3 Динамика.

3.1 Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета.

3.1.1 Опыты Галилея. Первый закон Ньютона.

Def. Динамика это раздел механики в котором изучают причины изменения характера движения, т.е. причины изменения скорости движения тела.

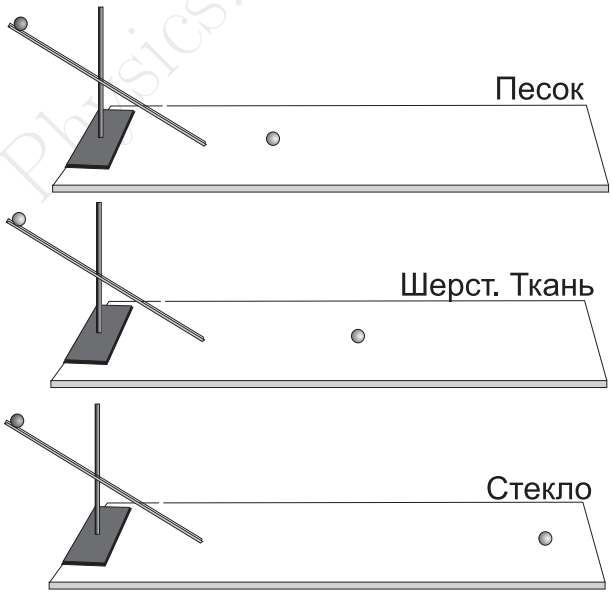
Основу динамики составляют законы Ньютона, которые представляют собой обобщение большого числа экспериментальных фактов. Эти законы были сформулированы не Ньютоном, но его заслуга заключалась в том, что из многих законов он выделил три основополагающих закона.

В кинематике все системы отсчета равноправны и одинаково допустимы. В динамике иначе. Преимуществом обладают те, в которых законы механики имеют более простой вид.

Рассмотрим ряд последовательных опытов по наблюдению за движением тела при постепенном уменьшающемся влиянии других тел.

Рассмотри опыты Галилея по скатыванию шарика по наклонному желобу. Шарик отпускают на наклонном желобе с одной и той же высоты. Желоб переходит в горизонтальную поверхность, на которой сначала рассыпают песок, потом кладут ткань и в третьем опыте, кладут плоское стекло.

Physics.spb.ru



В этой серии опытов уменьшалось воздействие на шарик при движении по горизонтальной поверхности.

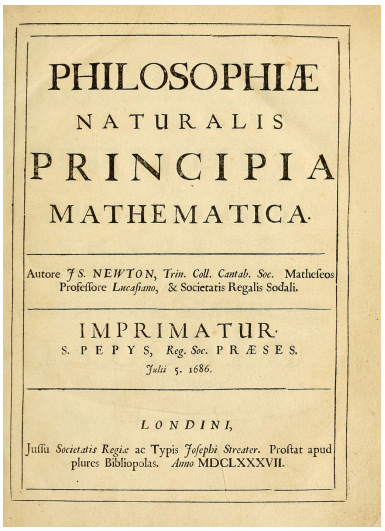
Опыт показал, что при непрерывном уменьшении влияния окружающих тел, горизонтальное движение любого тела относительно Земли неограниченно приближается к равномерному прямолинейному движению.

Примерно такая последовательность опытов, только более тщательных, была проведена Галилеем, что и позволило ему сформулировать свой знаменитый закон инерции:

Если на тело не действуют другие тела, то оно сохраняет состояние либо покоя, либо равномерного прямолинейного движения.

В современной формулировке закон звучит иначе, т.к. механическое движение мы рассматриваем в привязке к какой-либо системе отсчета.

Law ➡ ***Первый закон Ньютона:*** ***Опыт показывает, что при определенном выборе системы отсчета справедливо утверждение: свободное тело, т.е. тело не взаимодействующие с другими телами, покоится или движется равномерно и прямолинейно.***


PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore JS. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

У самого Ньютона, в книге "Математические начала натуральной философии"(28 апреля 1686 года был издан первый том) этот закон звучал так: *"Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние."* (перевод А.Н.Крылов)

Начиная с Аристотеля, на протяжении почти двадцати веков существовало предубеждение, что движение с постоянной скоростью нуждается для своего поддержания во внешнем воздействии, а при отсутствии такого воздействия, движение прекращается.

Например: лошадь тянет телегу, чтобы телега двигалась, необходимо воздействие лошади, если лошадь перестанет тянуть телегу, то она остановится.

С точки зрения I закона Ньютона состояние движения свободного тела с постоянной скоростью эквивалентно состоянию покоя в том смысле, что, как и покой, оно является естественным, не требующим объяснения, никакой причины.

Def. Тело принято называть свободным, если на него не действуют другие тела, или их действие скомпенсировано.

Понадобился гений Галилея и Ньютона, чтобы осознать то, что объяснения требует не движение с постоянной скоростью, а изменение скорости.

