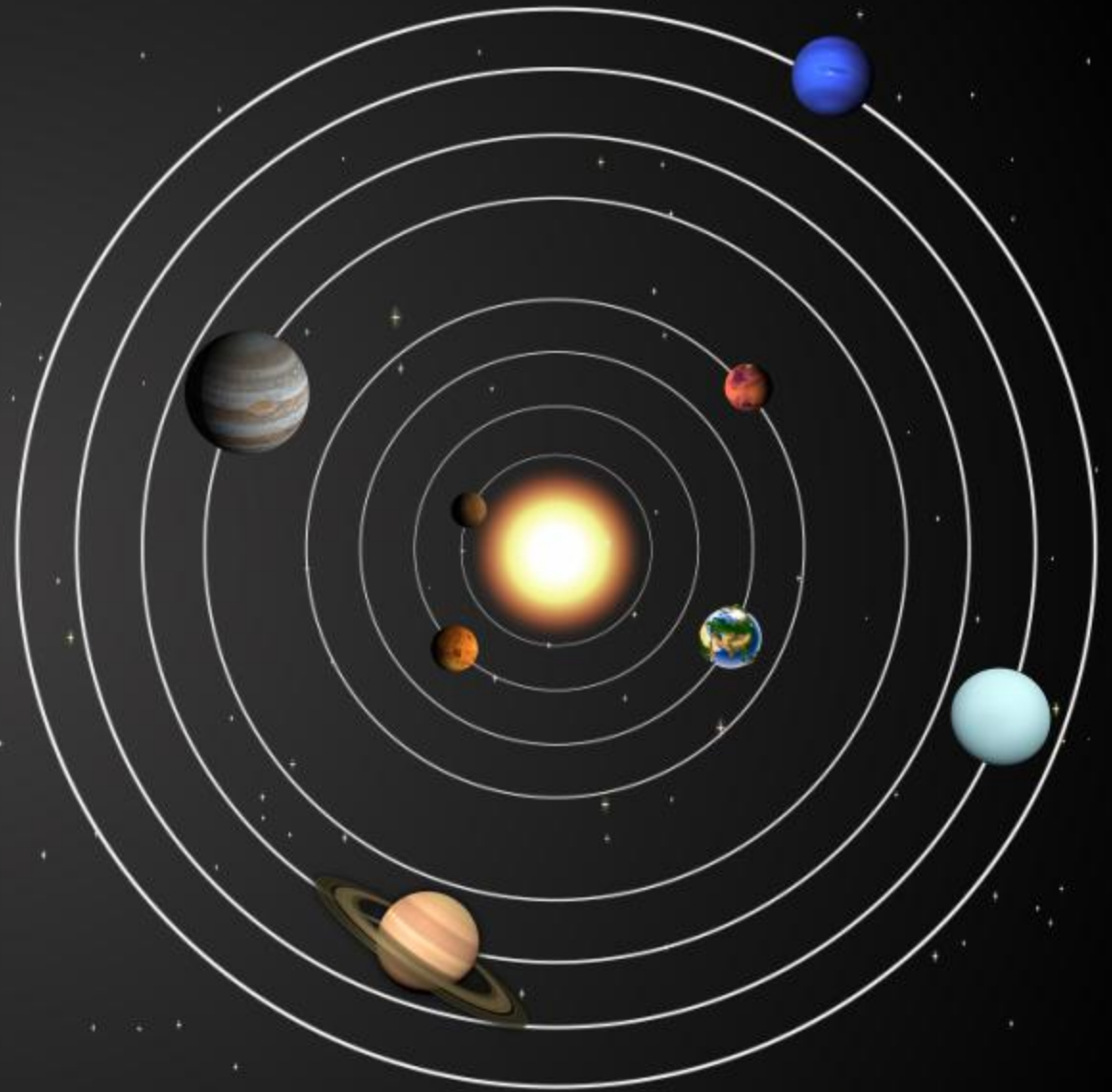
# Взаимодействие тел

В мире всё находится в непрерывном движении и изменении.

