

# Динамика И.Ньютона

Алюшева Р. Социологический факультет (ПИВС)  
351гр.

---

# Динамика –

раздел механики, в котором изучают различные виды механических движений с учетом взаимодействия тел между собой.

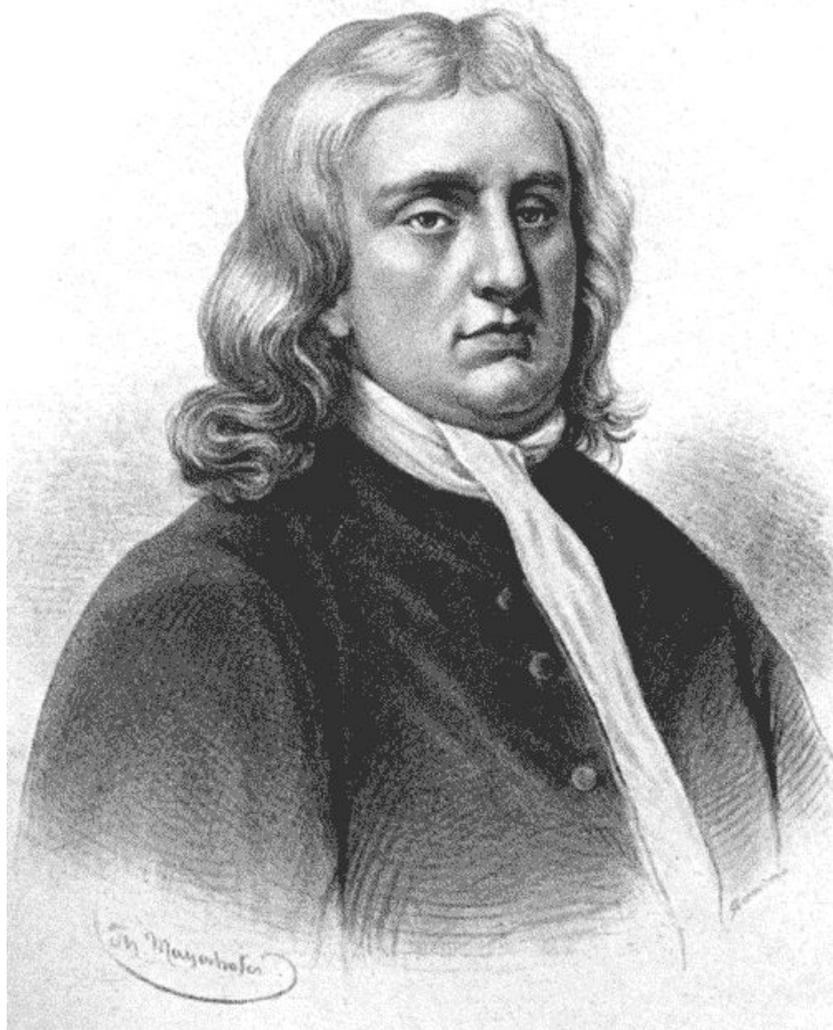
Законы динамики были открыты в 1687 г. Великим ученым **Исааком Ньютоном**.

---



# Исаак Ньютон (1643–1727)

---



Великий английский математик, механик, астроном и физик.

Член (1672г.) и президент (с 1703г.) Лондонского королевского общества.

---

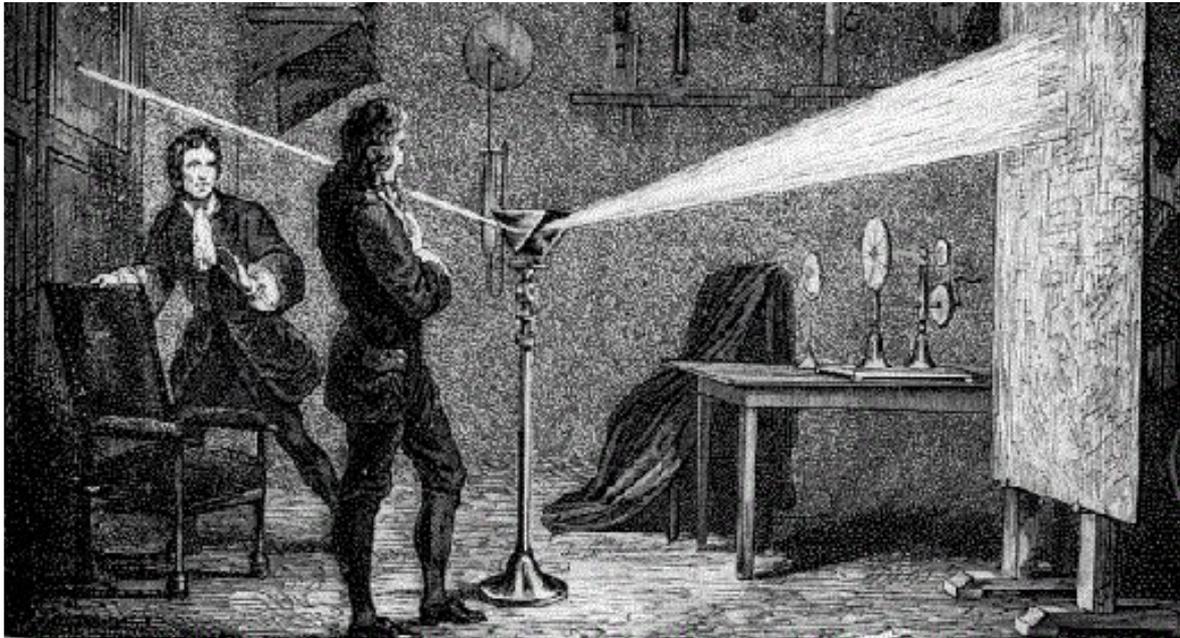


Ньютону принадлежат выдающиеся открытия в различных областях физики и математики:

- Он сформулировал основные законы классической механики
- Открыл закон всемирного тяготения.
- Дал теорию движения небесных тел, создав основы небесной механики.
- Одновременно с Лейбницем разработал основы математического анализа.

