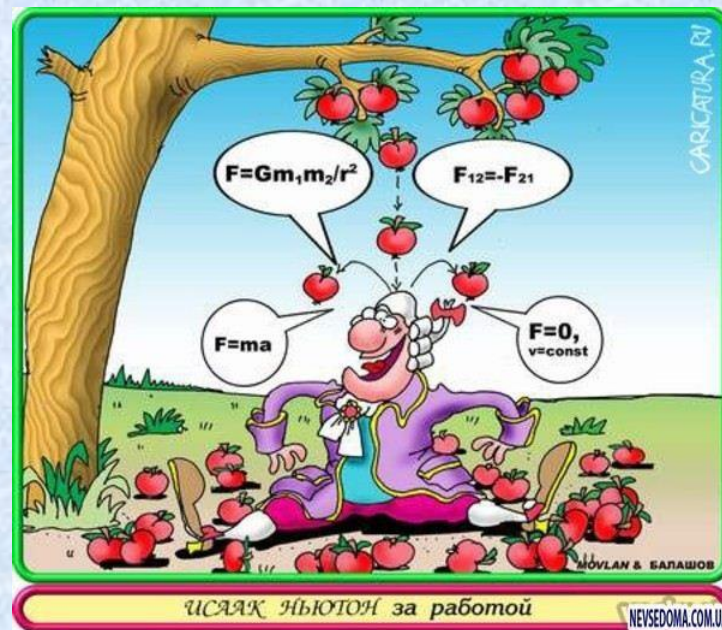
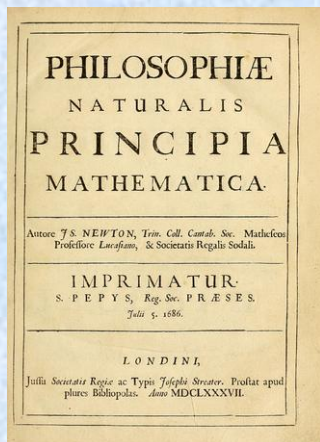


# Динамика

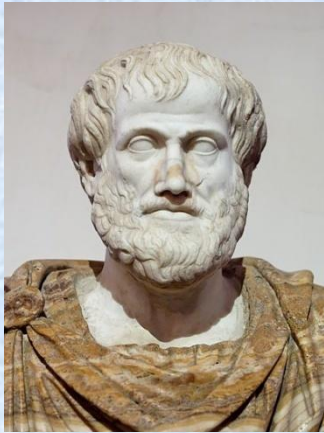
**Динамика** (греч.  $\deltaυναμις$ , сила) – раздел механики, изучающий причины, вызывающие движение тел.

НЬЮТОН «Математические начала натуральной философии», 1686 г.



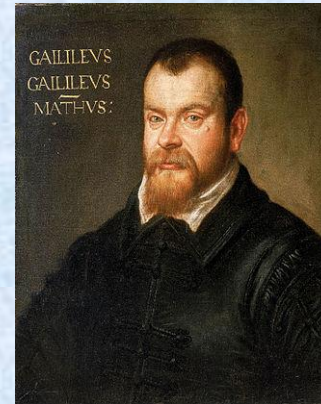
# Почему тело движется?

Аристотель, IV в. до н.э.



- Скорость падения пропорциональна весу тела.
- Движение происходит, пока действует «побудительная причина» (сила), и в отсутствие силы прекращается.

Галилей, начало XVII в.

