

Описание курса

1. **Рыбкин К.А. КОФ ПГНИУ** <http://vk.com/public55940134>
2. Учебники: 1.Курс общей физики. Том 1.
Механика, колебания и волны, молекулярная физика.
Савельев И.В.
- 2.Фейнмановские лекции по физике т. 1-2, 4.
Ричард Филлипс Фейнман, Роберт Б. Лейтон

«Науки делятся на две группы — на физику и собирание марок.»

Эрнест Резерфорд

Вещество состоит из атомов.

«Если бы все мировые знания оказались уничтожены и к новым поколениям перешла бы лишь одна фраза, то я считаю что это должна быть *атомная гипотеза*: все тела состоят из атомов-маленьких телец, которые находятся в непрерывном движении, притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одно из них плотнее прижать к другому.»

Р. Фейнман

В конечном итоге из этого факта будет следовать огромное количество экспериментов и удивительных наблюдений.

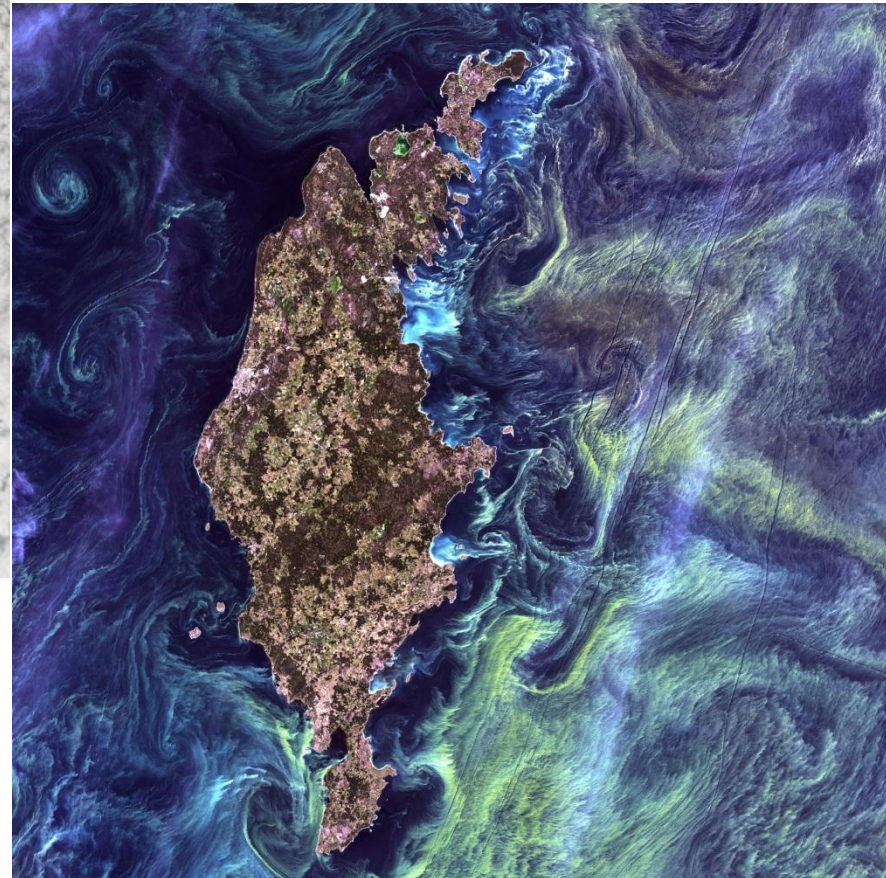
Физика и геология.

Геоло́гия (от [др.-греч.](#) γῆ — Земля + λόγος — учение) — [наука](#) о составе, строении и закономерностях развития [Земли](#), других планет Солнечной системы и их естественных спутников.

Метеороло́гия (от [греч.](#) μετέωρος, metéōros — атмосферные и небесные явления и -λογία — наука) — наука о строении и свойствах [земной атмосферы](#) и совершающихся в ней физических процессах.