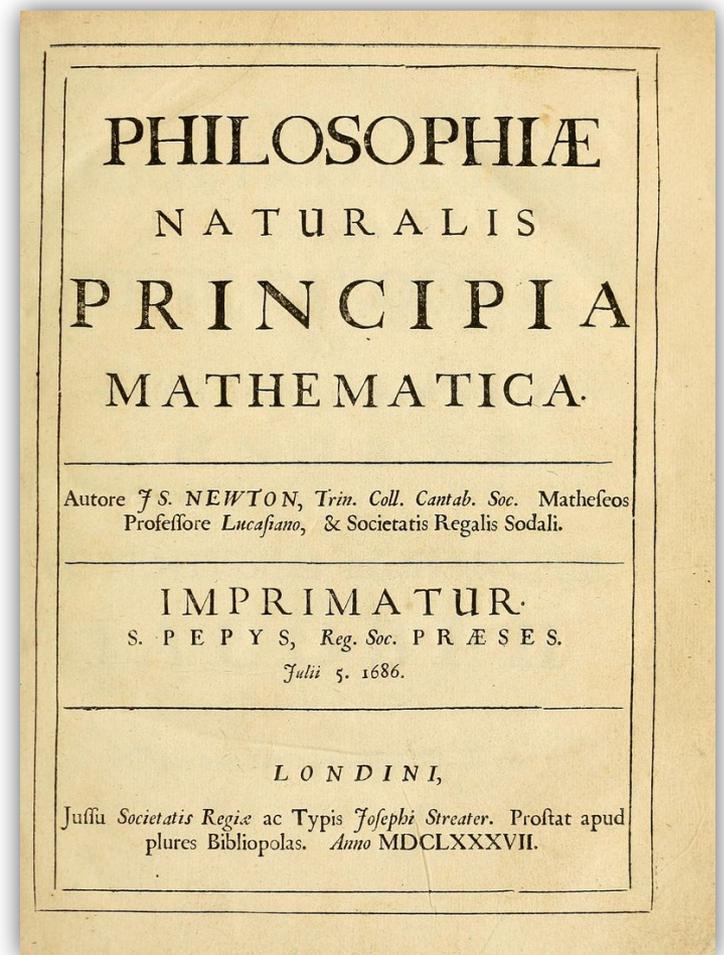


- Обосновал законы отражения и преломления света на основе корпускулярной теории.
- Исследовал интерференцию и дифракцию.
- В опытах с призмой открыл дисперсию света и разложил белый цвет в спектр.
- Построил первый зеркальный телескоп.



*Телескоп Ньютона, хранящийся в Королевском математическом обществе в Лондоне*

- Открыл закон охлаждения нагретого тела
- Открыл закон сопротивления движению в вязкой жидкости
- Сконструировал один из первых термометров
- Главный его труд – **«Математические начала натуральной философии»** - оказал колоссальное на развитие естествознания

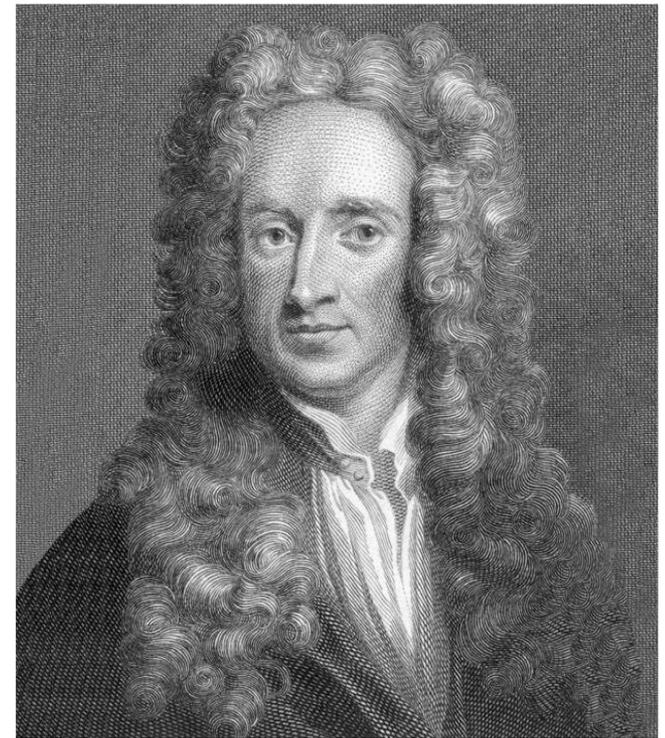


*«Математические начала натуральной философии» 1687г.*

*«Не знаю, как меня воспринимает мир, но сам себе я представляю лишь мальчиком, играющим на морском берегу и развлекающимся тем, чтобы найти более гладкий камешек или более красивую раковину, чем обычные, в то время как огромный океан истины лежит неоткрытым предо мной»*

*«Я видел дальше других только потому, что стоял на плечах гигантов»*

*«Природа проста и не роскошествует излишними причинами вещей»*



---

Сформулированные Ньютоном законы динамики лежат в основе так называемой **классической** механики.

Законы Ньютона следует рассматривать как обобщение опытных фактов.

Выводы классической механики справедливы только при движении тел с малыми скоростями, значительно **меньшими скорости света  $c$**  (300 000 км/с).



