

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.



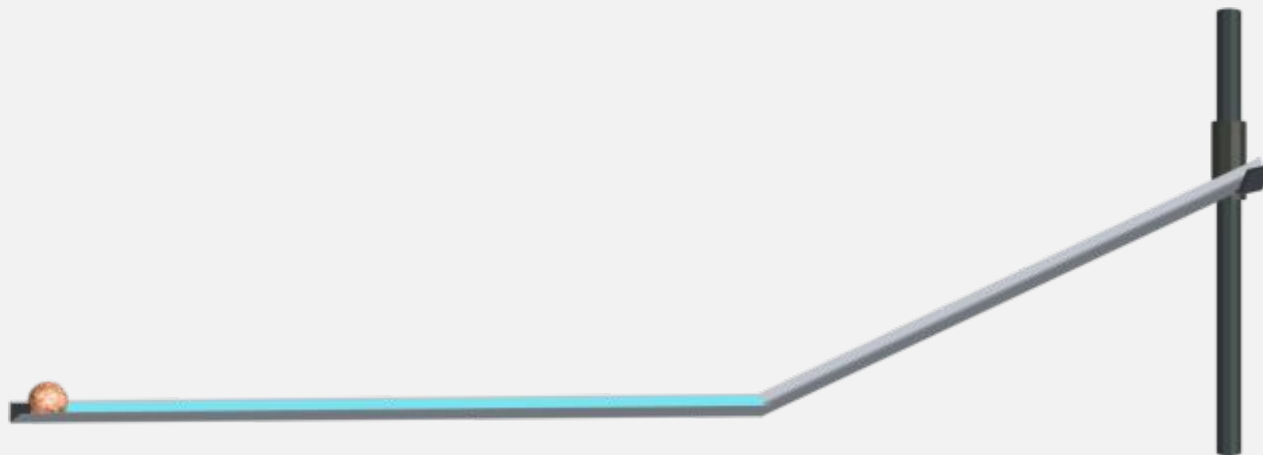
И. Ньютон

Закон инерции

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




Г. Галилей



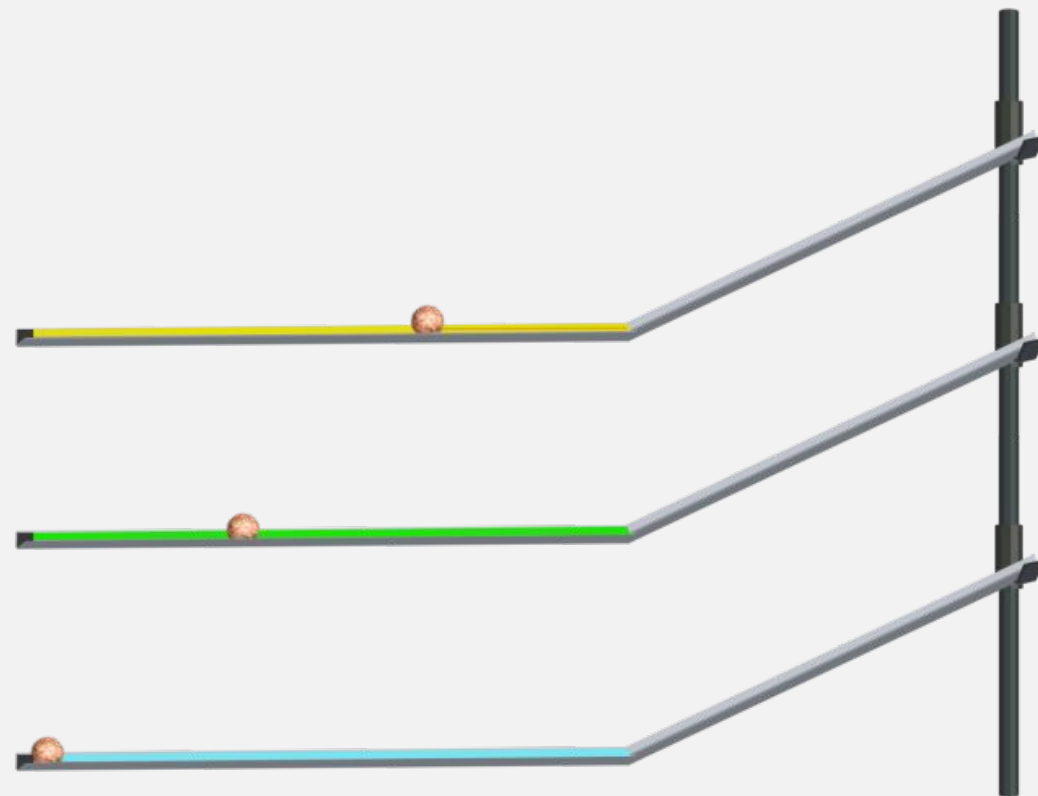