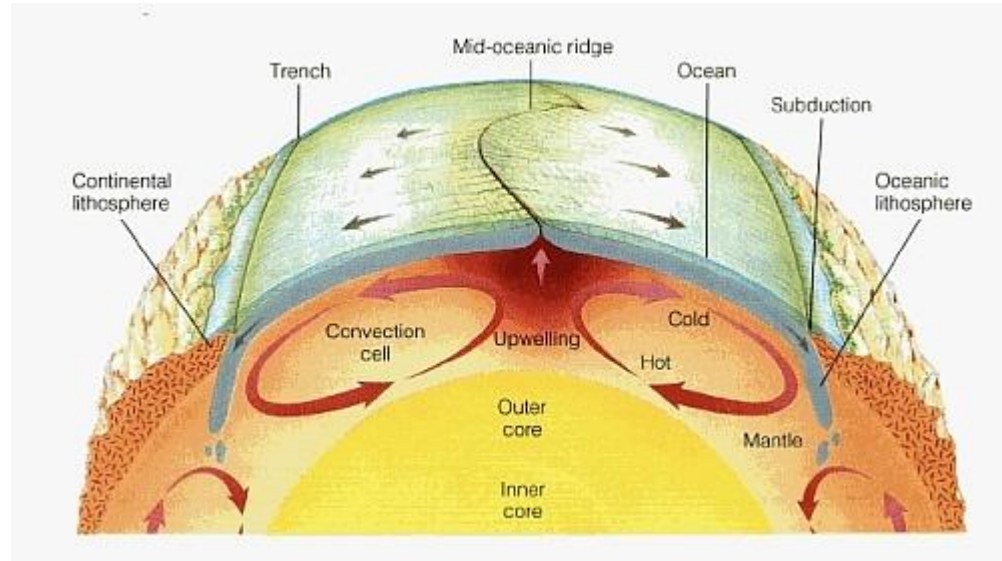
Вихри Кармана за островами над Тихим океаном



«Главный вопрос геологии заключается в том, что сделало Землю такой, какая она есть?» Р.

В среднем горы сейчас не ниже чем в прошлом.
Природа вулканов и землетрясений не вполне понятна.

С пониманием того, что происходит с Землёй мы разбираемся куда хуже, чем с состоянием вещества в звездах!



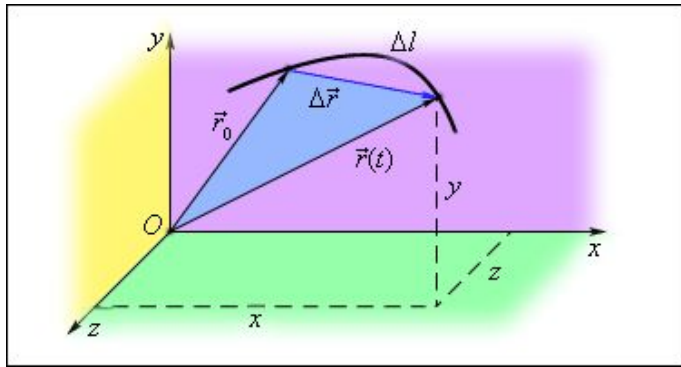
Всё еще не совсем понятны условия образования минералов и горных пород. Существуют многие наблюдения и эмпирические законы вроде следующего:

«Изменение горных пород в недрах Земли под воздействием высоких температуры и давления носит название метаморфизма. Метаморфические превращения осадочных горных пород начинаются на глубине 3—5 км и усиливаются с увеличением глубины под действием повышающихся температуры и давления. На каждые 100 м верхней оболочки земного шара температура повышается примерно на 3 °С и на глубине 40—50 км она, как предполагают, составляет 1200—1500 °С.»

Основные понятия

- **Механика** - наука, изучающая движение материальных тел и взаимодействие между ними; при этом движением в механике называют изменение во времени взаимного положения тел или их частей в пространстве.
- **Кинематикой** называют раздел механики, в котором движение тел рассматривается без выяснения причин этого движения.
- **Механическим движением** тела называют изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени. Движение одного и того же тела относительно разных тел оказывается различным. Для описания движения тела нужно указать, по отношению к какому телу рассматривается движение. Это тело называют **телом** отсчета. Система координат, связанная с телом отсчета, и часы для отсчета времени образуют систему отсчета, позволяющую определять положение движущегося тела в любой момент времени. **В Международной системе единиц (СИ) за единицу длины принят метр, а за единицу времени – секунда.**
- Если все части тела движутся одинаково, то такое движение называется **поступательным**.
- **Тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь**, называется материальной точкой. Понятие материальной точки играет важную роль в механике. Перемещаясь с течением времени из одной точки в другую, тело (материальная точка) описывает некоторую линию, которую называют **траекторией движения тела**.