3.1.2 Инерциальные системы отсчета

Def. Движение тела, происходящее без внешних воздействий, называется движением по инерции.

Def. Системы отсчета, в которых свободное тело покоится или движется равномерно и прямолинейно, называются инерциальными системами.

В современных учебниках I закон Ньютона сводят к утверждению о существовании инерциальных систем отсчета.

Def. I закон Ньютона теоретически не доказывается, это результат обобщения огромного количества опытных фактов плюс перенос результатов реального опыта на идеализированный случай полного отсутствия внешних воздействий.

Во многих случаях система отсчета, связанная с Землей (геоцентрическая), может считаться инерциальной. Но строго инерциальной она не является. Неинерциальность геоцентрической системы отсчета связана с суточным вращением Земли вокруг оси и с орбитальным движением вокруг Солнца. Ниже мы рассмотрим случаи, когда геоцентрическая система отсчета является инерциальной, а когда нет.

Любая система отсчета, которая движется относительно инерциальной с постоянной скоростью, также является инерциальной.

Инерциальных систем бесконечное множество.

Эти утверждения достаточно легко проверить используя преобразования Галилея для скоростей.

Как только система отсчета приобретает ускорение относительно данной инерциальной система отсчета (ИСО), она становится неинерциальной системой отсчета (НИСО).

НИСО - системы, в которых ускорение тел обусловлены не взаимодействием с другими телами, а ускорением самой системы отсчета относительно некоторой ИСО NB!

physics.spb.ru

3.1.3 Примеры инерциальных систем

Рассмотрим примеры ИСО и критерии, по которым можно определить инерциальность данной системы отсчета.

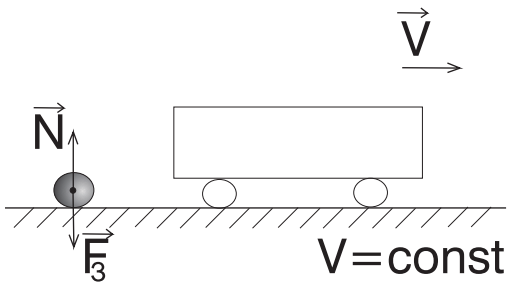
Для определения инерциальности системы отсчета необходимо взять условно свободное тело, т.е. тело воздействие на которое других тел скомпенсировано. И определить характер движения этого тела.

Если оно будет находиться в состоянии покоя либо двигаться равномерно и прямолинейно относительно данной системы отсчета (СО), тогда эта СО будет инерциальной.

Вспомним, что СО состоит из тела отсчета, системы координат, связанной с телом отсчета, и прибором для измерения времени. Т.о. достаточно рассмотреть движение условно свободного тела относительно тела отсчета.

Пример 1:

Рассмотрим СО, связанную с автомобилем. Пусть автомобиль движется прямолинейно и равномерно.



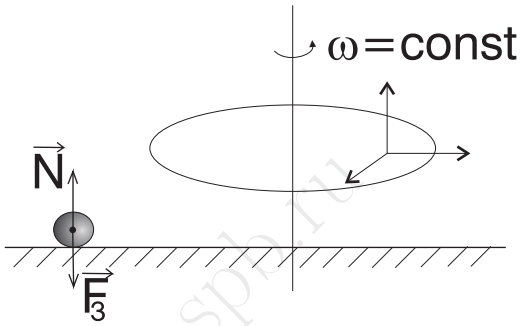
Возьмем тело покоящееся на Земле. Это тело можно считать условно свободным. Земля одинаково притягивает и отталкивает тело. При этом это тело относительно автомобиля движется равномерно и прямолинейно. Т.о. СО, связанная с автомобилем, будет ИСО.

Пример 2:

Тот же автомобиль движется с ускорением. Тогда тоже условно свободное тело движется неравномерно и не покоится относительно автомобиля. Т.о. СО, связанная с автомобилем, не будет НИСО.

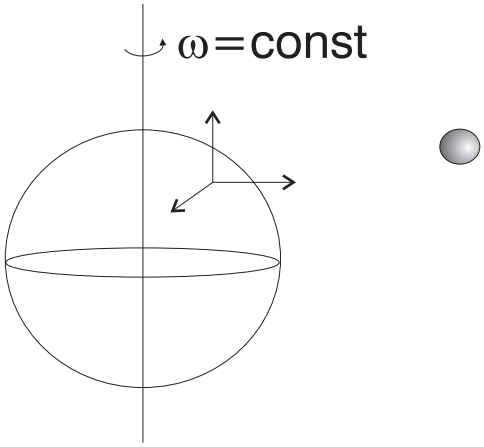
Пример 3:

Рассмотрим СО связанную с равномерно вращающейся каруселью и такое же свободное тело. Относительно карусели условно свободное тело будет двигаться непрямолинейно. Следовательно это НИСО.