Первый закон Ньютона. ИСО

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

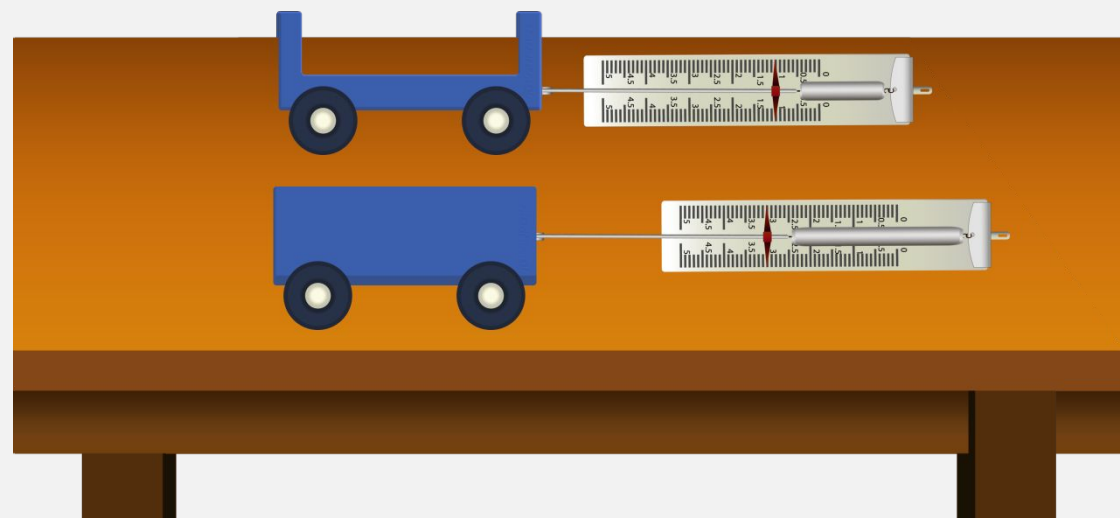
Масса — это мера инертности тела.

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.



