

Тема 1.2. Основы динамики

Содержание учебного материала

1. Основная задача динамики.
2. Сила.
3. Масса.
4. Законы механики Ньютона.
5. Силы в природе.
6. Сила тяжести и сила всемирного тяготения.
7. Закон всемирного тяготения.
8. Первая космическая скорость.
9. Движение планет и малых тел Солнечной системы.
10. Вес.
11. Невесомость.
12. Силы упругости.
13. Силы трения

1. Основная задача динамики.

Динамика – раздел механики, в котором изучают закономерности механического движения материальных тел под действием приложенных к ним сил и причины возникновения у тел ускорений.

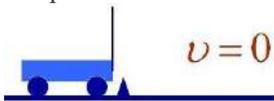
Основная задача динамики состоит в том, чтобы по известным законам движения определить силы, действующие на тело.

Изменение скорости тела происходит под действием другого тела. Покажем это.

Опыт с тележками. К тележке прикрепим упругую пластинку. Затем изогнем ее и свяжем нитью. Тележка относительно стола находится в покое.



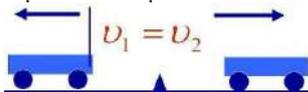
Станет ли двигаться тележка, если упругая пластинка выпрямится? Для этого перережем нить. Пластинка выпрямится. Тележка же останется на прежнем месте.



Затем вплотную к согнутой пластинке поставим еще одну такую же тележку.



Вновь пережем нить. После этого обе тележки приходят в движение относительно стола. Они разъезжаются в разные стороны.

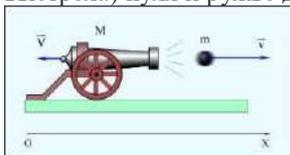


Чтобы изменить скорость тележки, понадобилось второе тело. Опыт показал, что **скорость тела меняется только в результате действия на него другого тела** (второй тележки). В нашем опыте мы наблюдали, что в движение пришла и вторая тележка. Обе стали двигаться относительно стола.

Тележки действуют друг на друга, т.е. они **взаимодействуют**. Значит, действие одного тела на другое не может быть односторонним, оба тела действуют друг на друга, т. е. взаимодействуют.

Действие тел друг на друга называют взаимодействием.

Пуля также находится в покое относительно ружья перед выстрелом. При взаимодействии (во время выстрела) пуля и ружье движутся в разные стороны. Получается явление - отдачи.



Если человек, сидящий в лодке, отталкивает от себя другую лодку, то происходит взаимодействие. Обе лодки приходят в движение.



Если человек прыгает с лодки на берег, то лодка отходит в сторону, противоположную прыжку. Человек подействовал на лодку. В свою очередь, и лодка действует на человека. Он приобретает скорость, которая направлена к берегу.



Итак, в результате взаимодействия оба тела могут изменить свою скорость.

В повседневной жизни мы постоянно встречаемся с различными видами воздействий одних тел на другие. Чтобы открыть дверь, нужно «подействовать» на нее рукой, от воздействия ноги мяч летит в ворота, даже присаживаясь на стул, вы действуете на него. В то же время, открывая дверь, мы ощущаем ее воздействие на нашу руку, действие мяча на ногу особенно ощутимо, если вы играете в футбол босиком, а действие стула не позволяет нам упасть на пол. То есть действие всегда является взаимодействием: если одно тело действует на другое, то и другое тело действует на первое.

Эти примеры подтверждают вывод ученых о том, что в природе мы всегда имеем дело с взаимодействием, а не с односторонним действием.

Величину, характеризующую взаимодействие тел, называют силой.

2. Сила.

Сила — физическая величина, которая количественно характеризует действие одного тела на другое.

- обозначение силы

Сила – векторная величина; она характеризуется:

- модулем (абсолютной величиной);
- направлением;
- точкой приложения.



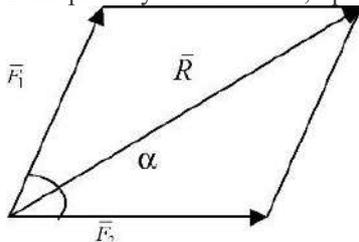
Измеряется при помощи прибора «динамометр». Простейший динамометр состоит из пружины с двумя крючками, закрепленной на дощечке. На дощечку нанесена шкала.



Единица измерения силы в Международной системе единиц (СИ) - *Ньютон*, обозначение [Н].