Пример 4:

Земля является аналогом равномерно вращающейся карусели. Поэтому для тел перемещающихся относительно Земли на большие расстояния, она не является ИСО. Например: движении баллистической ракеты - точка на поверхности Земли является НИСО. А при перемещении автомобиля, Земля является ИСО.



При необходимости учитывать вращение Земли, система отсчета связанная с точкой на поверхности Земли, будет неинерциальной, если вращением Земли, при рассмотрении движения тела, можно пренебречь, то Землю можно считать инерциальной системой отсчета.

3.2 Взаимодействие тел. Сила.

3.2.1 Определение понятия силы

В инерциальной системе отсчета изменение скорости тела может быть обусловлено только его взаимодействием с другими телами. Для описания взаимодействия между телами вводится физическая величина - *сила*, дающая количественную меру этого взаимодействия.

Def. Сила - векторная величина, являющаяся мерой взаимодействия тел, в результате которого тела деформируются и получают ускорение.

Физическая природа взаимодействия может быть различной: существуют гравитационные, электрические и другие взаимодействия. Но для всех видов взаимодействий количественная мера может быть выбрана единым образом - измерять силы разной природы можно в одних и тех же единицах с помощью одних и тех же эталонов.

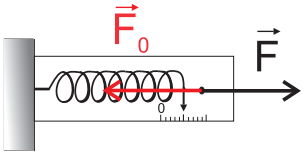
В динамике природа силы несущественна, *вопрос о происхождении сил в динамике не ставится и не выясняется.* Благодаря такой универсальности динамика успешно описывает движение под действием сил любой природы.

physics.spb.ru

3.2.2 Измерение сил

Большинство известных способов измерения сил основано на их свойстве вызывать упругую деформацию твердых тел. Простейший пример прибора для измерения силы - это пружинный динамометр. Следует отметить, что некоторые модификации этого прибора, например крутильные весы, обладают очень высокой чувствительностью. Такие весы представляют собой один из самых совершенных физических приборов.

Для измерения сил на основе явления упругой деформации можно поступить следующим образом. Возьмем определенную (эталонную) пружину и будем считать, что в инерциальной системе отсчета при растяжении на определенную величину пружина действует на прикрепленные к ее концу тело с силой F_0, направленной вдоль оси пружины.



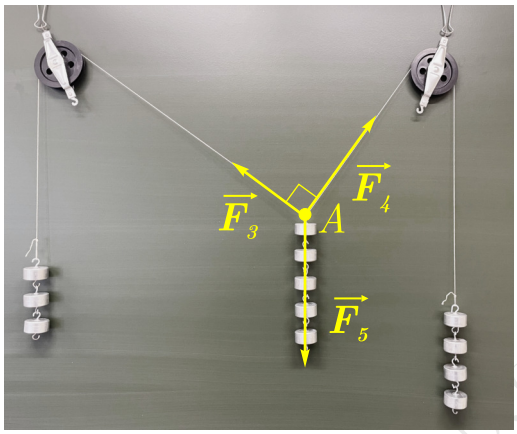
Def. Будем также считать, что две любые силы равны и противоположено направлены, если при одновременном действии только этих двух сил тело остается в покое или движется равномерно и прямолинейно в инерциальной системе отсчета.

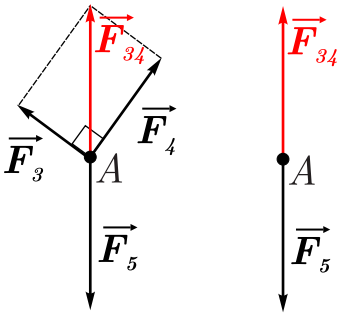
Тогда мы можем воспроизвести эталон силы F_0 в любом количестве экземпляров. На этом принципе основана конструкция прибора для измерения сил.

Def. Динамометр - прибор для измерения сил.

3.2.3 Сложение сил

Проверим следующий факт: силы складываются, как вектора, т.е. к силам можно применять "правило параллелограмма". Для этого рассмотрим следующий (Видеоэксперимент): подвесим груз массой 300, 400 и 500 г на системе блоков, как это показано на рисунке. Если систему предоставить самой себе, то она придет в такое положение, что угол образованный между нитями рядом с блоком с грузом в 500 г составит 90°.





На этот блок посредством нитей действуют груз с массой 300, 400 и 500 г и под действием этих сил блок находится в состоянии покоя.

Если векторно сложить силы $\vec{F}_3$ и $\vec{F}_4$, получится сила $\vec{F}_{34}$, которая будет равна по величине $\vec{F}_5$ и противоположена ей по направлению. И под действием двух равных и противоположенных по направлению сил, блок A неподвижен, следовательно, правило сложение векторов, примененное к силам $\vec{F}_3$ и $\vec{F}_4$ дает верный физический результат.

Следовательно силы можно складывать, как вектора.