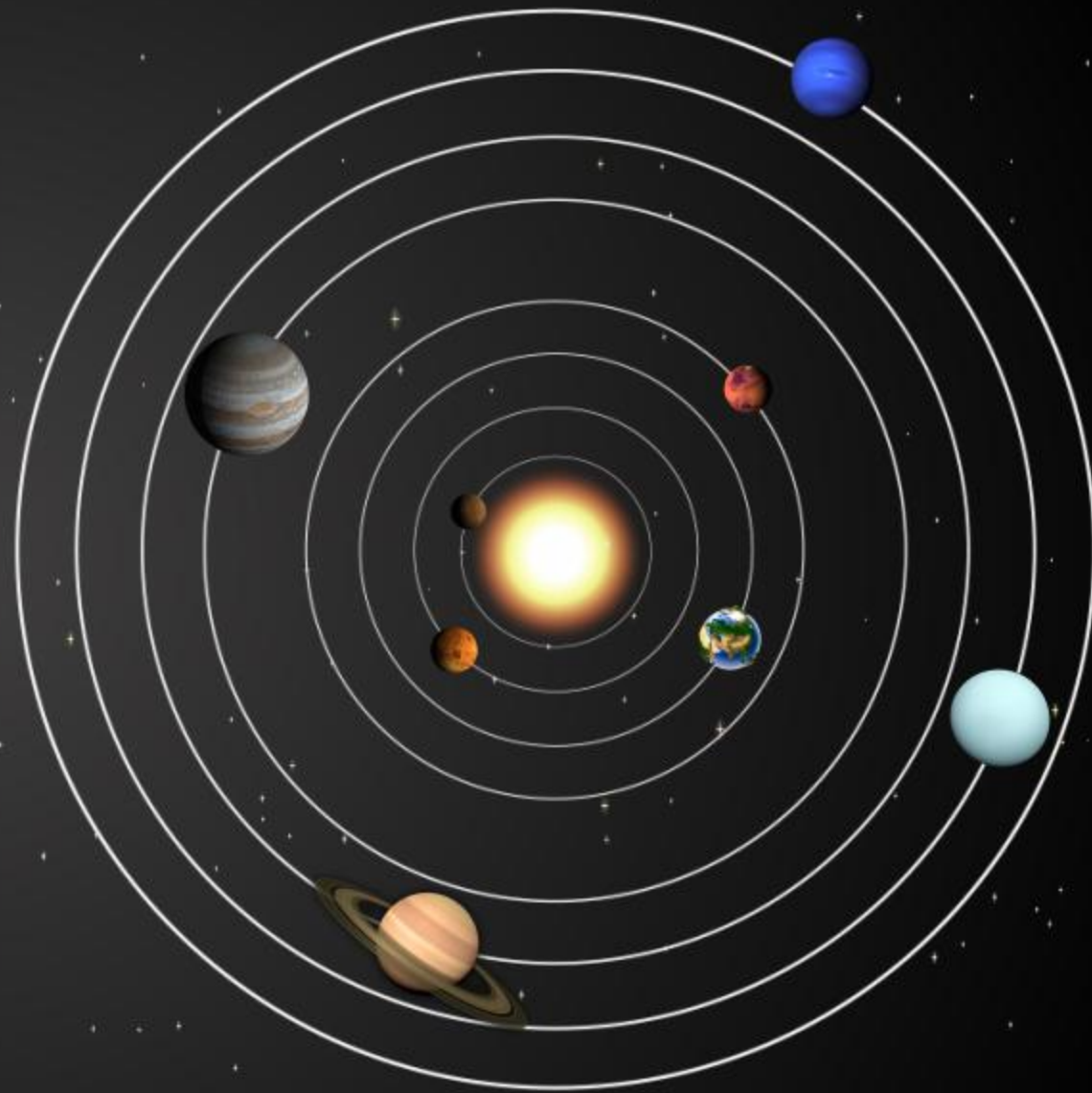
Взаимодействие тел

В мире всё находится в непрерывном движении и изменении.

При движении тела взаимодействуют друг с другом.



Взаимодействие, как и движение, является неотъемлемым свойством материи.



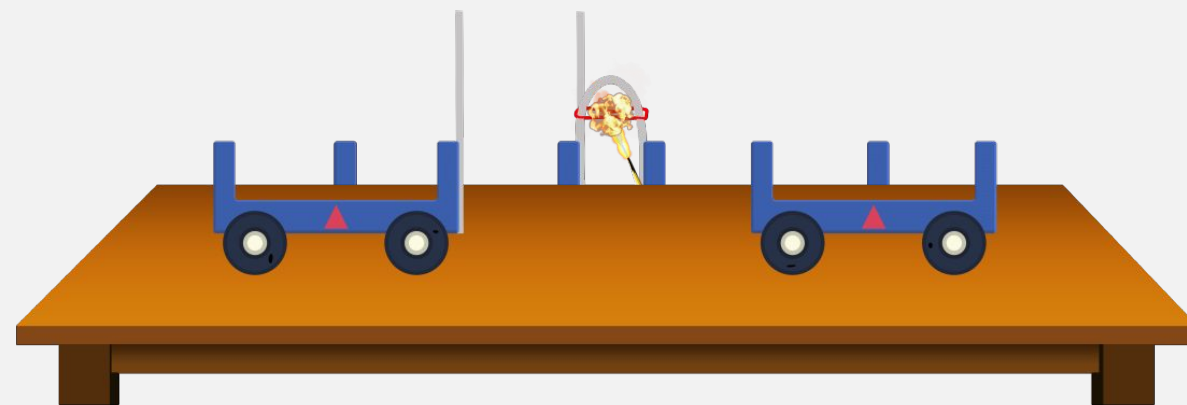
Взаимодействие тел

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



Для изменения скорости

Будет ли тележка двигаться, если линейка выпрямится?