# Первый закон (закон инерции)

---

Всякое тело находится в покое или движется равномерно и прямолинейно, если на него не действуют другие тела или их действия компенсируют друг друга



# Первый закон (закон инерции)

---

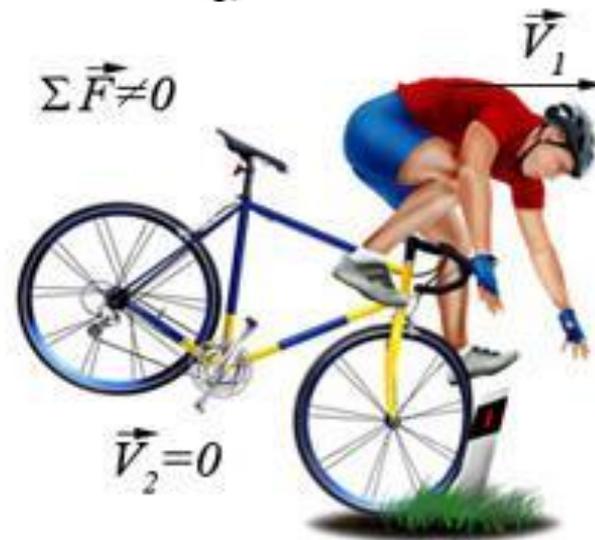
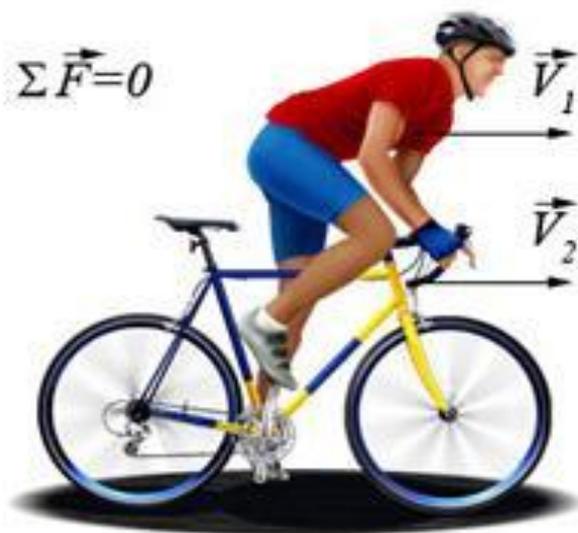
Свойство тел сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения называется – **инерцией**.

Равномерное прямолинейное движение тела называют **движением по инерции**

Поэтому первый закон Ньютона называют **законом инерции**.



Изменение направления скорости также происходит под действием каких-либо тел. Быстро бегущий человек, чтобы обогнуть дерево, хватается за него рукой.



Если человек едет на велосипеде, и велосипед внезапно остановится, то человек дальше будет двигаться по инерции.



Системы отсчета, в которых выполняется первый закон Ньютона, называются **инерциальными системами отсчета**.

Система отсчета, движущаяся по отношению к инерциальной системе отсчета с ускорением, является **неинерциальной**, и в ней не выполняются ни закон инерции, ни второй закон Ньютона, ни закон сохранения импульса.

Понятие «инерциальная система отсчета» является *научной абстракцией*. Реальная система отсчета всегда связывается с каким-нибудь конкретным телом, по отношению к которому и изучается движение тех или иных объектов.

Однако в природе нет неподвижных тел, этому любая реальная система отсчета может рассматриваться как инерциальная лишь с той или иной степенью приближения. С очень высокой степенью точности инерциальной можно считать *гелиоцентрическую (звездную) систему* с началом координат в центре Солнца и с осями, направленными на три звезды. Для решения большинства технических задач инерциальной системой можно считать систему отсчета, жестко связанную с Землей.



# Принцип относительности

---

Галилей заметил, что, находясь в трюме корабля, никакими механическими опытами невозможно установить, покоится ли корабль или движется равномерно и прямолинейно.

Это означает, что инерциальные системы отсчёта совершенно неотличимы друг от друга с точки зрения законов механики. Иными словами, верен принцип относительности Галилея.

**Принцип относительности Галилея.** Всякое механическое явление при одних и тех же начальных условиях протекает одинаково в любой инерциальной системе отсчёта.

Впоследствии Эйнштейн распространил этот принцип с механических явлений на вообще все физические явления. Общий принцип относительности Эйнштейна лёг в основу теории относительности.

---



# Масса

---

Количественной характеристикой инертных свойств тела является – **масса ( $m$ )**

За единицу массы принят *килограмм массы*, равный массе эталона, сделанного из сплава иридия и платины.

Масса тела считается постоянной величиной только в классической механике Ньютона. В современной физике установлено, что масса тела увеличивается с увеличением скорости его движения по закону:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