Получившаяся сила $\vec{F}_{34}$ будет оказывать на блок A такое же воздействие, как силы $\vec{F}_3$ и $\vec{F}_4$. Принято говорить, что сила $\vec{F}_{34}$ является равнодействующей двух сил $\vec{F}_3$ и $\vec{F}_4$.

Def. Равнодействующая сила - сила, воздействие которой на тело будет таким же, как воздействие сил, равнодействующей которых она является.

Математически, равнодействующую можно найти, путем векторного сложения сил.

$$\boxed{\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_1 + ... + \vec{F}_N} \tag{1}$$

NB!

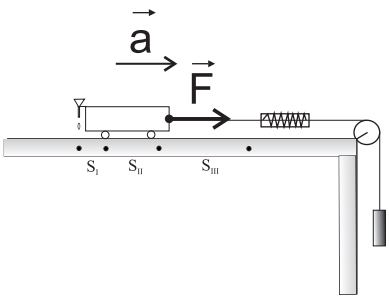
Из векторного характера перемещения и скорости вытекал принцип независимости движений. Справедливость векторного сложения величин означает принцип справедливость принципа независимости сложения этих величин. Раз для сил доказана справедливость векторного сложения, то следовательно, для сил тоже должен быть справедлив принцип независимого действия или ***принцип суперпозиции сил***

Действие каждой силы не зависит от присутствия или отсутствия других сил. Совместное действие нескольких сил всегда равно сумме независимых действий отдельных сил.

3.3 Второй закон Ньютона. Масса.

Количественная связь между ускорением тела в ИСО и вызывающим это ускорение силами была установлена Ньютоном экспериментально. Рассмотрим следующий эксперимент:

- По гладкому столу передвигается тележка соединенная с динамометром и грузом, перекинутым через блок.



На тележке установлена капельница из которой через одинаковые промежутки времени падают капли. Если измерять расстояния между каплями и учесть, что движение происходит с начальной нулевой скоростью, то получается

$$S_I : S_{II} : S_{III} = 1 : 3 : 5$$

Следовательно, движение тележки под действием определенной постоянной силы, что можно увидеть по показаниям динамометра, является равноускоренным

$$a = const$$

Зная это, можно, имея часы и сантиметровую ленту, определить ускорение по формуле:

$$S = \frac{at^2}{2} \quad \rightarrow \quad a = \frac{2S}{t^2} \tag{2}$$

- Если хотим учитывать силу трения, то ее надо измерить: прикрепить динамометр к тележке и тянуть ее равномерно. Чтобы затем измерять результирующую силу при равноускоренном движении, действующую на тележку, надо от показаний динамометра отнимать силу трения.

- Увеличим груз так, чтобы динамометр показал в процессе движения в два раза большую силу.При этом можно будет увидеть, что ускорение, приобретаемое тележкой, будет соответственно увеличиваться в два раза. Таким образом, можно сделать вывод:

$$\vec{a} \sim \overrightarrow{F} \tag{3}$$

- Если на тело действует несколько сил, тогда эти силы можно заменить на *равнодействующую* и свести этот случай к действию одной силы.

  Тогда ускорение будет прямо пропорционально равнодействующей, т.е. векторной сумме всех сил, и направлено в сторону равнодействующей.

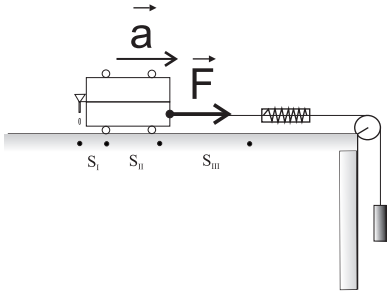
$$\vec{a} \sim \sum_{i=1}^{N} \overrightarrow{F}_i \tag{4}$$

  где N - число сил, действующих на тело.

Physics.spb.ru

3.3.1 Понятие массы

Теперь зафиксируем силу и сверху на тележку поместим точно такую же, только вверх колесами. При этом подберем груз на нити такой, чтобы динамометр показывал ту же самую силу. В этом случае опыт покажет, что ускорение уменьшится в 2 раза.



Приобретаемое телами ускорение зависит не только от силы, но и от свойств самого тела.

Def. Свойство тел приобретать то или иное ускорение под действием данной силы носит название инертности.

Def. Количественной мерой инертности является масса

Введение этой физической величины позволяет записать II-ой закон Ньютона в виде равенства:

$$\boxed{\vec{a} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i}{m}}$$

Данное уравнение является основным уравнением динамики. NB!

Law ➡ ***Второй закон Ньютона:*** ***Ускорение, приобретаемое телом, прямо пропорционально равнодействующей всех сил действующих на тело, направлено в сторону этой равнодействующей силы, а коэффициент пропорциональности это величина обратная инертной массе.***

Масса является основной динамической характеристикой, и т.к. она является мерой инертности, то определенную выше массу принято называть инертной массой.