Сила

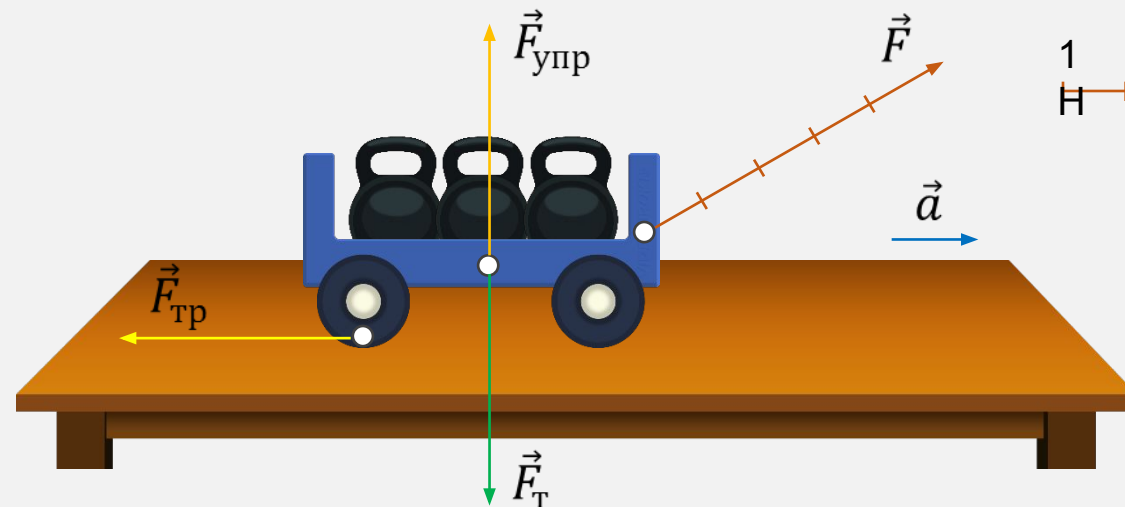
Сила \vec{F} — это физическая векторная величина, являющаяся количественной мерой воздействия одного тела на другое.

$$[\vec{F}] = [\text{Н}].$$

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.