При движении тела взаимодействуют друг с другом.



Взаимодействие, как и движение, является неотъемлемым свойством материи.





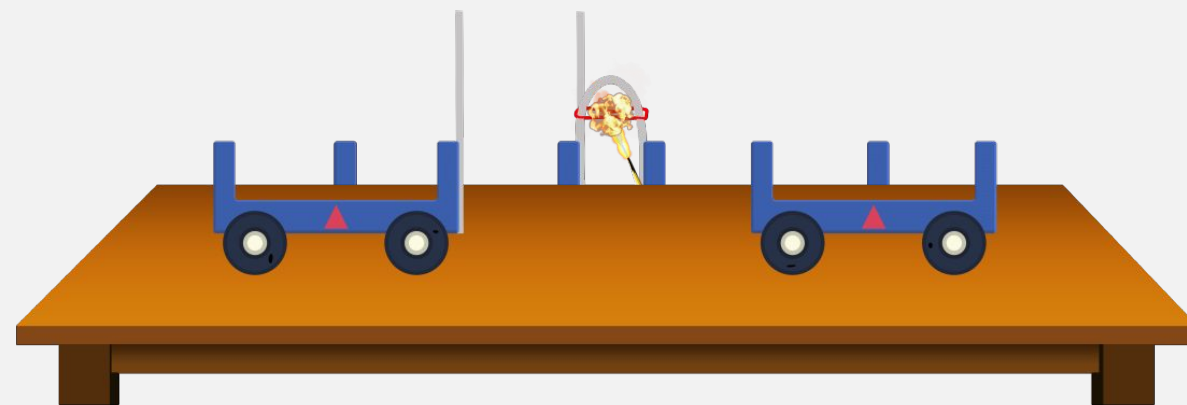
# Взаимодействие тел

Действие одного тела на другое **не может** быть односторонним.



Для изменения скорости

Будет ли тележка двигаться, если линейка выпрямится?



# Сила

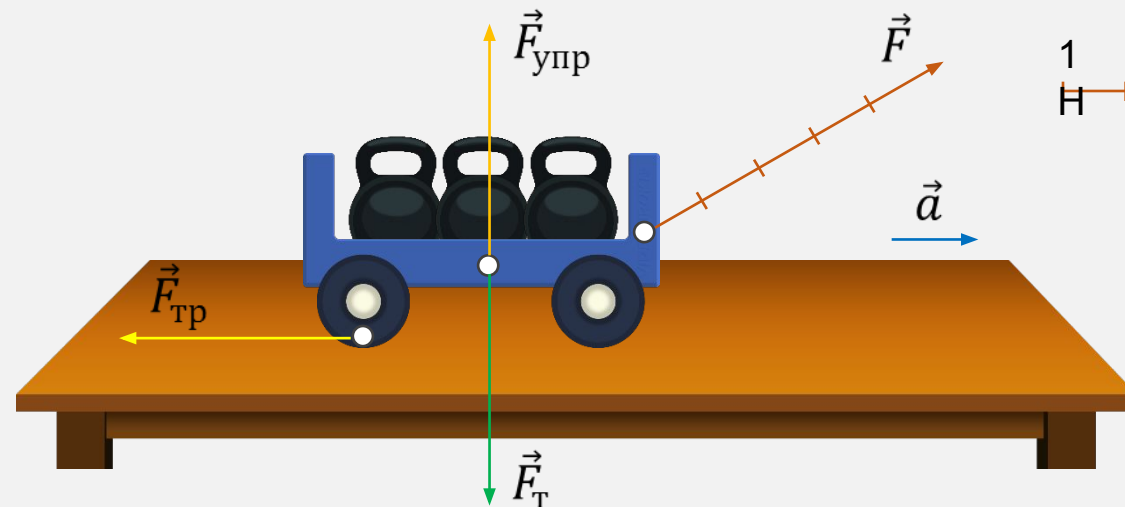
Сила  $\vec{F}$  — это физическая векторная величина, являющаяся количественной мерой воздействия одного тела на другое.

$$[\vec{F}] = [\text{Н}].$$

Сила характеризуется:

- 1) точкой приложения;
- 2) направлением;
- 3) модулем.