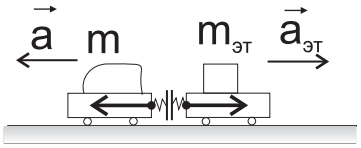
Эталон массы: условились считать единицей массы массу специально изготовленной из сплава платины и иридия гири, которая хранится в г. Севр, под Парижем.

Единицы измерения массы: в системе "СИ"масса измеряется в килограммах

$$[m] = \text{кг} \tag{5}$$

Замечание: Измерить физическую величину означает сравнить ее с эталоном.

Один из способов измерения массы: независимо измерить силу и ускорение и разделить одно на другое. При этом, действуя на разные тела одной и той же силой и сравнивая их ускорения, мы получаем возможность сравнивать их массы с эталоном.



$$\frac{a_1}{a_{\text{эт}}} = \frac{m_{\text{эт}}}{m_1}$$

Но естественно покупая картошку на рынке продавец не будет ее разгонять и измерять силу и ускорение, а воспользуется весами. При этом происходит сравнение массы данного тела с копиями эталона.

Из опыта известны следующие свойства массы: это аддитивная(т.е. складывается арифметически) скалярная величина, не зависящая от положения тела и его скорости, при условии, что скорость тела много меньше скорости света

Единицы измерения силы: Из второго закона Ньютона следует, что

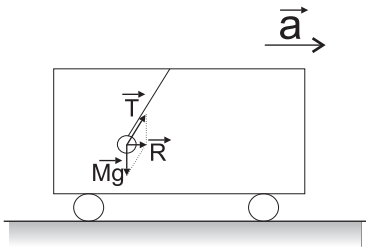
$$1\text{Н} = 1\text{кг} \cdot 1\text{м/с}^2 \tag{6}$$

Силой в 1 Н называется такая сила, под действием которой тело массой 1 кг приобретает ускорение в $1\text{м}/c^2$

3.3.2 Границы применимости:

Рассмотрим в каких системах отсчета выполняется второй закон Ньютона.

Второй закон Ньютона справедлив только в инерциальных системах отсчета. NB!



Рассмотрим вагон поезда, движущегося равноускоренно. В случае такого движения, шарик, подвешенный на нити, отклонится от вертикали, в направлении противоположенном движении. Рассмотрим этот шарик в системе отсчета, связанной с вагоном. Как было рассмотрено ранее, такая система отсчета является неинерциальной.

На шарик действует сила натяжении нити $\vec{T}$ и сила притяжения Земли $m\vec{g}$. Из второго закона Ньютона следует, что

$$\overrightarrow{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

Причем как видно рисунка, $\overrightarrow{T} + m\vec{g} \neq \vec{0}$. Т.о. шарик должен двигаться с ускорением в данной системе отсчета. Но шарик находится в состоянии покоя. Т.о. вывод сделанный на основе второго закона Ньютона, в неинерциальной системе оказался неправильным. Следовательно в системе отсчета, связанной с вагоном, второй закон Ньютона не выполняется.

Аналогичные рассуждения можно провести для любой неинерциальной системы отсчета.

3.4 Алгоритм решения динамических задач

1. Прочитать условие задачи, записать "Дано"и что требуется найти.
2. Сделать рисунок, на котором указать начальное и конечное положение тела, начальную скорость, ускорение, все силы, действующие на тело.
3. Указать на рисунке тело отсчета и связанную с ним систему координат. Указать, является ли данная система отсчета инерциальной. Обычно одну из координатных осей направляют по ускорению, исключением является равнозамедленное движение, при необходимости рассчитывать кинематические характеристики.
4. Записать необходимые законы в векторной форме.
5. Спроецировать векторные уравнение на координатные оси.
6. Подсчитать количество неизвестных. Если их больше, чем уравнений, то найти способ записать новое уравнение.
7. Решить систему уравнений в общем виде.
8. Проверить размерность итогового решения.
9. Подставить числа и найти численный ответ.
10. Оценить реальность ответа.
11. Записать ответ.

Physics.spb.ru

3.4.1 Пример задачи на II-ой закон Ньютона

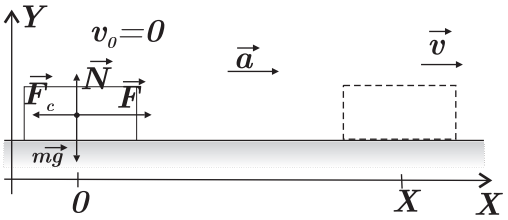
Автомобиль массой 3т разгоняется из состояния покоя по горизонтальному пути в течении 10с под действием силы тяги 3кН. Определить с каким ускорением двигался автомобиль, какой скорости он достигнет за время разгона, какой путь при этом он пройдет? Считать силу сопротивления движению равной 600Н.

Дано:

$m = 3000$кг
$t = 10$с
$F = 3000H$
$F_{\text{сопр}} = 600H$
$V_0 = 0$м/с

$a, V, S - ?$

Решение:



Рассмотрим силы, действующие на автомобиль. По вертикали действует сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз, и сила нормальной реакции дороги $\vec{N}$, направленная вертикально вверх.