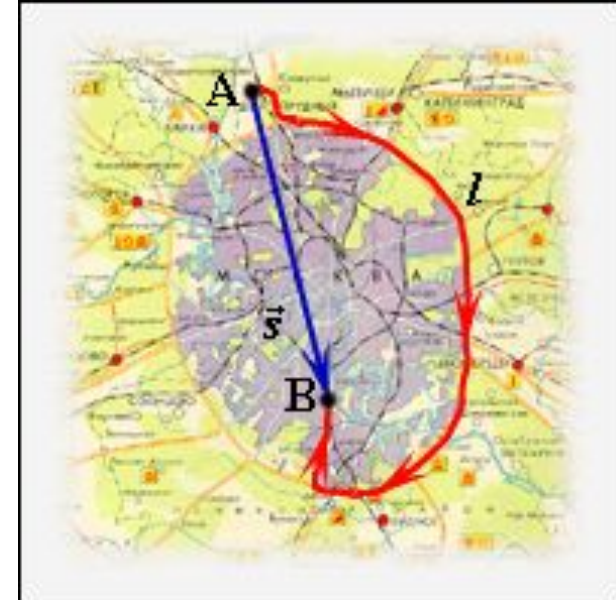
Положение материальной точки в пространстве в любой момент времени (закон движения) можно определять либо с помощью зависимости координат от времени $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$ (координатный способ), либо при помощи зависимости от времени радиус-вектора $\vec{r} = \vec{r}(t)$ (векторный способ), проведенного из начала координат до данной точки.



Определение положения точки с помощью координат и радиус-вектора.

Перемещением тела $\vec{s} = \Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$ называют направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его последующим положением. Перемещение есть **векторная величина**.

Пройденный путь L равен длине дуги траектории, пройденной телом за некоторое время t . Путь – скалярная величина. Если движение тела рассматривать в течение достаточно короткого промежутка времени, то вектор перемещения окажется направленным по касательной к траектории в данной точке, а его длина будет равна пройденному пути. В случае достаточно малого промежутка времени Δt пройденный телом путь Δl почти совпадает с модулем вектора перемещения. При движении тела по криволинейной траектории модуль вектора перемещения всегда меньше пройденного пути.



Для характеристики движения вводится понятие **средней скорости**:

$$v_{\text{cp}} = \frac{\Delta l}{\Delta t}$$

Средняя (путевая) скорость — это отношение длины пути, пройденного телом, ко времени, за которое этот путь был пройден:

Средняя путевая скорость, в отличие от мгновенной скорости, **не является векторной величиной**.

Средняя скорость равна среднему арифметическому от скоростей тела во время движения только в том случае, когда тело двигалось с этими скоростями одинаковые промежутки времени. (В случае, если тело двигалось с разными скоростями неодинаковые промежутки времени, среднюю скорость можно вычислить как взвешенное среднее арифметическое этих скоростей с весами, равными соответствующим промежуткам времени.)

В то же время если, например, половину пути автомобиль двигался со скоростью 180 км/ч, а вторую половину со скоростью 20 км/ч, то средняя скорость будет ? км/ч.

В физике наибольший интерес представляет не средняя, а мгновенная скорость, которая определяется как предел, к которому стремится скорость за бесконечно малый промежуток времени Δt :

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad \Delta t \rightarrow 0$$

$$\left\{ S_1, V_1, t_1 = \frac{S_1}{V_1}; \quad S_2, V_2, t_2 = \frac{S_2}{V_2} \right\} \Rightarrow v_{\text{cp}} = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2} = \frac{2S}{\frac{S}{V_1} + \frac{S}{V_2}} = 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

При движении тела по криволинейной траектории его скорость изменяется по модулю и направлению.

1.26. С башни высотой $h = 25$ м горизонтально брошен камень со скоростью $v_x = 15$ м/с. Какое время t камень будет в движении? На каком расстоянии l от основания башни он упадет на землю? С какой скоростью v он упадет на землю? Какой угол φ составит траектория камня с горизонтом в точке его падения на землю?

Решение:

Перемещение камня по вертикали $S_y = h = gt^2 / 2$ — (1), по горизонтали $S_x = l = v_x t$ — (2).