**Равнодействующей** называется сила, оказывающая такое же действие, как несколько сил совместно.



Между силой и ускорением должна быть количественная взаимосвязь.

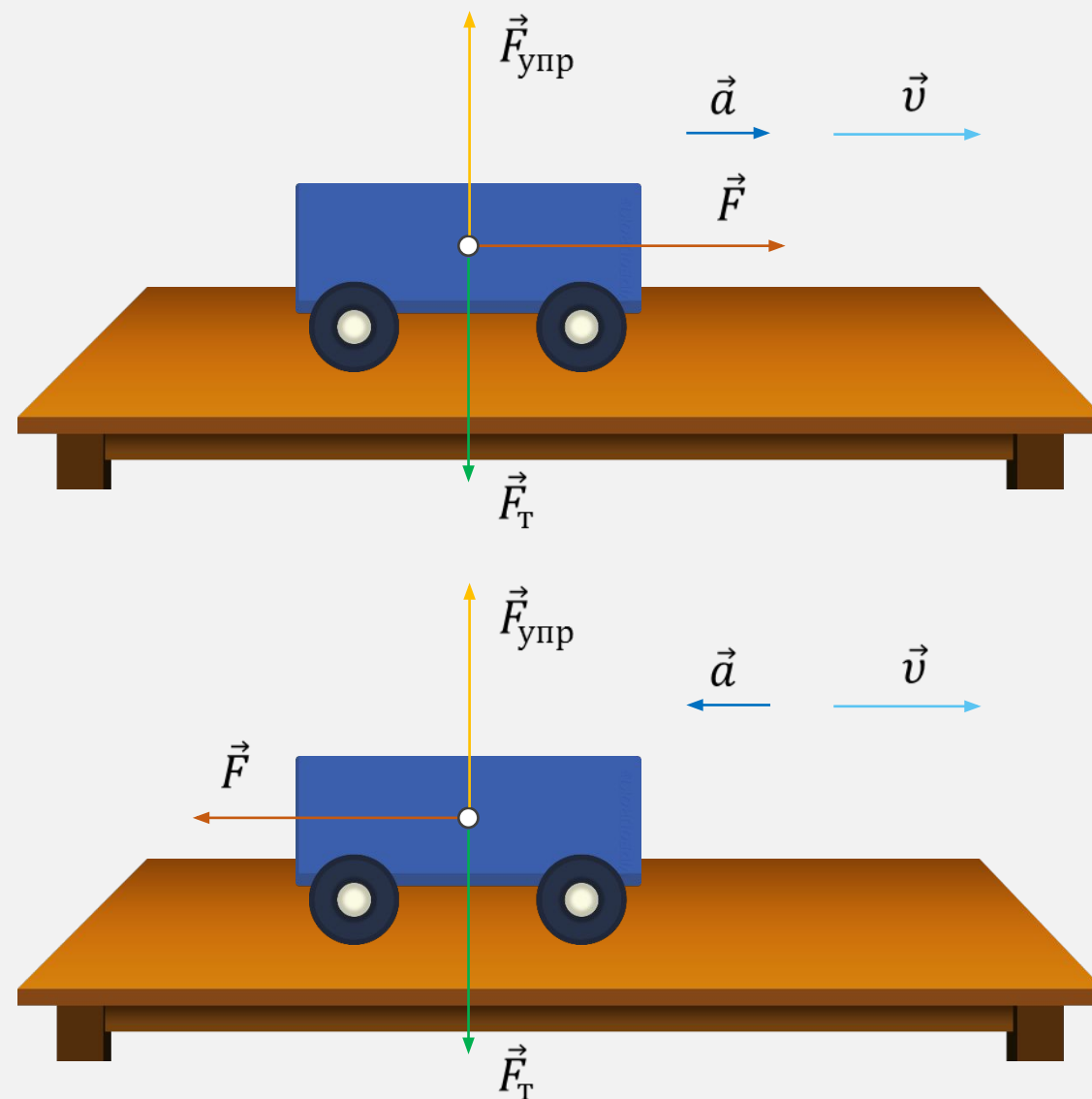


# Взаимосвязь силы и ускорения

Ускорение тела