По горизонтали действуют сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ и сила тяги, причем поскольку автомобиль движется ускоренно, сила тяги больше силы трения.

Physics.spb.ru

Т.к. система отсчета, связанная с Землей, является инерциальной, запишем второй закон Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{сопр}} + \vec{F} = m\vec{a}$$

Спроецируем второй закон Ньютона на числовые оси X и Y:

$$\begin{aligned} "x": &\quad F - F_{\text{сопр}} = ma \\ "y": &\quad N - mg = 0 \end{aligned}$$

Из первого равенства можно получить выражение для ускорения:

$$a = \frac{F - F_{\text{сопр}}}{m} = \frac{3000H - 600H}{3000\text{кг}} = 0,8\frac{H}{\text{кг}} = 0,8\frac{\text{кг}\cdot\text{м}/c^2}{\text{кг}} = 0,8\text{м}/c^2$$

Чтобы найти скорость и пройденный путь, запишем векторные уравнения скорости и перемещения равнопеременного движения и спроецируем их на ось "x":

$$\begin{aligned} \vec{r} &= \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \tfrac{\vec{a}t^2}{2} \\ \vec{v} &= \vec{v}_0 + \vec{a}t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} "x": \quad S &= x - x_0 = \tfrac{at^2}{2} = \tfrac{0,8\text{м}/c^2\cdot 100c^2}{2} = 40\text{м} \\ V &= at = 0,8\text{м}/c^2 \cdot 10c = 8\text{м}/c \end{aligned}$$

Ответ: $a = 0,8\text{м}/c^2$; $\quad v = 8\text{м}/c$; $\quad S = 40\text{м}$;

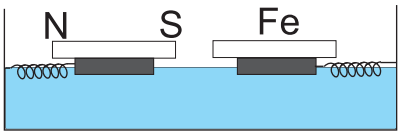
3.5 Третий закон Ньютона.

Действующие на тело силы обусловлены его взаимодействием с другими телами. Третий закон Ньютона количественно характеризует это взаимодействие.

Этот закон является прямым обобщением экспериментальных фактов.

Ньютон проделал следующие опыты:

Опыт N1:



В таз налил воды, из сухой дощечки вырезал две одинаковые лодочки. В одну из них он положил намагниченный стальной брусок, а в другую точно такой же брусок из железа. Лодочки положили в таз с водой.

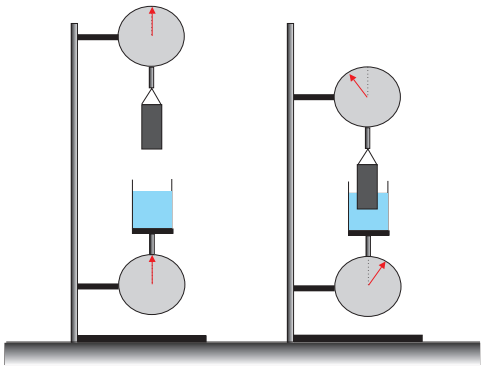
- Лодочку с железным бруском он отпустил, а нагруженную магнитом придержал рукой на месте. Повинуясь притяжению магнита, железный брусок потянул лодочку и вскоре пристал к магниту. Ничего удивительного в этом конечно не было, поскольку свойства магнита были хорошо известны.

- Ньютон снова развел лодочки в стороны, но на этот раз удержал на месте лодочку, нагруженную железным бруском, а лодочку с магнитом отпустил. Теперь лодочку с магнитом поплыла к железному бруску.

  Если бы Ньютон не знал, какой из брусков намагничен, он в этом опыте не смог бы отличить их друг от друга: железо притягивалось к магниту точно так же, как магнит притягивался к железу.

- После этого Ньютон опять развел лодочки к краям таза и отпустил их. Обе лодочки поплыли навстречу друг другу. Они столкнулись на середине таза и остановились. *Этот опыт убедил ученого, что магнит притягивает железо с такой же силой, с какой железо притягивает к себе магнит.*

Опыт N2:



Рассмотрим следующий (Видеоэксперимент). На верхний динамометр подвешен цилиндр. На нижний установлен сосуд с водой. Верхний динамометр опускается настолько, чтобы цилиндр оказался в воде.

- В данном опыте взаимодействуют цилиндр и вода: вода выталкивает цилиндр, а цилиндр давит на воду.

Physics.spb.ru

- В результате показания динамометров изменятся на одинаковую величину, верхний динамометр покажет уменьшение веса цилиндра, а нижний увеличение силы давления воды на нижний динамометр.
- *Сила с которой цилиндр давит на воду равна по величине силе с которой вода выталкивает цилиндр. И эти силы направлены противоположено.*

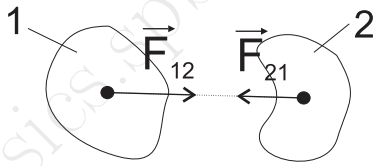
Подобных опытных фактов можно привести много:

Книга давит на стол - стол на книгу, вода выталкивает погруженное в нее тело - тело давит на воду и т.д.