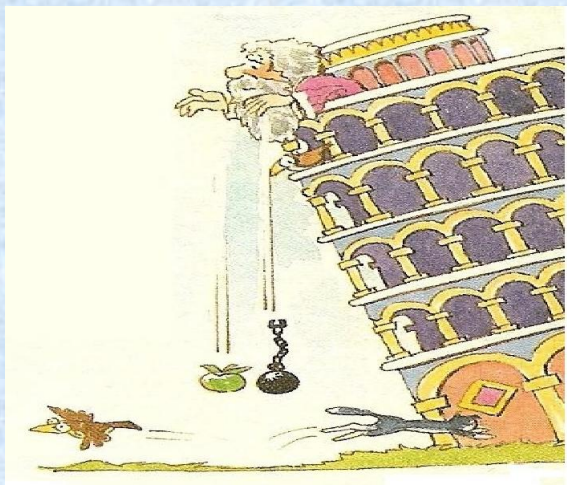


- Ускорение свободного падения не зависит от веса тела.
- При отсутствии внешних сил тело либо покоится, либо равномерно движется.

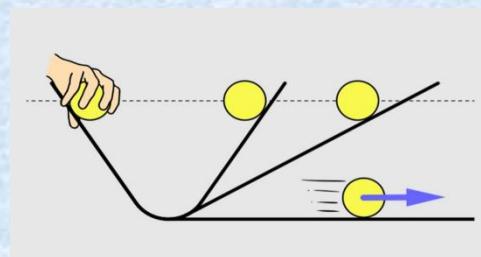
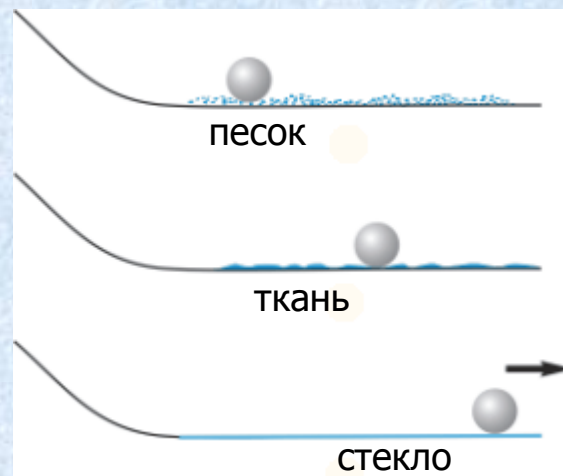
*Галилей, пожалуй, больше, чем кто-либо другой из отдельных людей, ответствен за рождение современной науки.*

*С. Хокинг*

# Опыты Галилея

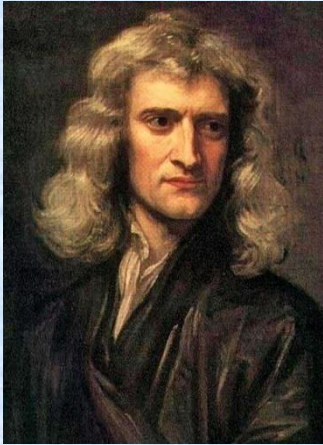


*Нес он одной рукою  
маленький шар из свинца,  
а сзади ядро другое  
тащили три молодца...  
Ядра, различные весом,  
сбросить решил Галилей.  
Какое из них, профессор,  
может упасть скорей?*

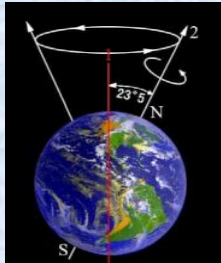




# Первый закон Ньютона



Существуют такие системы отсчета, относительно которых **свободное тело** (тело, на которое не действуют другие тела) движется равномерно и прямолинейно или находится в состоянии покоя. Такие системы называются **инерциальными (ИСО)**.



Точка на поверхности Земли  $a = 3,4 \text{ см/с}^2$



Центр Земли  $a = 0,6 \text{ см/с}^2$



Центр Солнца  $a = 3 \cdot 10^{-8} \text{ см/с}^2$

# Второй закон Ньютона

В инерциальных системах отсчета ускорение тела пропорционально действующей на него силе и обратно пропорционально его массе.

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



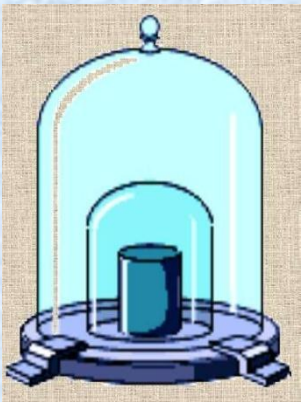
**Сила** — физическая величина, являющаяся мерой воздействия на данное тело со стороны других тел.