направлено по результирующей всех сил, приложенных к нему, при любом движении тела по любой траектории.

В обоих случаях

А куда направлено ускорение тележки?



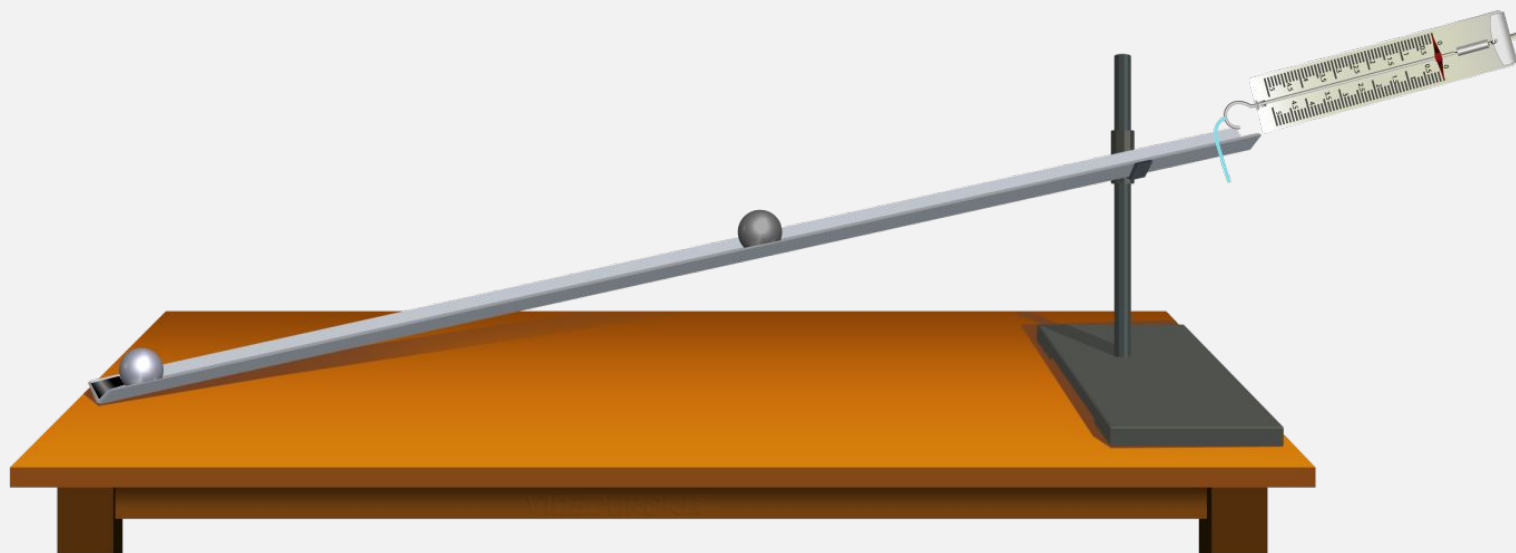
# Взаимосвязь силы и ускорения

В состоянии покоя:

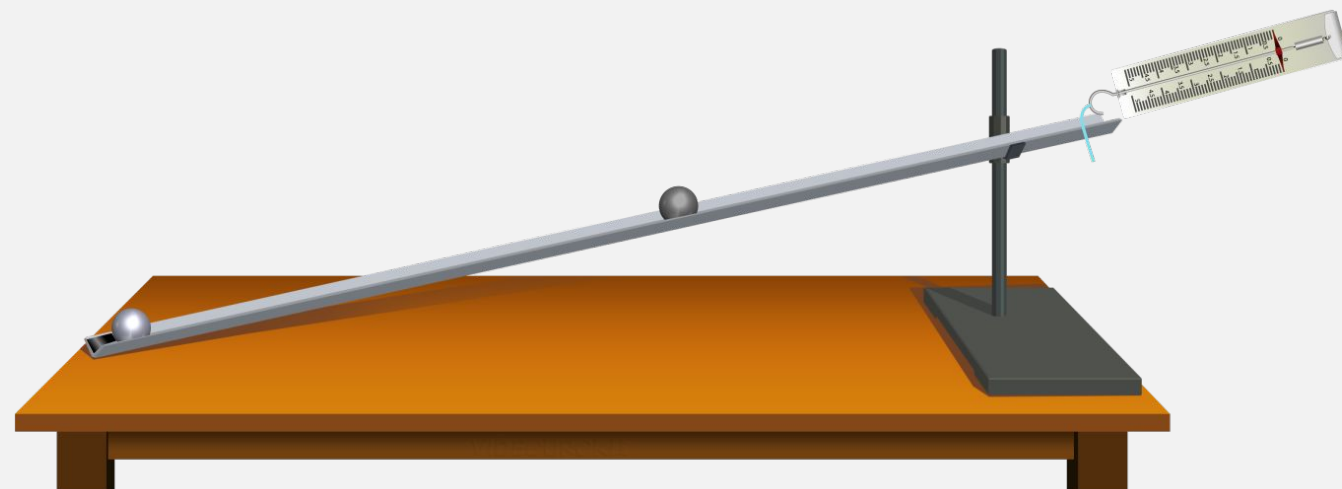
$$\vec{F}_{\text{дин}} + \vec{F}_T + \vec{N} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{\text{дин}} = -(\vec{F}_T + \vec{N}).$$

При движении шарика:

$$\vec{F} = \vec{F}_T + \vec{N} = \vec{0} \Rightarrow F = F_{\text{дин}}.$$



# Взаимосвязь силы и ускорения



Вывод из опытов:  $a \sim F$ .

Ускорение шарика:  $a = \frac{2s}{t^2}$ .

$$a_1 = \frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{(4 \text{ с})^2} = \frac{1}{8} \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

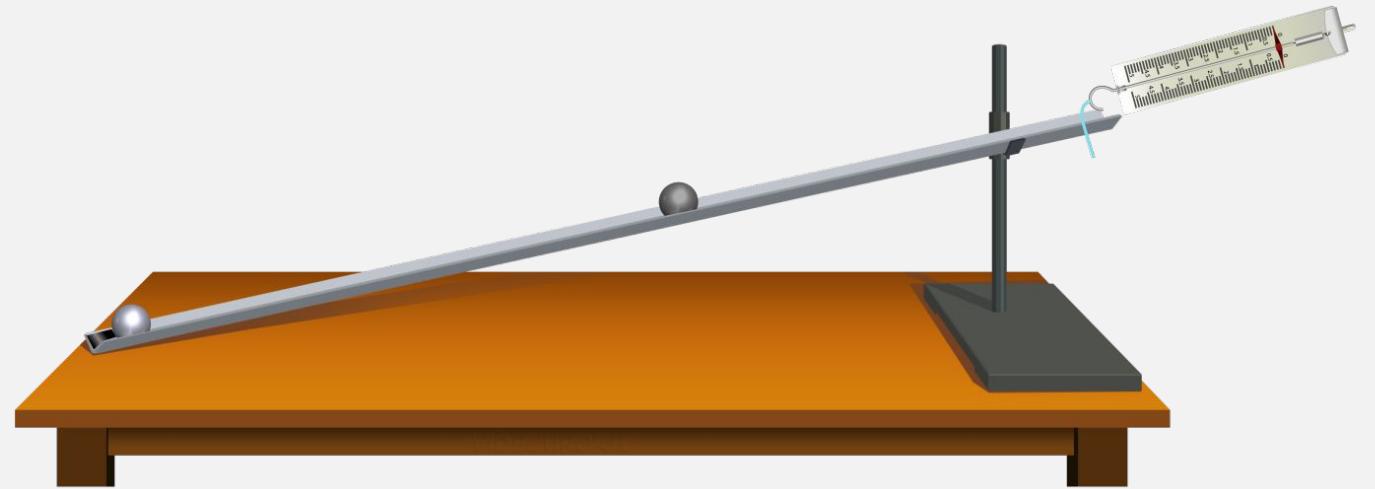
$$a_3 = \frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{(2,35 \text{ с})^2} \approx \frac{3}{8} \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$a_2 = \frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{(2,83 \text{ с})^2} \approx \frac{1}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$a_4 = \frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{(2 \text{ с})^2} = \frac{1}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$