Результаты своих наблюдений Ньютон сформулировал так:

"Действительно всегда есть равное и противоположенное противодействие" или иначе *"Взаимодействие двух тел друг на друга между собой равны и направлены в противоположенные стороны."*

Law ➡ ***Третий закон Ньютона:*** ***Силы, с которыми тела действуют друг на друга, равны по величине и противоположены по направлению:***



Physics.spb.ru

$$\boxed{\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}} \tag{7}$$

Силы "действующая"и "противодействующая"обязательно одной природы и приложены к разным телам. NB!

Деление сил на "действующие"и "противодействующие"условно. Т.к. эти силы приложены к разным телам, поэтому они не могут уравновешивать друг друга. Если рассматривать отдельные тела, то складывать эти силы бессмысленно. Также бессмысленно говорить о равнодействующей этих сил, поскольку будет неясно к какому телу должна быть приложена эта равнодействующая.

Что можно сказать о движении взаимодействующих тел? Каковы их ускорения?

Пример I: Допустим человек прыгает с лодки на берег, при этом он отталкивает лодку с силой $F_1 = m_1 a_1$. Лодка действует на человека с силой $F_2 = m_2 a_2$. Тогда

$$\begin{aligned} \text{III з.Н.} \quad &: \quad \vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \\ \text{II з.Н.} \quad &: \quad \vec{F}_1 = m_1\vec{a}_1; \quad \vec{F}_2 = m_2\vec{a}_2 \end{aligned}$$

$$m_1\vec{a}_1 = -m_2\vec{a}_2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}}$$

Ускорения, полученные телами, обратно пропорциональны их массам.

На что указывает знак минус?

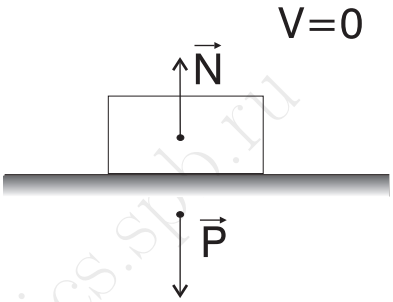
Ускорения имеют противоположенные направления

Пример II: Тело падает на Землю: $F_1 = m_1 g$. По III закону Ньютона Земля должна притягиваться к телу с силой $\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$. При этом $F_2 = Ma$.

$$\frac{a}{g} = \frac{m}{M}$$

Т.е. ускорение, полученное Землей, во столько раз меньше ускорения свободного падения g, во сколько раз масса тела меньше массы Земли.

Пример III: Рассмотрим тело, покоящееся на поверхности Земли, и рассмотрим силы, которые действуют на тело. Для начала возьмем силу нормальной реакции опоры.

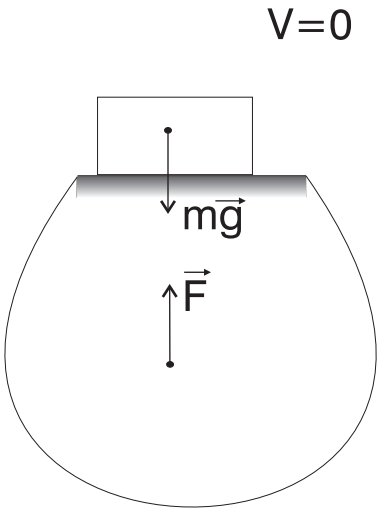


Physics.spb.ru

Сила, которая будет ей равна по III закону Ньютона, это сила, с которой тело давит на опору, т.е. вес тела.

$$\vec{P} = -\vec{N}$$

Далее рассмотрим силу тяжести, действующую на тело. Это сила, с которой Земля притягивает к себе тело.



Сила, которая будет ей равна по III закону Ньютона, это сила, с которой тело притягивает к себе Землю.

$$m\vec{g} = -\vec{F}$$

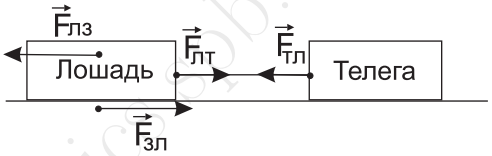
Рассмотрим систему тел: Если мы рассматриваем не отдельные тела, а систему взаимодействующих тел, то по III закону Ньютона все внутренние силы системы попарно равны и противоположено направлены. Следовательно,

векторная сумма внутренних сил всякой механической системы равна нулю.