Силы могут действовать при непосредственном контакте тел (трения, давления), или дистанционно через поля (электрические, гравитационные)

# Второй закон Ньютона

В инерциальных системах отсчета ускорение тела пропорционально действующей на него силе и обратно пропорционально его массе.

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



Масса (инертная) характеризует инертность тел, т.е. «сопротивляемость» изменению скорости.

В классической механике:

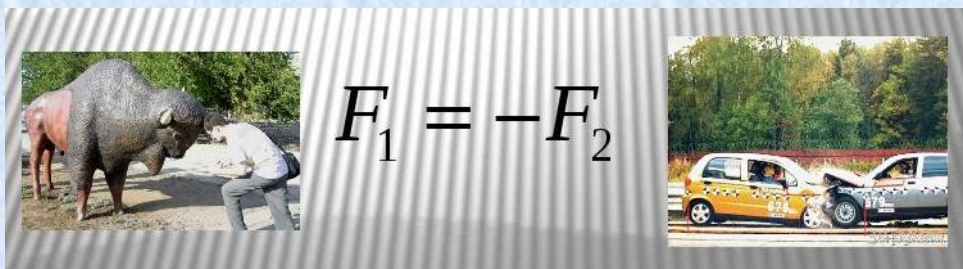
- Масса – величина аддитивная ( $m = m_1 + m_2 + \dots$ )
- Масса – величина постоянная, не меняется при движении



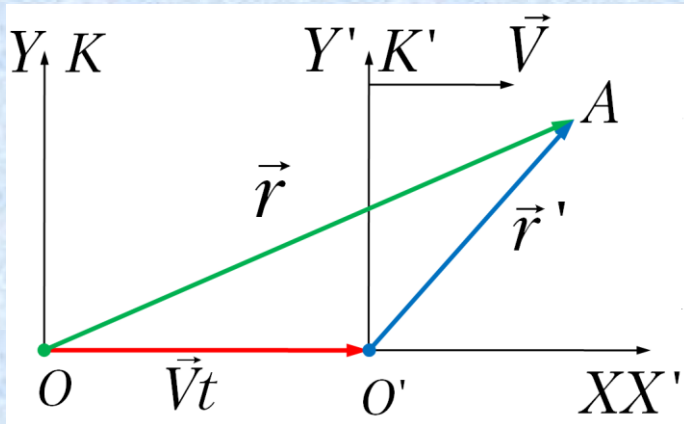
# Третий закон Ньютона

Силы, с которыми два тела действуют друг на друга **всегда** равны по модулю и противоположны по направлению.

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



# Преобразования Галилея



Система  $K'$  движется относительно системы  $K$  с постоянной скоростью  $\vec{V}$

## Постулаты

- Абсолютное время протекает равномерно, течение абсолютного времени изменяться не может.
- Абсолютное пространство остаётся всегда одинаковым и неподвижным.

$$t' = t$$

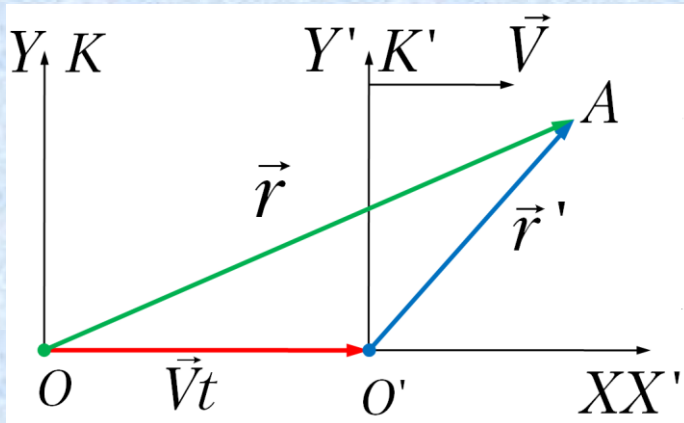
$$x' = x - Vt \quad y' = y \quad z' = z$$