# Взаимосвязь силы и ускорения



Вывод из опытов:  $a \sim 1/m$ .

Ускорение шарика:  $a = \frac{2s}{t^2}$ .

$$a_1 = \frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{(2,03 \text{ с})^2} \approx \frac{1}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$a_3 = \frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{(2,82 \text{ с})^2} \approx \frac{1}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

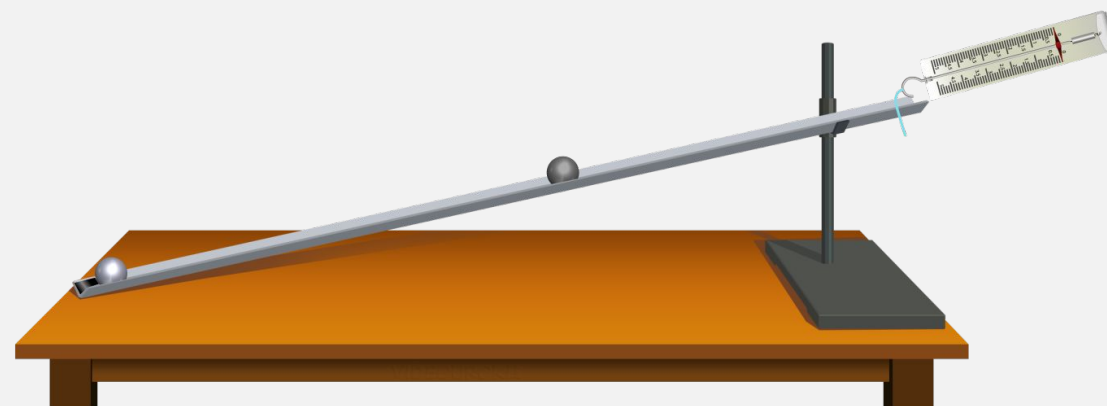
$$a_2 = \frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{(2,36 \text{ с})^2} \approx \frac{3}{8} \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$a_4 = \frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{(4,01 \text{ с})^2} \approx \frac{1}{8} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$



# Взаимосвязь силы и ускорения

1 Н — это сила, под действием которой тело массой 1 кг движется с ускорением 1 м/с<sup>2</sup>.



В СИ  $k = 1$ .

Выводы из опытов:

$$a \sim F \qquad a \sim 1/m$$

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

# Второй закон Ньютона

Ускорение, приобретаемое телом под действием приложенных к нему сил, прямо пропорционально результирующей силе и обратно пропорционально массе тела.

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

— уравнение движения.