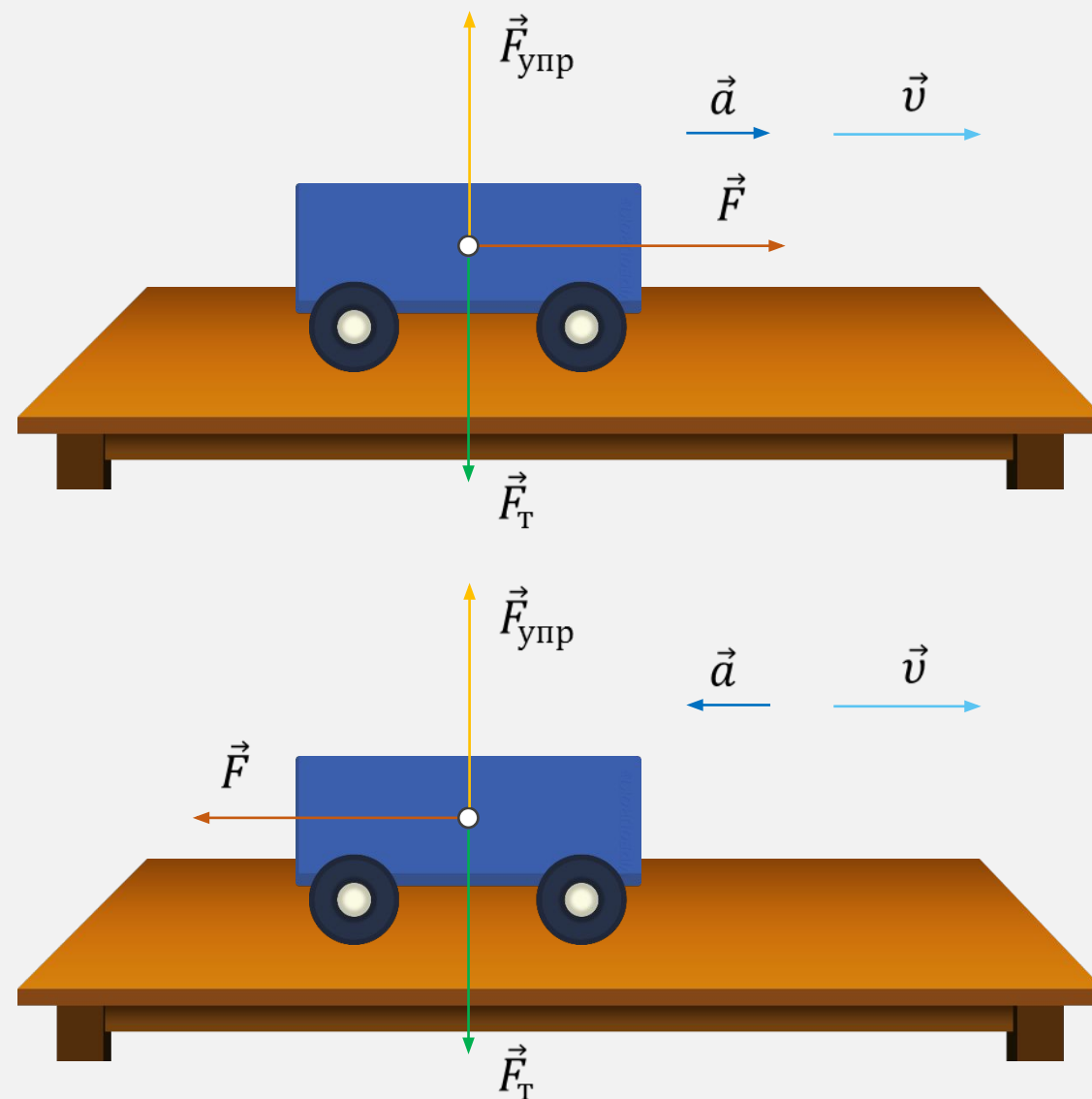


Взаимосвязь силы и ускорения

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?



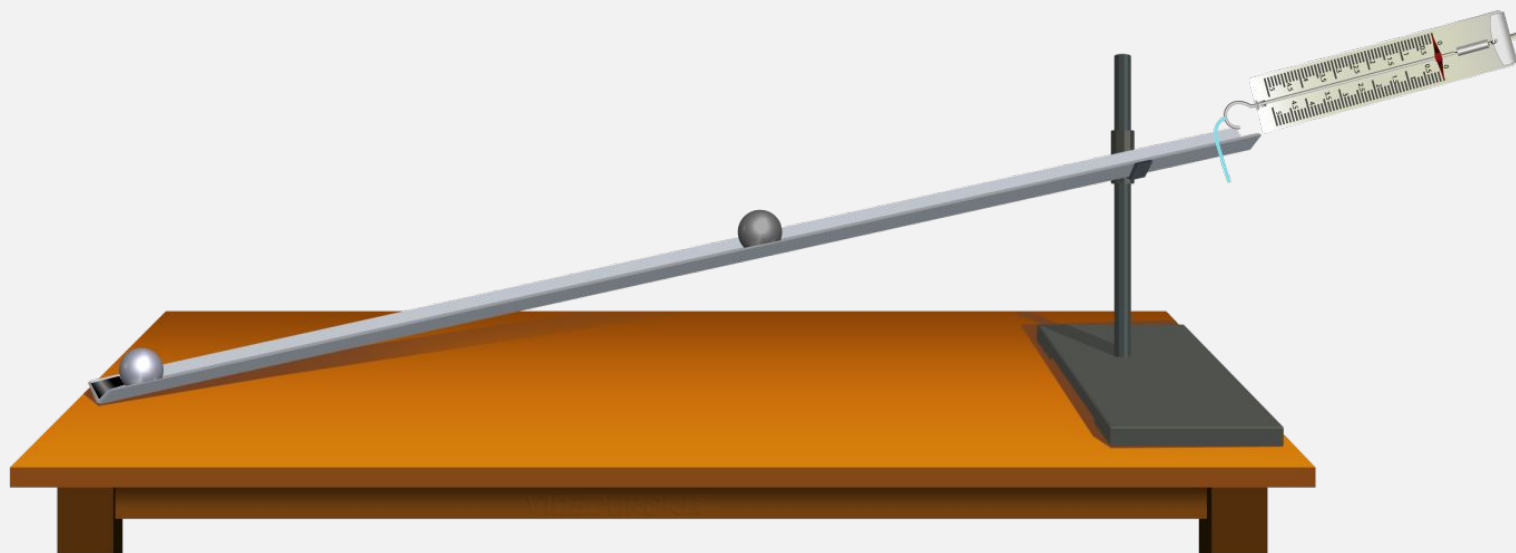
Взаимосвязь силы и ускорения

В состоянии покоя:

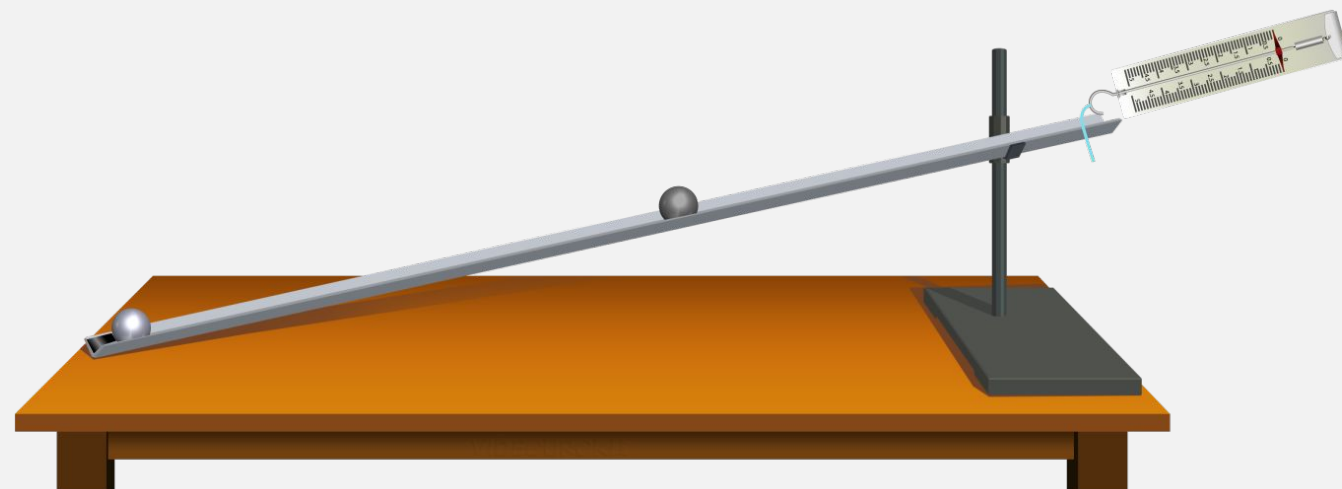
$$\vec{F}_{\text{дин}} + \vec{F}_T + \vec{N} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{\text{дин}} = -(\vec{F}_T + \vec{N}).$$

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

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

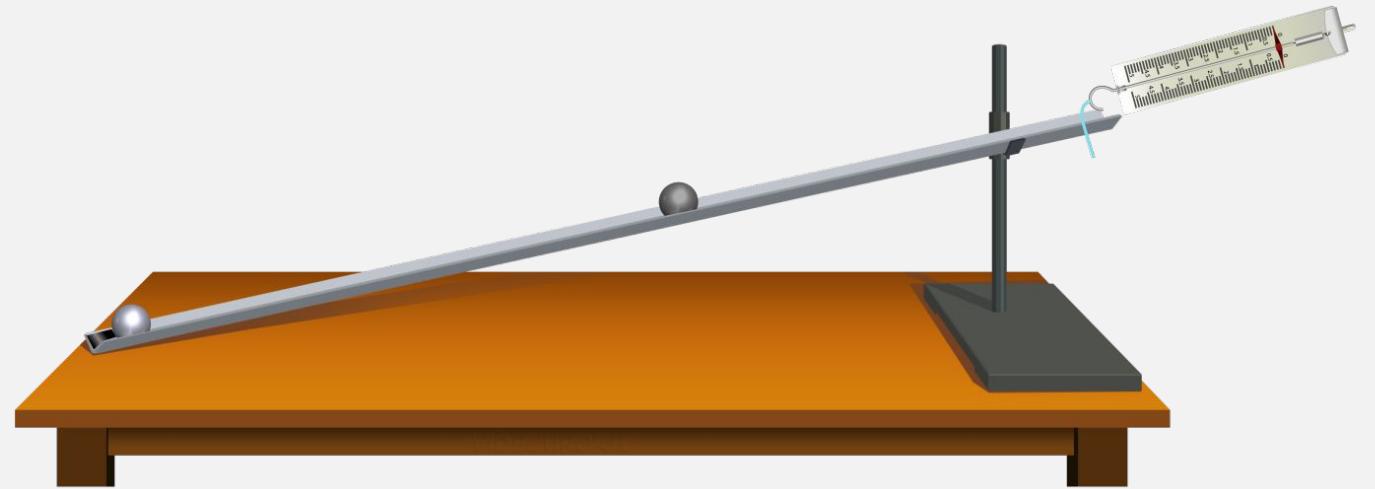
$$a_3 = \frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{(2,35 \text{ с})^2} \approx \frac{3}{8} \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