$$v' = v - V$$

$$a' = a$$



# Принцип относительности Галилея



$$t' = t$$

$$x' = x - Vt \quad y' = y \quad z' = z$$

$$v' = v - V$$

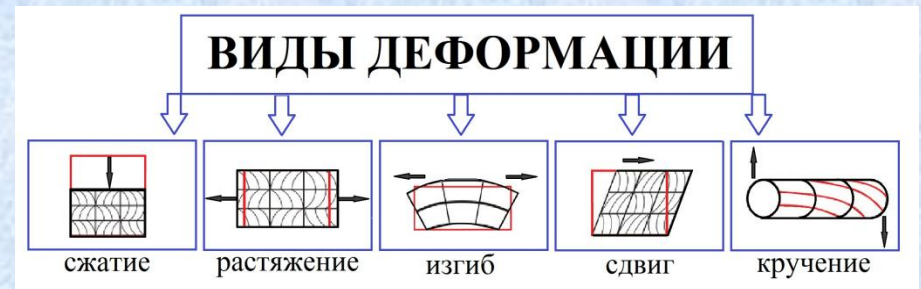
$$a' = a$$

$$m = m' \Rightarrow \vec{F} = \vec{F}'$$

Любая СО, движущаяся с постоянной скоростью относительно ИСО, также является ИСО

Законы **механики** одинаковы во всех инерциальных системах отсчета

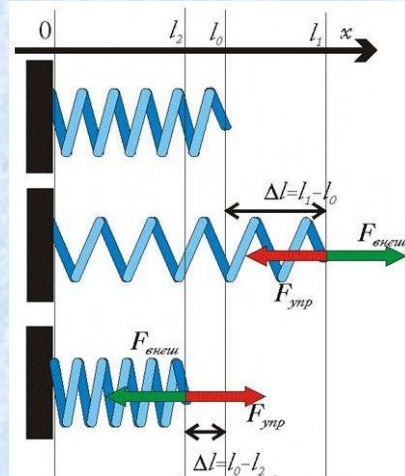
# Сила упругости. Деформации



# Закон Гука



Роберт Гук  
1660 г.



$$\vec{F} = -k\Delta\vec{l}$$
$$F = k\Delta l$$

Относительное  
изменение длины  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$

$$\varepsilon = \alpha \frac{F}{S}$$

$\alpha$  – коэф. упругости

$F/S$  – напряжение

$$E = 1/\alpha \text{ – модуль Юнга}$$

$$F = \frac{ES}{l} \Delta l$$

$k$

Модуль Юнга – напряжение, которое нужно приложить к телу, чтобы удлинить его в два раза.

Вопрос: Зависит ли удлинение пружины от ее длины? ( $F = \text{const}$ )



# Сила трения

## Трение

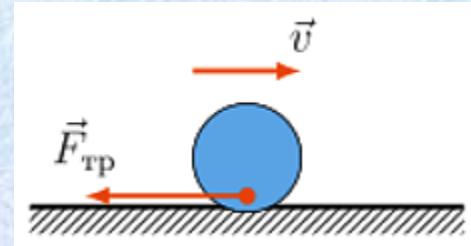
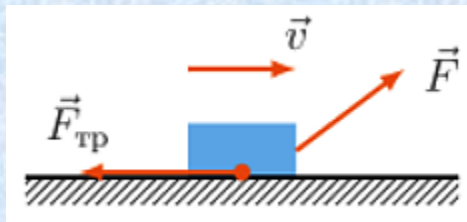
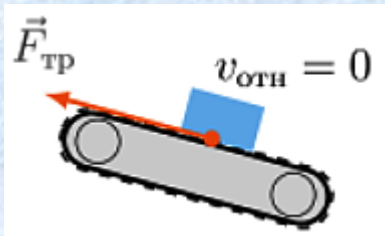
сухое