И. Ньютон

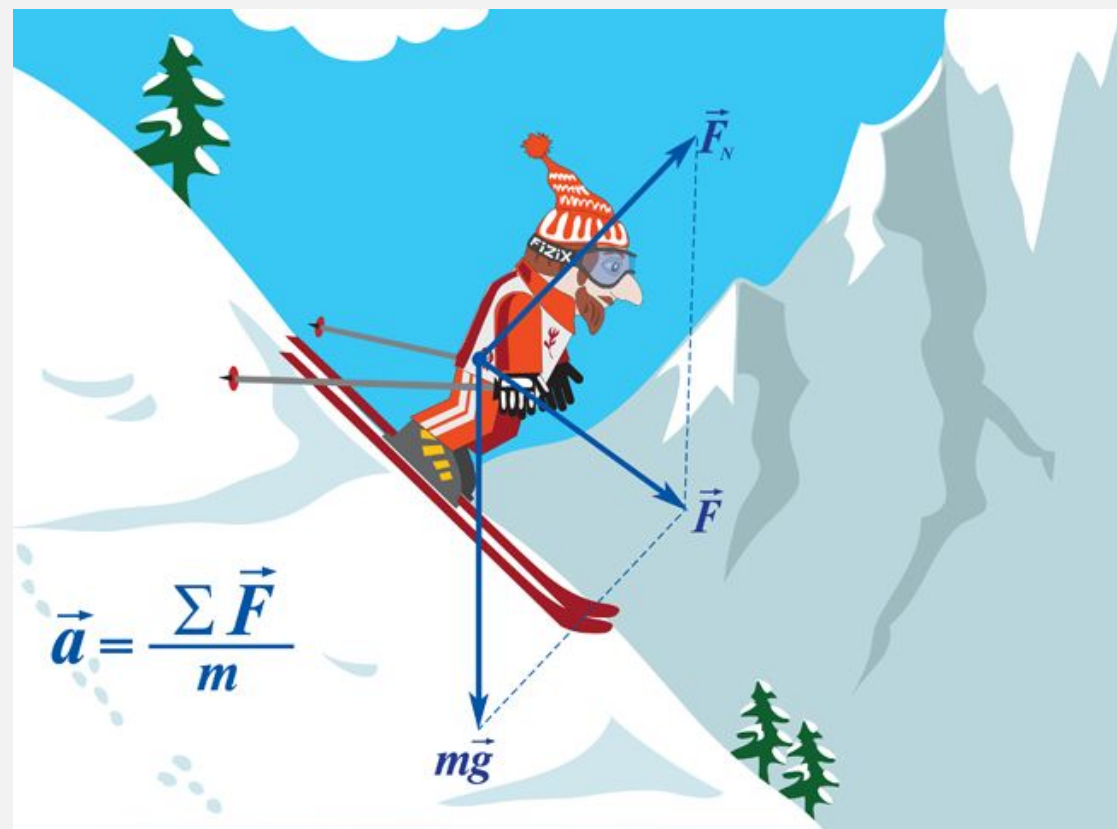


# Взаимосвязь силы и ускорения

**Второй закон Ньютона:** ускорение, приобретаемое телом под действием приложенных к нему сил, прямо пропорционально результирующей силе и обратно пропорционально массе тела:

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

Второй закон Ньютона выполняется только в ИСО.



**Задача.** Сани массой 100 кг тянут по горизонтальному участку пути, прикладывая силу под углом  $60^\circ$  к горизонту. Модуль прикладываемой силы равен 400 Н, а модуль силы трения скольжения — 100 Н. Определите модуль ускорения движения саней.

**ДАНО**

$$m = 100 \text{ кг}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$F = 400 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = 100 \text{ Н}$$

$$a = ?$$

**РЕШЕНИЕ**

Уравнение движения:  $\vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{F}_T = m\vec{a}$ .