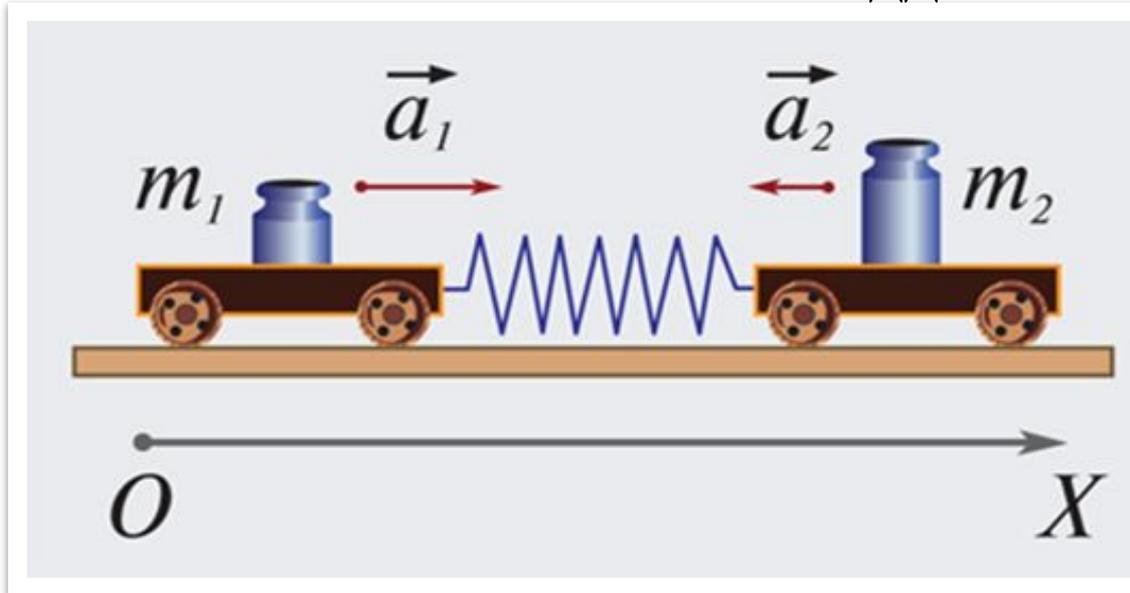
---



# Масса

Масса тела – **скалярная величина**. Опыт показывает, что если два тела с массами  $m_1$  и  $m_2$  соединить в одно, то масса  $m$  составного тела оказывается равной сумме масс  $m_1$  и  $m_2$  ЭТИХ тел:  $m = m_1 + m_2$

Это свойство масс называют **аддитивностью**



Сравнение  
масс двух тел.

$$\frac{m_1}{m_2} = -\frac{a_2}{a_1}$$

# Сила

---

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

В каждый момент времени сила характеризуется:

- числовым значением (модулем)
- направлением в пространстве
- точкой приложения.

В Международной системе единиц за единицу силы принимается сила, которая телу массой 1 кг сообщает ускорение  $1 \text{ м/с}^2$ . Эта единица называется **ньютоном (Н)**.

---



# Сила упругости

Сила, возникающая в результате деформации тела и направленная в сторону, противоположную перемещению частиц тела при деформации, называется **силой упругости**.

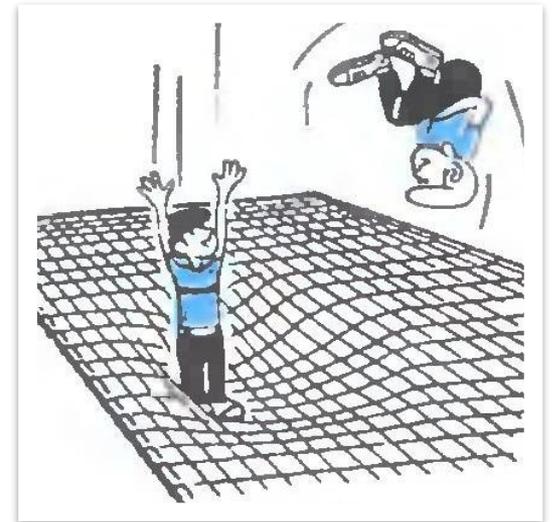
**Деформация** — это изменение формы и размеров тела. К деформациям относятся растяжение, сжатие, кручение, сдвиг и изгиб.

## Закон Гука.

Сила упругости, возникающая при деформации тела, пропорциональна удлинению тела и направлена в сторону, противоположную направлению перемещений частиц тела при деформации.

$$F_{\text{упр}} = -kx$$

$k$  — коэффициент жёсткости тела;  $x$  — удлинение тела



*Чтобы упругая сетка батута подбросила акробата, ее нужно предварительно прогнуть т.е деформировать*

# Сила натяжения нити

---

Силу упругости, действующую на тело со стороны подвеса, называют **силой натяжения нити**.

Сила натяжения нити направлена вдоль нити.

Сила натяжения нити равна сумме сил, действующих на нить, и противоположна им по направлению.

$$\vec{F}_H = -\vec{F}_C$$



$\vec{F}_H$  – сила натяжения нити,  $\vec{F}_C$  – векторная сумма сил, действующих на нить.

---



# Сила Архимеда

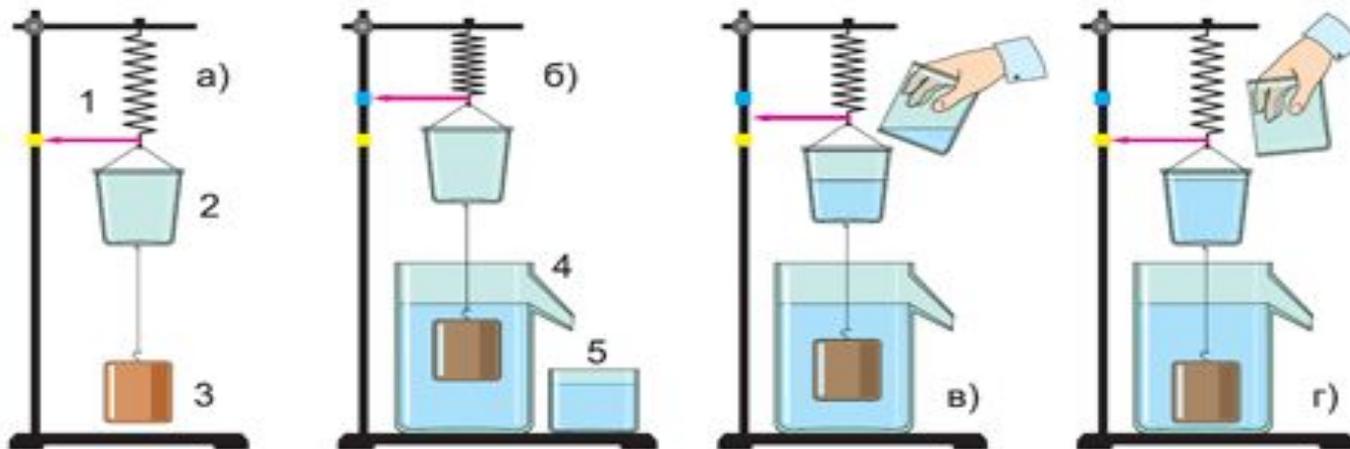
**Закон Архимеда:** на тело, погружённое в жидкость (или газ), действует выталкивающая сила, равная весу жидкости (или газа) в объёме тела. Сила называется **силой Архимеда**.