Из уравнения (1): $t = \sqrt{2h/g}$;

$t = 2,26$ с. Из уравнения (2):

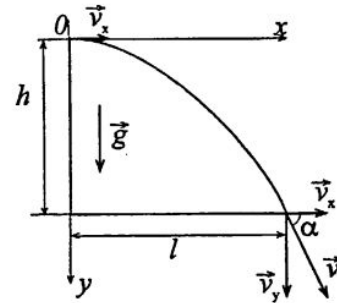
$l = v_x t$; $l = 33,9$ м. Скорость камня

$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$. Вертикальная

составляющая скорости $v_y = gt$, следовательно,

$v = \sqrt{v_x^2 + (gt)^2}$. Искомый угол φ — угол между направлениями вектора скорости \vec{v} и вектора ее горизонтальной составляющей \vec{v}_x . Из рисунка видно, что $\cos \varphi = v_x / v$;

$$\cos \varphi = \frac{v_x}{\sqrt{v_x^2 + (gt)^2}}; \cos \varphi = 0,56; \varphi \approx 56^\circ.$$



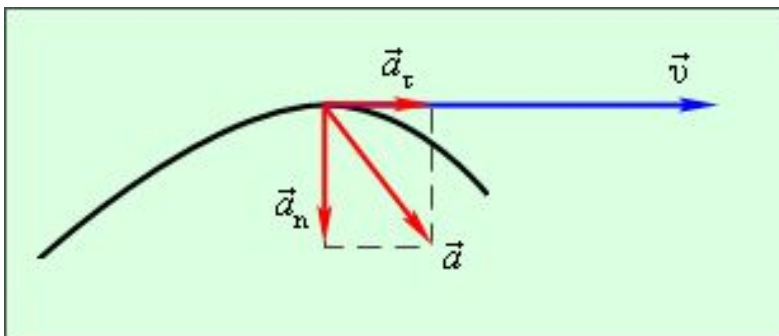
УСКОРЕНИЕ

Мгновенным ускорением (или просто **ускорением**) \vec{a} тела называют предел отношения малого

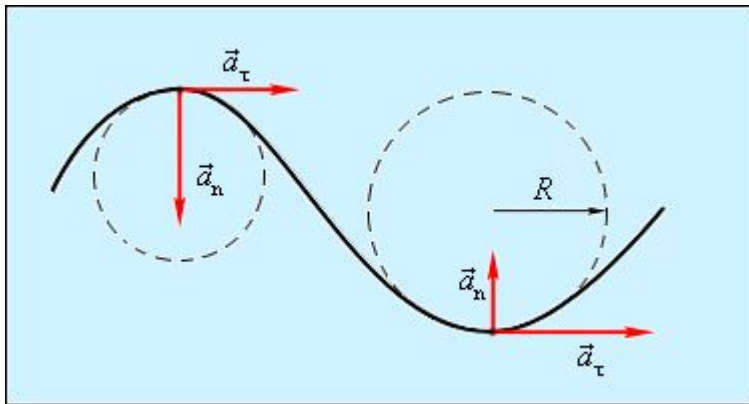
изменения скорости $\Delta \vec{v}$ к малому промежутку времени Δt , в течение которого происходило изменение скорости:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta v_{\tau}}{\Delta t} + \frac{\Delta v_n}{\Delta t}, \quad (\Delta t \rightarrow 0).$$

Направление вектора ускорения \vec{a} в случае криволинейного движения не совпадает с направлением вектора скорости \vec{v} . Составляющие вектора \vec{a} называют касательным (тангенциальным) \vec{a}_{tg} и нормальным \vec{a}_n ускорениями.



Касательное ускорение указывает, насколько быстро изменяется скорость тела по модулю. Вектор направлен по касательной к траектории. **Нормальное ускорение** указывает, насколько быстро скорость тела изменяется по направлению. Криволинейное движение можно представить как движение по дугам окружностей



Нормальное ускорение зависит от модуля скорости u и от радиуса R окружности, по дуге которой тело движется в данный момент;

$$a_n = \frac{v^2}{R}.$$

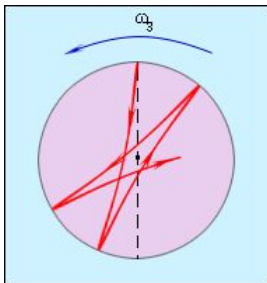
Вектор \vec{a}_n всегда направлен к центру окружности. Из рис. видно, что модуль полного ускорения равен

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}.$$

Таким образом, основными физическими величинами в кинематике материальной точки являются пройденный путь L перемещение \vec{S} , скорость \vec{v} и ускорение \vec{a} . Путь L является скалярной величиной. Остальные – величины векторные. Чтобы задать векторную величину, нужно задать ее модуль и указать направление. Векторные величины подчиняются определенным математическим правилам. Вектора можно проектировать на координатные оси, их можно складывать, вычитать и т. д.