вязкое

ПОКОЯ

СКОЛЬЖЕНИЯ

качения



# Сухое трение

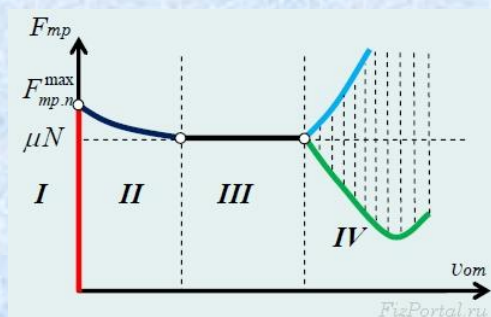
Трение может возникать даже при отсутствии относительного перемещения тел. Это трение покоя.

Максимальная величина силы трения покоя равна силе трения скольжения.



Величина силы трения скольжения пропорциональна силе нормальной реакции опоры.  $F = \mu N$ .

Коэффициент трения не зависит ни от скорости движения тела, ни от площади соприкасающихся поверхностей.

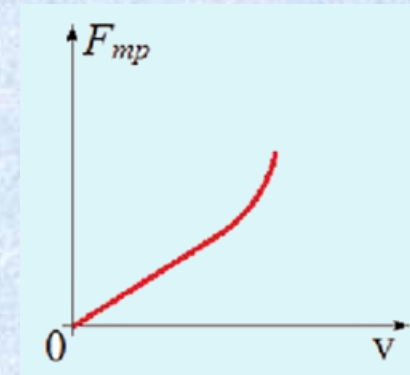


# Вязкое трение

Отсутствует трение покоя.

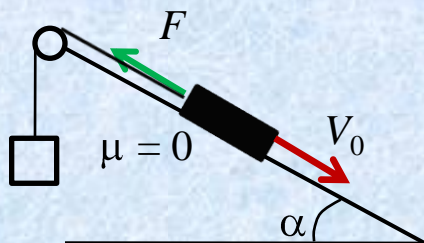
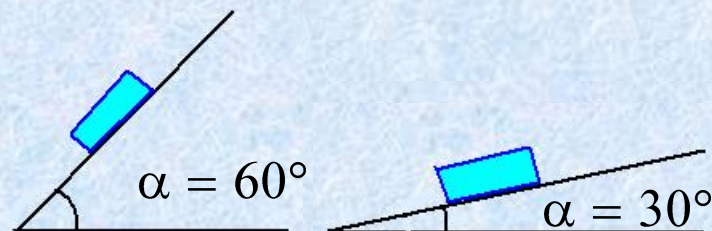
Сила трения зависит от формы, размера и состояния поверхности движущегося тела.

Величина силы трения пропорциональна скорости  $F = -k_1 v$ .  
При больших скоростях  $F = -k_2 v^2$ .

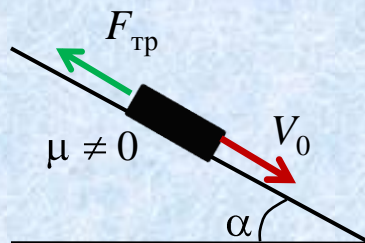




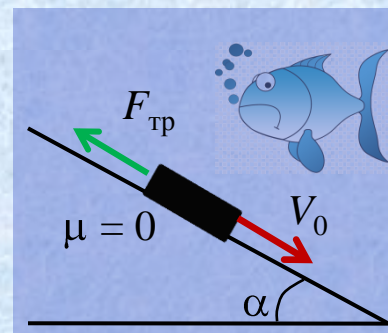
**Вопрос:** Чему равно отношение сил трения  $F_1/F_2$  для этих двух тел?  $\mu = 1$ .



Постоянная  
сила



Сухое  
трение



Вязкое  
трение

**Вопрос:** Как зависит от времени скорость тела в этих случаях?