$\rho$ - плотность жидкости

$g$ - ускорение свободного падения

$V$ - объем вытесненной телом жидкости

$$F_A = \rho g V$$



*вес влитой в ведро воды уравновесил архимедову силу*

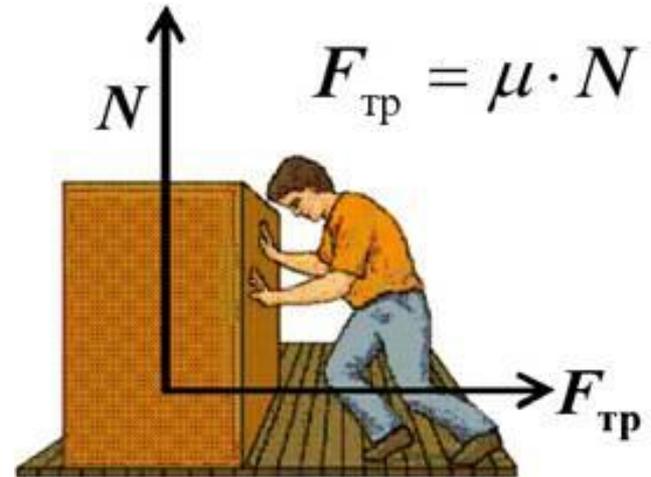
# Сила трения

---

**Сила трения** — это сила взаимодействия между соприкасающимися телами, препятствующая перемещению одного тела относительно другого. Сила трения всегда направлена вдоль поверхностей соприкасающихся тел.

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$\mu$  - коэффициент трения  
 $N$  - сила реакции опоры



**Сила реакция опоры ( $N$ )** - сила направлена противоположно силе, с которой предмет давит на стол. То есть вверх. Эта сила возникает всегда, когда есть воздействие на опору.

---



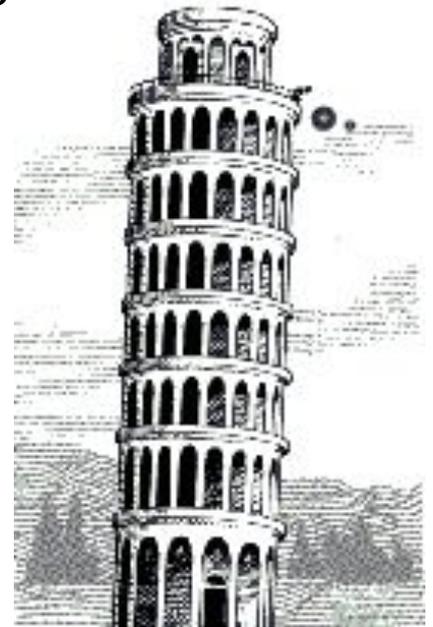
# Сила тяжести

---

**Силы тяжести** – силы, с которой все тела притягиваются Земле. Сила тяжести всегда направлена вертикально вниз. Вблизи поверхности Земли все тела падают с одинаковым ускорением – **ускорением свободного падения  $g$**

$$F_T = mg$$

Вблизи поверхности Земли скорость любого свободно падающего тела за каждую секунду падения возрастает на **9,8 м/с**. Эту величину обозначают буквой  **$g$**  и называют **ускорением свободного падения**.