Динамика, 1 закон Ньютона

- При движении тела по траектории его скорость \vec{v} может изменяться по модулю и направлению. Это означает, что тело двигается с некоторым ускорением \vec{a} . В кинематике не ставится вопрос о физической причине, вызвавшей ускорение движения тела. Как показывает опыт, любое изменение скорости тела возникает под влиянием других тел.
- Динамика рассматривает действие одних тел на другие как причину, определяющую характер движения тел. Взаимодействием тел принято называть взаимное влияние тел на движение каждого из них.
- Раздел механики, изучающий законы взаимодействия тел, называется динамикой. Законы динамики были открыты И. Ньютоном (1687 г.). Три закона динамики, сформулированные Ньютоном, 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 . Самой простой механической системой является изолированное тело, на которое не действуют никакие тела. Так как движение и покой относительны, в различных системах отсчета движение изолированного тела будет разным. В одной системе отсчета тело может находиться в покое или двигаться с постоянной скоростью, в другой системе это же тело может двигаться с ускорением.
- Первый закон Ньютона (или закон инерции) из всего многообразия систем отсчета выделяет класс так называемых инерциальных систем. **Существуют такие системы отсчета, относительно которых изолированные поступательно движущиеся тела сохраняют свою скорость неизменной по модулю и направлению.** Свойство тел сохранять свою скорость при отсутствии действия на него других тел называется инерцией. Поэтому первый закон Ньютона называют законом инерции. Впервые закон инерции был сформулирован Г. Галилеем (1632 г.). Ньютон обобщил выводы Галилея и включил их в число основных законов движения. В механике Ньютона законы взаимодействия тел формулируются для класса инерциальных систем отсчета. При описании движения тел вблизи поверхности Земли системы отсчета, связанные с Землей, приближенно можно считать инерциальными. Однако, при повышении точности экспериментов, обнаруживаются отклонения от закона инерции, обусловленные вращением Земли вокруг своей оси. Примером тонкого механического эксперимента, в котором проявляется неинерциальность системы, связанной с Землей, служит поведение маятника Фуко.
- Так называется массивный шар, подвешенный на достаточно длинной нити и совершающий малые колебания около положения равновесия. Если бы система, связанная с Землей, была инерциальной, плоскость качаний маятника Фуко оставалась бы неизменной относительно Земли. На самом деле плоскость качаний маятника вследствие вращения Земли поворачивается, и проекция траектории маятника на поверхность Земли имеет следующий вид.

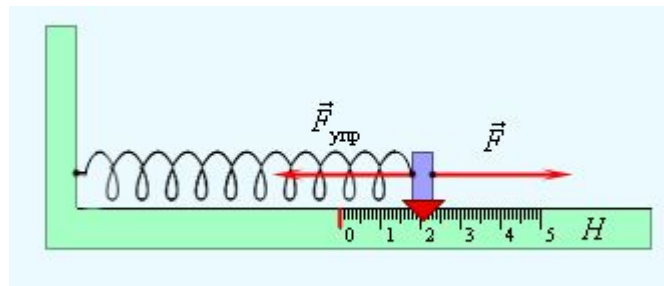


Масса, сила

- **Масса – это свойство тела, характеризующее его инертность.** При одинаковом воздействии со стороны окружающих тел одно тело может быстро изменять свою скорость, а другое в тех же условиях – значительно медленнее. Принято говорить, что второе из этих двух тел обладает большей инертностью, или, другими словами, второе тело обладает большей массой. Если два тела взаимодействуют друг с другом, то в результате изменяется скорость обоих тел, то есть в процессе взаимодействия оба тела приобретают ускорения. Отношение ускорений двух данных тел оказывается постоянным при любых воздействиях. В физике принято, что массы взаимодействующих тел обратно пропорциональны ускорениям:

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

- В этом соотношении величины a_1 и a_2 следует рассматривать как проекции векторов a_1 и a_2 на ось Ox .
- Знак «минус» в правой части формулы означает, что ускорения взаимодействующих тел направлены в противоположные стороны.
- В Международной системе единиц (СИ) масса тела измеряется в **килограммах (кг)**. Масса любого тела может быть определена на опыте путем сравнения с **массой эталона** ($m_{\text{эт}} = 1 \text{ кг}$).
- 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.
- **Сила \vec{F}** – это количественная мера взаимодействия тел. Сила является причиной изменения скорости тела. В механике Ньютона силы могут иметь различную физическую причину: сила трения, сила тяжести, упругая сила и т. д. Сила является **векторной величиной**. Векторная сумма $\sum \vec{F}$ всех сил, действующих на тело, называется **равнодействующей силой**.
- Эталонная сила в Международной системе единиц называется ньютон (**Н**). На практике, для измерения сил используют откалиброванные пружины. Такие откалиброванные пружины называются **динамометрами**. Сила измеряется по растяжению динамометра



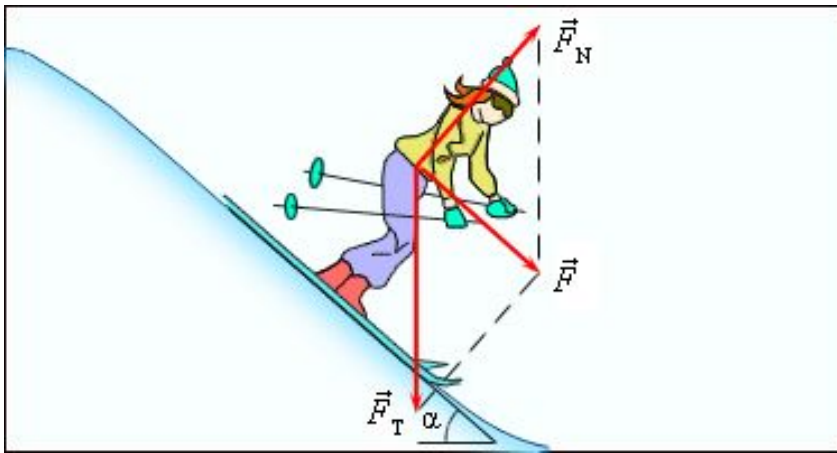
Второй закон Ньютона

- **Второй закон Ньютона** – основной закон динамики. Этот закон выполняется только в **инерциальных системах отсчета**. Приступая к формулировке второго закона, следует вспомнить, что в динамике вводятся две новые физические величины – масса тела m и сила \vec{F} а также способы их измерения. Первая из этих величин – масса m – является количественной характеристикой инертных свойств тела. Она показывает, как тело реагирует на внешнее воздействие. Вторая – сила – является количественной мерой действия одного тела на другое. Второй закон Ньютона – это фундаментальный закон природы; он является обобщением опытных фактов, которые можно разделить на две категории:
- Если на тела разной массы подействовать одинаковой силой, то ускорения, приобретаемые телами, оказываются обратно пропорциональны массам:
- Если силами разной величины подействовать на одно и то же тело, то ускорения тела оказываются прямо пропорциональными приложенным силам:
- Обобщая подобные наблюдения, Ньютон сформулировал основной закон динамики: **Сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой силой ускорение:**

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

- Если на тело одновременно действуют несколько сил (например, \vec{F}_1, \vec{F}_2 и т.д. под силой в формуле, выражающей второй закон Ньютона, нужно понимать **равнодействующую всех сил**:

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

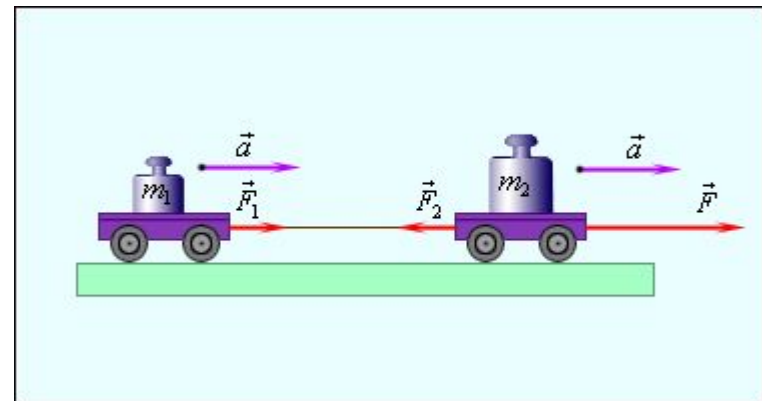
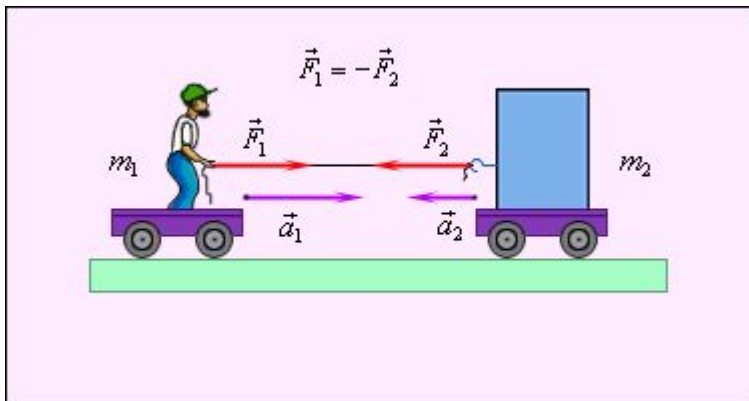


Если равнодействующая сила $=0$, то тело будет оставаться в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения. Таким образом, формально второй закон Ньютона включает как частный случай первый закон Ньютона, однако первый закон Ньютона имеет более глубокое физическое содержание – он постулирует существование инерциальных систем отсчета.

Третий закон Ньютона

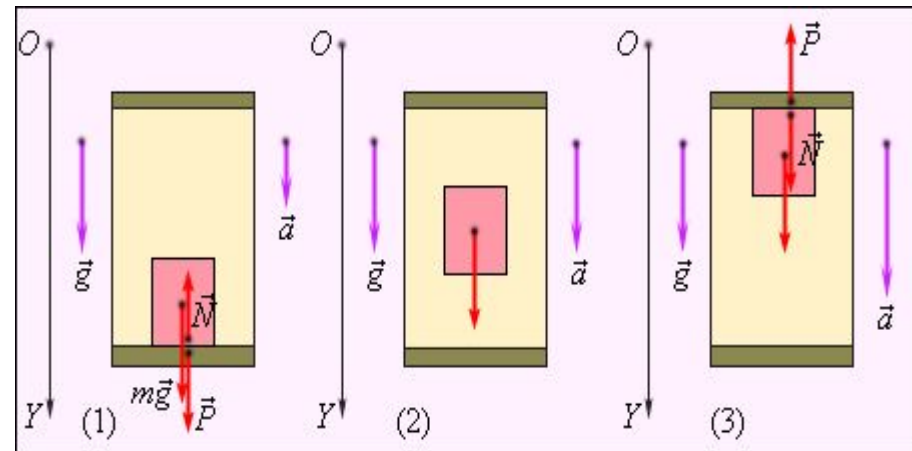
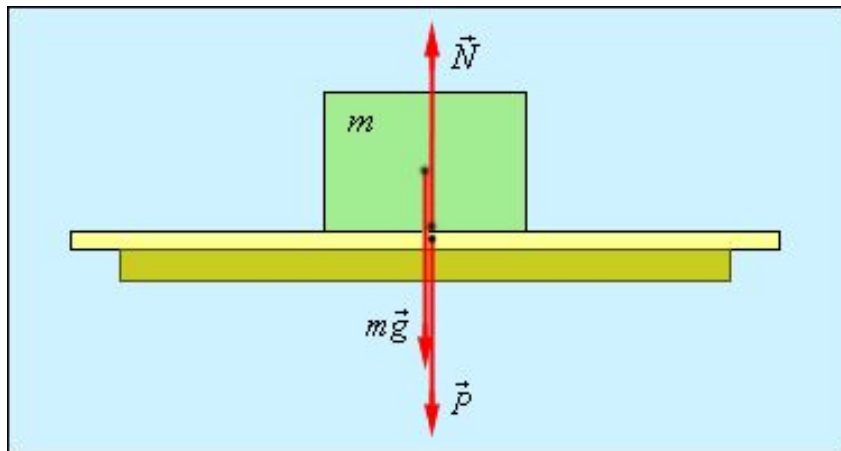
- $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