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

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



Взаимосвязь силы и ускорения



Вывод из опытов: $a \sim 1/m$.

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

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

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

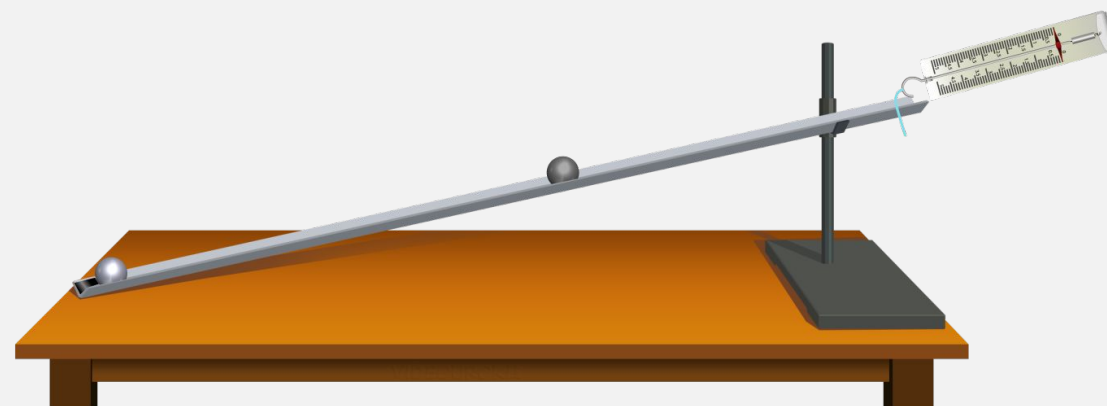
$$a_2 = \frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{(2,36 \text{ с})^2} \approx \frac{3}{8} \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

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



Взаимосвязь силы и ускорения

1 Н — это сила, под действием которой тело массой 1 кг движется с ускорением 1 м/с².



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.