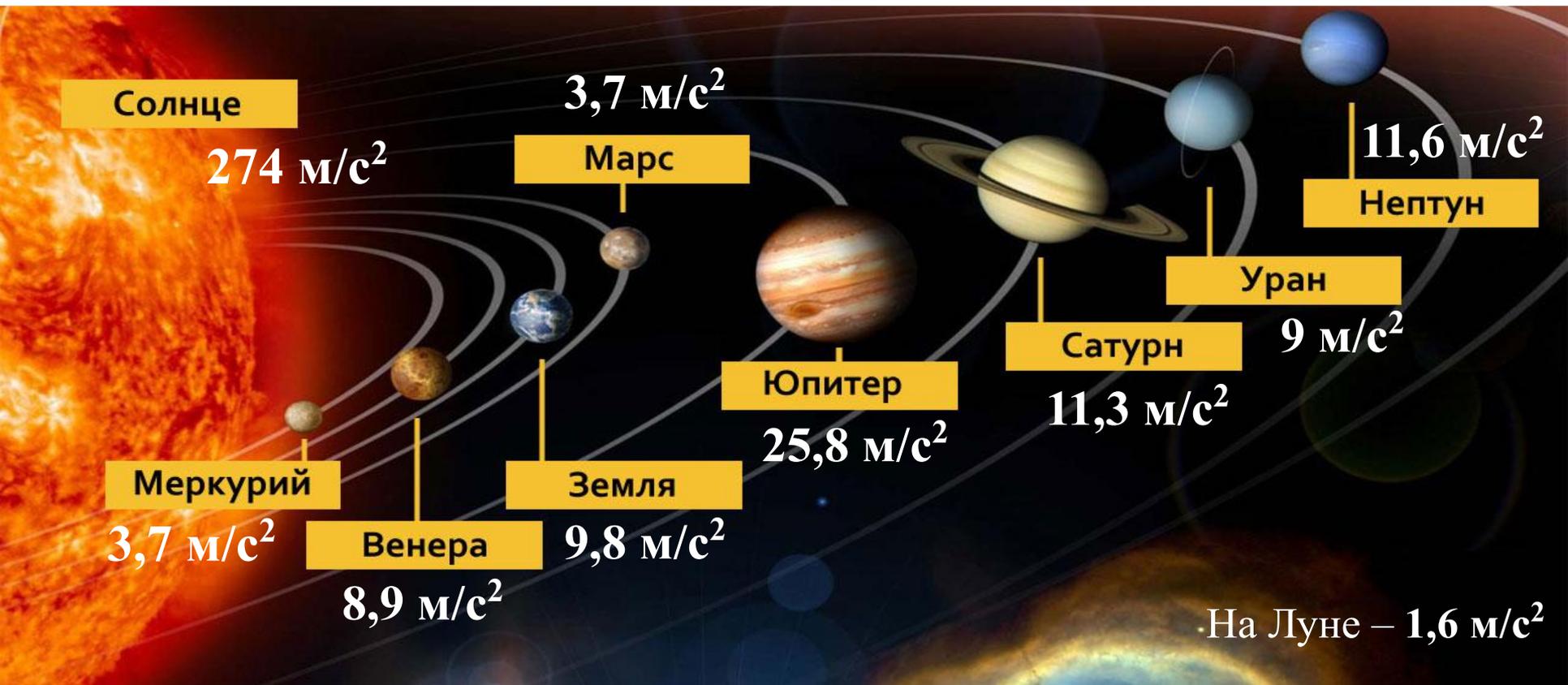
*Галилей впервые выяснил, что все тела падают с одинаковым ускорением.*

---



# Ускорение свободного падения на планетах

---



# Закон всемирного тяготения

---

Все тела притягиваются друг к другу, при этом сила их притяжения прямо пропорциональна массе каждого из тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

F – сила всемирного тяготения

R – расстояние между центрами масс тел

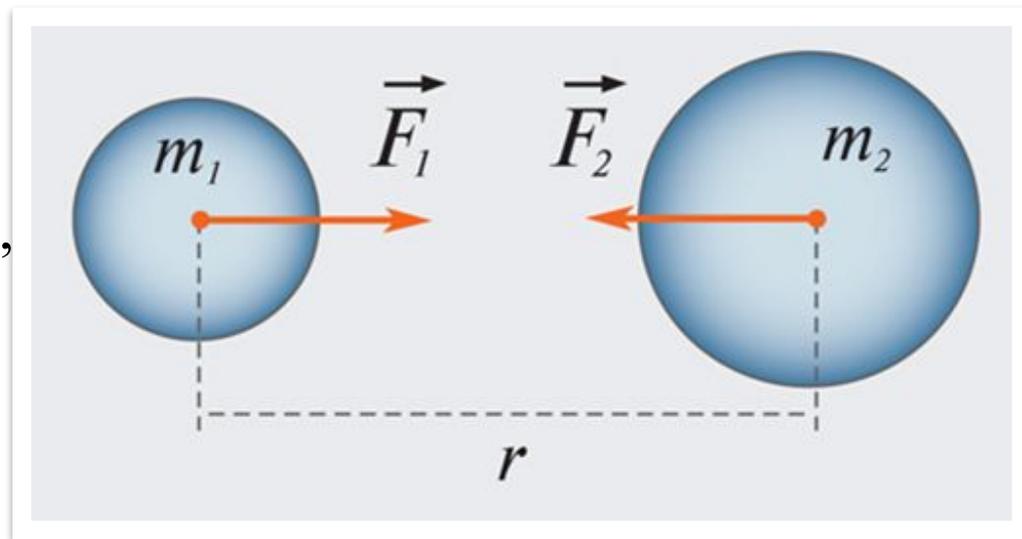
G – гравитационное постоянное

$$G = 6,67 * 10^{-11} \frac{H * m^2}{кг}$$



# Границы применимости закона всемирного тяготения

1. Закон всемирного тяготения будет справедлив, когда тела точечные. Это означает, что расстояние между телами такое большое, что размерами самих тел мы можем пренебречь.
2. Закон всемирного тяготения применим, когда тела обладают сферической формой. В этом случае, даже если расстояния между телами все-таки не так велики, закон всемирного тяготения все равно применим.
3. Если одно тело будет шар или сфера, а другое тело – материальная точка. Это как раз случай, когда вокруг Земли по своим орбитам движутся спутники.



# Принцип эквивалентности

---

**Принцип эквивалентности** - все физические процессы в истинном поле тяготения и в ускоренной системе отсчета, при отсутствии тяготения, протекают одинаковым образом.

Как следствие, инерциальные и гравитационные массы тождественны. Иным выражением этого принципа можно считать независимость ускорения вольного падения тел от их состава.

Ярчайшим доказательством равенства сил инерции и гравитации является состояние невесомости космонавтов в космическом корабле (падают под действием гравитационных сил и отлетают под действием центробежных сил инерции).