В проекциях на ось  $Ox$ :  $F_x + F_{\text{тр}x} + N_x + F_{Tx} = ma_x$ ,

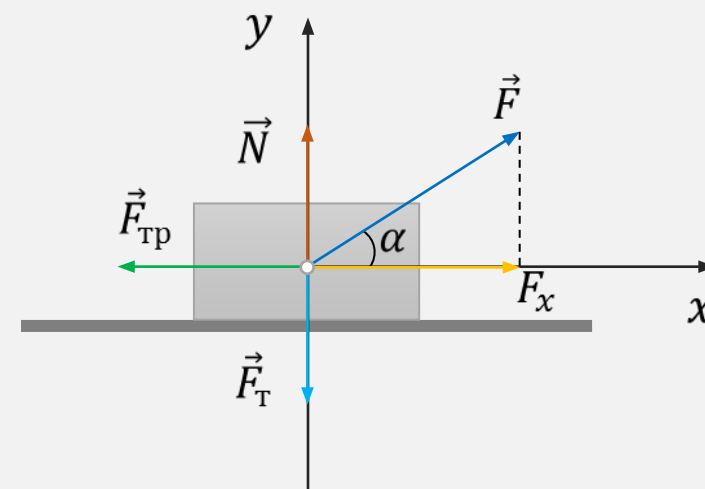
где  $F_x = F \cos \alpha$ ,  $F_{\text{тр}x} = -F_{\text{тр}}$ ,  $N_x = 0$ ,  $F_{Tx} = 0$ .

Тогда  $ma_x = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}$ .

Ускорение саней:  $a_x = a = \frac{F \cos \alpha - F_{\text{тр}}}{m}$ .

$$a = \frac{400 \text{ Н} \cdot \cos 60^\circ - 100 \text{ Н}}{100 \text{ кг}} = \frac{200 \text{ Н} - 100 \text{ Н}}{100 \text{ кг}} = \frac{100 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}}{100 \text{ кг}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

**ОТВЕТ:** 1 м/с<sup>2</sup>.



# Главные выводы

## Масса

**Масса** — это мера инертности тела.

Общая масса нескольких тел равна сумме их масс:  $m = m_1 + m_2 + \dots + m_n$ .

**Масса однородного вещества**, заключённого в объёме, пропорциональна этому объёму:  $m = \rho V$ .



$$m = m_{\text{эт}} \frac{F}{F_{\text{эт}}}$$



## Сила

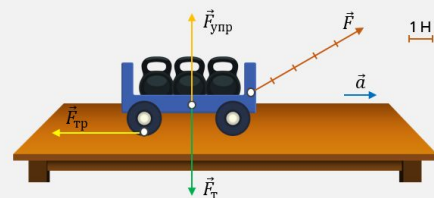
**Сила  $\vec{F}$**  — это физическая векторная величина, являющаяся количественной мерой воздействия одного тела на другое.

$$[\vec{F}] = [\text{Н}].$$

Сила характеризуется:

- 1) точкой приложения;
- 2) направлением;
- 3) модулем.

**Равнодействующей** называется сила, оказывающая такое же действие, как несколько сил совместно.



Сила — одно из основных понятий динамики.

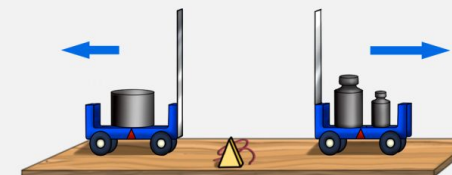
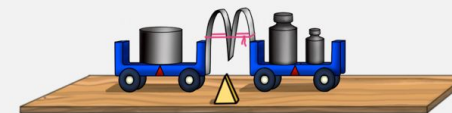


## Взаимодействие тел

**Действие** одного тела на другое не может быть односторонним.

**Взаимодействие** тел является причиной возникновения у тел **ускорений**.

**Ускорение** — это следствие взаимодействия тел.



## Второй закон Ньютона

**Ускорение**, приобретаемое телом под действием приложенных к нему сил, прямо пропорционально результирующей силе и обратно пропорционально массе тела.



И. Ньютон

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

— уравнение движения.