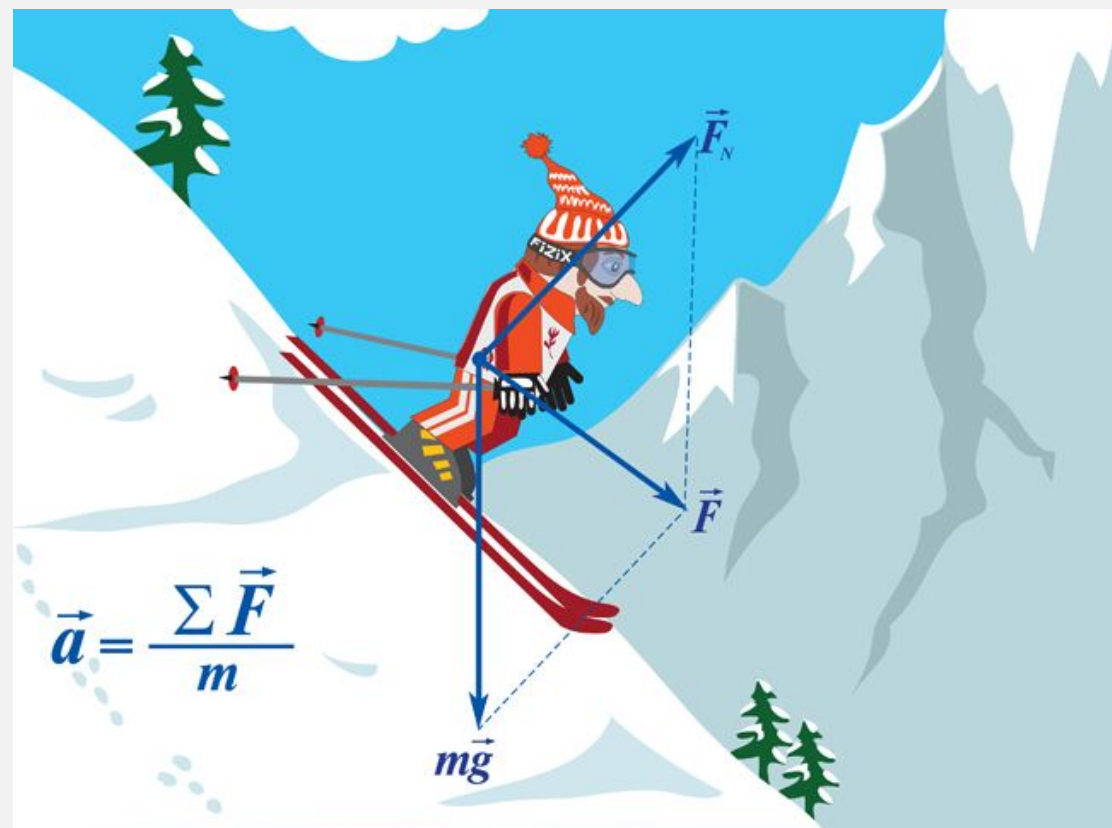
И. Ньютон

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° 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 : $F_x + F_{\text{тр}x} + N_x + F_{Tx} = ma_x$,

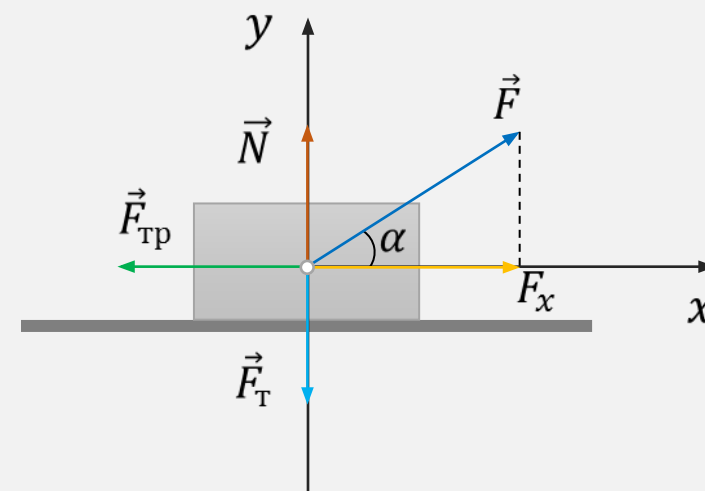
где $F_x = F \cos \alpha$, $F_{\text{тр}x} = -F_{\text{тр}}$, $N_x = 0$, $F_{Tx} = 0$.

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/с².



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

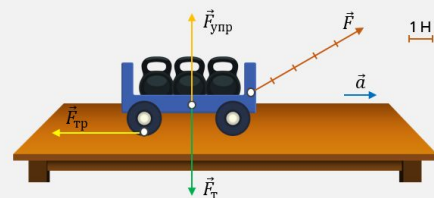
Сила \vec{F} — это физическая векторная величина, являющаяся количественной мерой воздействия одного тела на другое.

$$[\vec{F}] = [\text{Н}].$$

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.

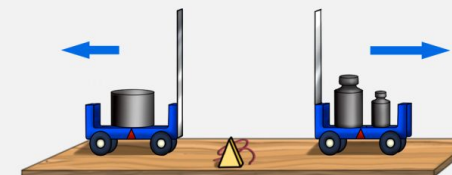
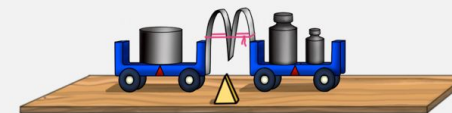


Взаимодействие тел

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.