---

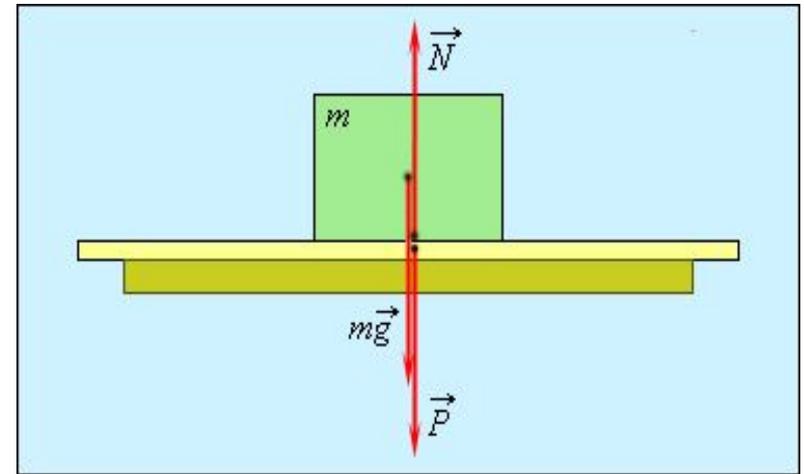


# Вес тела

**Весом тела** называют силу, с которой тело вследствие его притяжения к Земле действует на опору или подвес. При этом предполагается, что тело неподвижно относительно опоры или подвеса.

$$P = mg$$

**В состоянии невесомости вес тела равен нулю.** Тело не будет давить на опору или растягивать подвес и весить ничего не будет. Однако, будет по-прежнему обладать массой, так как, чтобы придать телу какую-либо скорость, надо будет приложить определенное усилие, тем большее, чем больше масса тела.



*Вес тела приложен к опоре или подвесу, то есть, тело давит на подвес или опору.*

# Закон Кулона

Законы взаимодействия неподвижных электрических зарядов изучает *электростатика*.

Основной закон электростатики был экспериментально установлен французским физиком Шарлем Кулоном в 1785 г.

В опытах Кулона измерялись силы взаимодействия заряженных шаров. Опыты показали, что

Модуль силы взаимодействия двух точечных неподвижных заряженных тел прямо пропорционален произведению абсолютных значений зарядов  $q_1$  и  $q_2$  и обратно пропорционален квадрату расстояния  $r$  между телами:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

$q_1, q_2$  - неподвижные точечные системы  
 $r$  - расстояние между зарядами  
 $k$  - коэффициент пропорциональности

$$k = 9 * 10^9 \frac{Н * м^2}{Кл^2}$$

# Второй закон

---

Ускорение, полученное телом в результате взаимодействия, прямо пропорционально равнодействующей всех сил, действующих на тело, и обратно пропорционально массе тела

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



## Второй закон

В общем случае сила равна производной от импульса тела постоянной массы  $m$  по времени:

$$\overline{F} = m\overline{a} = m \frac{d\overline{v}}{dt} = \frac{d}{dt} (m\overline{v})$$

Вектор  $m\overline{v}$  называется **импульсом** ( $p$ )

или **количеством движения**.

Импульс является характеристикой движущегося тела, отражающей не только кинематическую меру движения (скорость), но и его динамическое свойство – массу.

## Второй закон

---

$$\overline{F} = \frac{dp}{dt}$$

Выражение является более общей формулировкой второго закона Ньютона: **скорость изменения импульса материальной точки равна действующей на нее силе.**

Это уравнение называется **уравнением движения материальной точки.**

---



# Второй закон

Если на тело одновременно действуют несколько сил, то под силой в формуле, выражающей второй закон Ньютона, нужно

понимать **равнодействующую всех сил**:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$

Сила  $\vec{F}$  —

равнодействующая силы

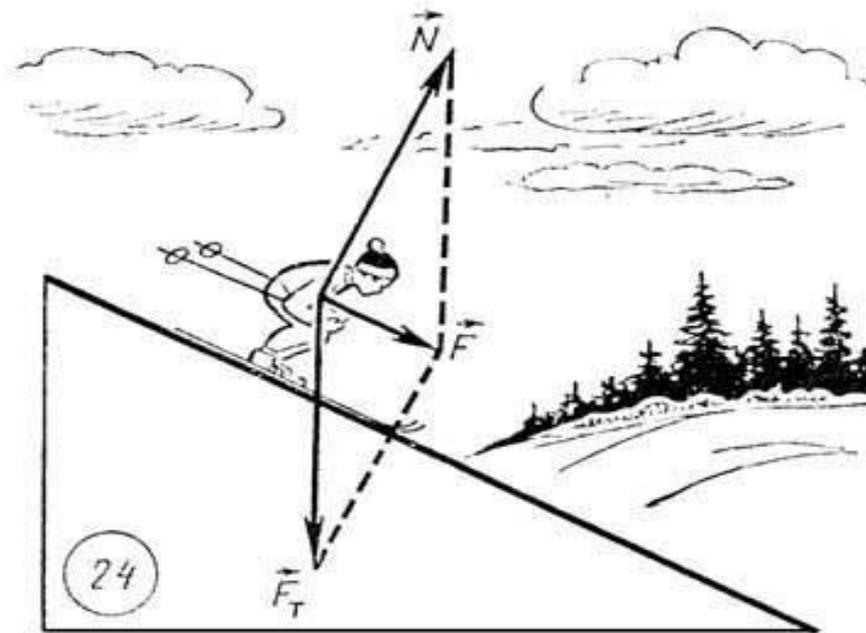
тяжести  $\vec{F}_T$  и силы

нормального давления  $\vec{F}_N$ ,

действующих на лыжника

на гладкой горе. Сила  $\vec{F}$

вызывает ускорение лыжника



# Третий закон

---

Тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и противоположными по направлению.