- Это равенство называется третьим законом Ньютона. Тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и противоположными по направлению.
- Силы, возникающие при взаимодействии тел, всегда имеют одинаковую природу. Они приложены к разным телам и поэтому не могут уравновешивать друг друга. Складывать по правилам векторного сложения можно только силы, приложенные к одному телу. Рис. иллюстрирует третий закон Ньютона. Человек действует на груз с такой же по модулю силой, с какой груз действует на человека. Эти силы направлены в противоположные стороны. Они имеют одну и ту же физическую природу – это упругие силы каната. Сообщаемые обоим телам ускорения обратно пропорциональны массам тел.
- Силы, действующие между частями одного и того же тела, называются **внутренними**. Если тело движется как целое, то его ускорение определяется только **внешней силой**. Внутренние силы исключаются из второго закона Ньютона, так как их векторная сумма равна нулю. В качестве примера рассмотрим, на котором изображены два тела с массами m_1 и m_2 , жестко связанные между собой невесомой нерастяжимой нитью и движущиеся с одинаковым ускорением как



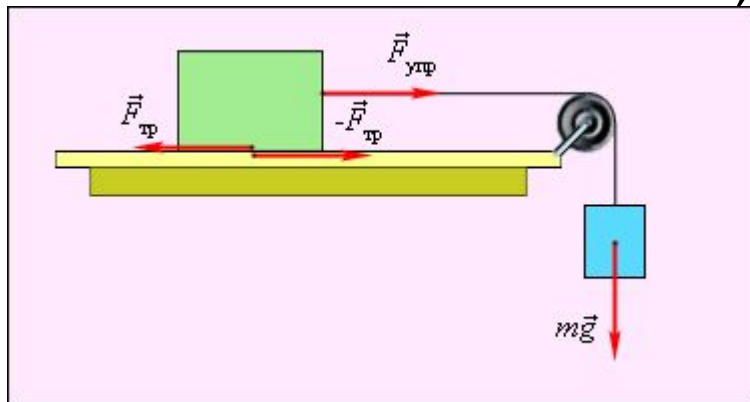
Вес и невесомость

- Силу тяжести $m\vec{g}$ с которой тела притягиваются к Земле, нужно отличать от веса тела \vec{P} . Понятие веса широко используется в повседневной жизни.
- **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**. Пусть тело лежит на неподвижном относительно Земли горизонтальном столе. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать **инерциальной**. На тело действуют сила тяжести направленная вертикально вниз, и сила упругости с которой опора действует на тело.
- Силу называют **силой нормального давления** или **силой реакции опоры**. Силы, действующие на тело, уравнивают друг друга. В соответствии с третьим законом Ньютона тело действует на опору с некоторой силой равной по модулю силе реакции опоры и направленной в противоположную сторону. По определению, сила и называется весом тела.
- Увеличение веса тела, вызванное ускоренным движением опоры или подвеса, называют **перегрузкой**. Действие перегрузки испытывают космонавты, как при взлете космической ракеты, так и на участке торможения при входе корабля в плотные слои атмосферы. Большие перегрузки испытывают летчики при выполнении фигур высшего пилотажа, особенно на сверхзвуковых самолетах.



Сила трения

- Трение** – один из видов взаимодействия тел. Оно возникает при соприкосновении двух тел. Трение, как и все другие виды взаимодействия, подчиняется **третьему закону Ньютона**: если на одно из тел действует сила трения, то такая же по модулю, но направленная в противоположную сторону сила действует и на второе тело. Силы трения, как и **упругие силы**, имеют **электромагнитную** природу. Они возникают вследствие взаимодействия между атомами и молекулами соприкасающихся тел. **Силами сухого трения** называют силы, возникающие при соприкосновении двух твердых тел при отсутствии между ними жидкой или газообразной прослойки. Они всегда направлены по **касательной** к соприкасающимся поверхностям. Сухое трение, возникающее при относительном покое тел, называют **трением покоя**. Сила



трения покоя. Сила трения покоя $F_{тр}$ зависит от площади соприкасающихся поверхностей и называется **коэффициентом трения скольжения**. Коэффициент трения μ – величина безразмерная. Обычно коэффициент трения меньше единицы. Он зависит от материалов соприкасающихся тел и от качества обработки поверхностей. При скольжении сила трения направлена по касательной к соприкасающимся поверхностям в сторону, противоположную относительной скорости.