Из этого вытекает важный закон механики:

Внутренние силы системы не могут изменить положение центра масс системы, т.е. внутренние силы не могут сдвинуть всю систему с места как единое целое

Пример I: Мюнхгаузен не мог вытащить из болота и себя и коня, дернув за косичку.
Пример II: подвешенный над землей мотоцикл, сколько мотор ни вращал колеса, не движется, пока его не опустят на Землю и колеса не придут во взаимодействие с полом (т.е. появится "внешняя сила")
Пример III: Как объяснить почему лошадь тянет телегу?



Physics.spb.ru

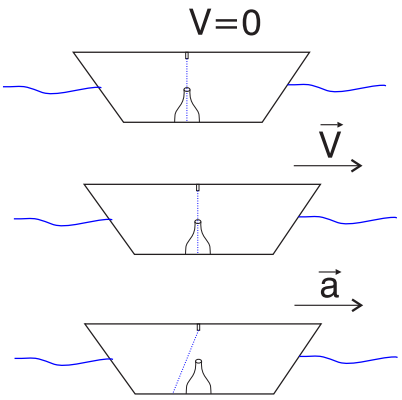
$$\vec{F}_{лт} = -\vec{F}_{тл}$$
$$\vec{F}_{зл} = -\vec{F}_{лз}$$

Если $F_{лз} > F_{лт}$, то лошадь может прийти в движение и тянуть телегу. Т.о. система "лошадь-телега"может перейти в движение лишь в том случае, если будет еще одно тело - Земля, взаимодействие лошади с Землей является внешней силой по отношению к системе "лошадь-телега".

3.6 Принцип относительности Галилея.

В какой именно инерциальной системе отсчета рассматривается изучаемое механическое движение - совершенно безразлично.

Впервые это обстоятельство было осознано Галилеем. Рассматривая механические явления в закрытой каюте корабля, Галилей пришел к выводу, что они происходят одинаково независимо от того, покоится корабль или движется равномерно и прямолинейно.



Галилей рассматривал следующие простые опыты. В неподвижном корабле капли воды из подвешенного к потолку ведерка попадают в сосуд с узким горлышком, подставленный

снизу. Бросая предмет по направлению к носу корабля, не придется применять большую силу, чем бросая его на то же расстояние в сторону кормы. Прыгая в длину, вы сделаете прыжок на одно и то же расстояние независимо от его направления.

При равномерном движении корабля с какой угодно скоростью в отсутствии качки во всех этих явлениях не удастся обнаружить ни малейшего изменения. Например, падающие капли будут по-прежнему падать в горлышко подставленного сосуда, несмотря на то, что за время падения капли сосуд вместе с кораблем успевает переместиться на значительное расстояние.

Ни одному из этих явлений не удастся установить движется ли корабль равномерно и прямолинейно или покоится на месте.

Из подобных опытов следует, что никакой самый тонкий механический эксперимент не позволяет нам выделить из совокупности инерциальных систем, какую-либо одну преимущественную систему отсчета.

Отсюда вытекает, что не может быть речи об абсолютном покое или абсолютном движении в какой-либо инерциальной системе отсчета.

Этот фундаментальный закон природы назвали принципом относительности Галилея:

Law ➡ ***Во всех инерциальных системах отсчета механические процессы протекают одинаково.***

или иначе

Law ➡ ***Все инерциальные системы отсчета равноправны.***

Physics.spb.ru

Этот принцип является одной из основ современного физического миропонимания.

Таким образом, если все механические явления протекают одинаково в ИСО, то законы Ньютона, описывающие эти явления, во всех ИСО должны иметь одинаковую форму.

NB! *При переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую инерциальную систему отсчета некоторые величины останутся неизменными, а некоторые поменяют свое значение.*

Рассмотрим падение тела на Землю. Будем рассматривать это движение с Земли и с поезда, который движется равномерно и прямолинейно. И в том и в другом случае тело будет свободно падать за одно и то же время. Следовательно ускорение, приобретаемое телом, будет одинаковым в двух ИСО связанных с Землей и поездом.

А поскольку это ускорение является следствием притяжения Земли, то и сила этого взаимодействия будет одинаковой.

Таким образом:

При переходе из одной ИСО в другую ИСО ускорения и силы остаются неизменными, а меняться будут координаты тела и скорость тела.

Def. В физике величины, которые остаются неизменными при некоторых преобразованиях, например, переходе в другую СО, называют инвариантами относительно данных преобразований

Таким образом

Ускорение и сила - инварианты для перехода из одной ИСО в другую ИСО.

В классической механике понятие места пространства(координаты) и скорости - относительны, а понятия ускорения и силы - абсолютны

Анализ принципа относительности Галилея, проделанный А.Эйнштейном, привел его в 1905 году к выводу, что этот принцип является одним из фундаментальных законов природы, который применим не только к механическим, но и к любым явлениям - тепловым, электромагнитным, оптическим и т.д. Это позволит ему сформулировать общий принцип относительности, называемый принципом относительности Эйнштейна:

Law ➡ ***Во всех инерциальных системах отсчета все явления природы протекают одинаково.***

Physics.spb.ru