$$F_1 = -F_2$$

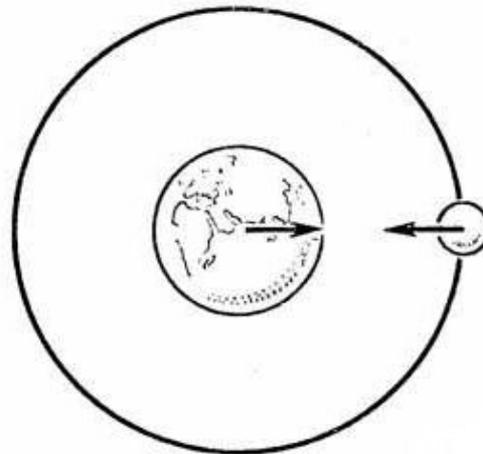


# Третий закон

---

Силы, возникающие при взаимодействии двух тел, **всегда имеют одну природу.**

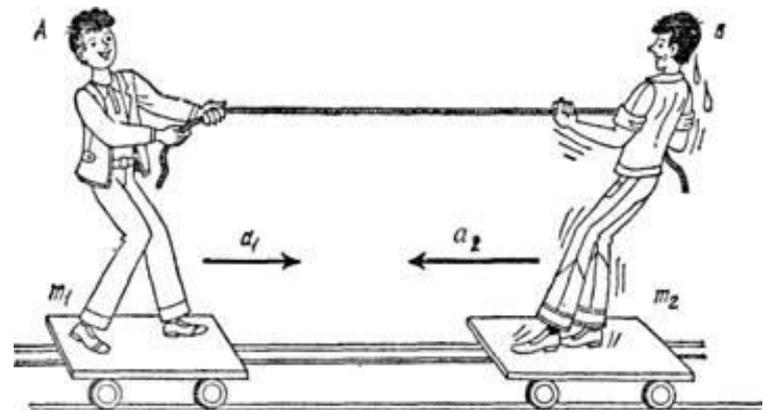
Если, например, Земля притягивает Луну силой тяготения, то равная по модули и противоположно направленная сила, действующая со стороны Луны на Землю, также является силой тяготения



# Третий закон

---

Применяя третий закон Ньютона, всегда следует помнить, что равные по модулю и противоположно направленные силы действия и противодействия приложены к разным телам и поэтому **не могут уравновешивать друг друга.**



# Закон сохранения импульса

---

Из второго и третьего законов Ньютона вытекает закон сохранения импульса замкнутой системы.

**Импульс тела** - это физическая векторная величина, равная произведению массы тела на его скорость.

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Если на систему тел не действуют внешние силы со стороны других тел, такая система называется **замкнутой**.

В замкнутой системе векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$

Закон носит универсальный характер и является **фундаментальным законом природы**.

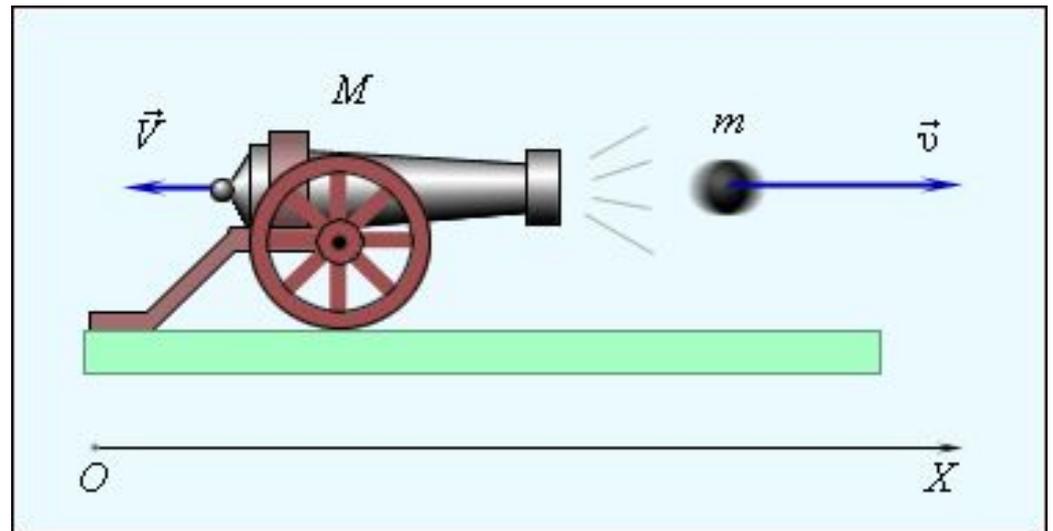
---



# Закон сохранения импульса

**Закон сохранения импульса** во многих случаях позволяет находить скорости взаимодействующих тел даже тогда, когда значения действующих сил неизвестны.

Примером может служить **реактивное движение**. При стрельбе из орудия возникает **отдача** – снаряд движется вперед, а орудие – откатывается назад. Снаряд и орудие – два взаимодействующих тела. Скорость, которую приобретает орудие при отдаче, зависит только от скорости снаряда и отношения масс.



При запуске ракеты действуют все три закона движения Ньютона.

Сначала ракета ускоряется, поскольку на нее воздействует сила реактивной тяги испускаемых газов (*второй и третий законы Ньютона*).

А затем, после выхода на орбиту, движется по инерции (*первый закон Ньютона*).



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

---

1. Грабовский Р. И. Курс физики: Учебное пособие. 11-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2009. — 608 с.
2. Кабардин О.Ф. Физика: справочные материалы. Учебное пособие для учащихся 3-е изд., М., Просвещение, 1991 - 367с.
3. Савальев И.В. Курс общей физики. В 5т. Том 1. Механика, колебания и волны, молекулярная физика. М.: Наука, 1970
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Том I. Механика. 4-е изд., стереот. — М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005. - 560 с.