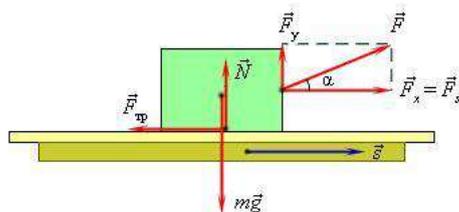
Если на тело одновременно действуют несколько сил (например, F_1 , F_2 и F_3) то под силой, действующей на тело, нужно понимать **равнодействующую всех сил**: $F = F_1 + F_2 + F_3$

Равнодействующая сил – это сила, действие которой заменяет действие всех сил, приложенных к телу. Это векторная сумма этих сил, приложенных к телу.



Принцип суперпозиции сил: если тело взаимодействует одновременно с несколькими телами, то **резльтирующая сила**, действующая на данное тело, **равна векторной сумме сил**, действующих на это тело со стороны всех других тел.

Для тела, движущегося по поверхности:



$$\vec{F}_{рез} = \vec{F}_{тр} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}$$

В басне Крылова "Лебедь, рак и щука" они не могли сдвинуть телегу, т.к. равнодействующая сил, приложенных к телеге была равна нулю.



3. Масса.

Масса тела – это физическая величина, выражающая его инертность.

Любое тело обладает массой. Масса обозначается буквой m .

Единица измерения массы в СИ – **1 килограмм [кг]**.

Килограмм — это масса эталона. Эталон килограмма находится в городе Севре около Парижа.



Измеряется масса с помощью весов (взвешиванием) и по ускорению при взаимодействии с эталоном.



4. Законы механики Ньютона.

Основу динамики составляют три закона Ньютона, которые справедливы для макроскопических тел, скорость движения которых много меньше скорости движения света в вакууме.

Первый закон Ньютона - *Существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если на него не действуют другие тела (или действие других тел скомпенсировано).*

$R=0; v=const$

R - равнодействующая всех сил, приложенных к телу

v - скорость тела

Альтернативные формулировки:

1. **Первый закон Ньютона** - если на тело не действует внешняя сила, то тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.
2. **Первый закон Ньютона** - материальная точка сохраняет состояние покоя или равномерного движения до тех пор, пока внешние воздействия не изменят этого состояния.

Первый закон Ньютона – закон инерции. **Инерцией** называют явление сохранения скорости движения тела при отсутствии внешних воздействий или при их компенсации.

Условия инерции:

а) если действия нет ($R=0$) – покой, $v=0$;

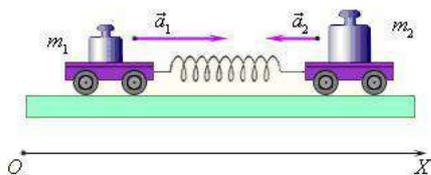
б) если действия скомпенсированы ($R=0$) – движение равномерное прямолинейное ($v=const$)

Системы отсчета, в которых выполняется **Первый закон Ньютона**, называются инерциальными системами отсчета. Все системы отсчета, движущиеся прямолинейно и равномерно относительно данной инерциальной системы отсчета, тоже являются инерциальными.

Инерциальная система отсчета (ИСО) – система отсчета относительно которой тело, при отсутствии внешних воздействий или при их компенсации, движется прямолинейно и равномерно.

Явление инерции позволяет определить **массу** тел. Если два тела взаимодействуют между собой, то приобретаемые ими скорости зависят от массы этих тел. Чем тело массивнее, тем меньшую скорость оно приобретает (говорят, что тело **более инертное**). Чем тело менее массивное, тем большую скорость оно приобретает (**менее инертное**). Вспомните, что проще сдвинуть яблоко или арбуз?

Опыт по столкновению двух тележек.



Отношение масс тел при их взаимодействии равно обратному отношению модулей ускорений:

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

Свойство тела, от которого зависит его ускорение при взаимодействии с другими телами, называется инертностью.

Одни тела более инертны, другие менее инертны (разгон легкового автомобиля и грузового, столкновение пластмассового шарика и стального – у какого шарика будет больше ускорение при столкновении? У пластмассового, т.к. он легче или, как говорят физики, менее инертен)

Опыт № 1. Инертность тела. (Объяснение опыта: любое тело старается сохранить состояние покоя или равномерного прямолинейного движения. Когда бумажную ленту тянут медленно, то за ней движется колба, если же ленту вырывают быстро она остается на месте, т.е. сохраняет состояние покоя.)

Опыт № 2. Инертность тела. (Объяснение опыта: Любое тело старается сохранить состояние покоя или равномерного прямолинейного движения. Если медленно двигать подставку, то шарик движется вместе с ней, а если резко выбить подставку шарик остается на месте.)

Количественная мера инертности тела – масса тела.

Второй закон Ньютона — Ускорение тела пропорционально силе, действующей на тело и обратнопропорционально массе этого тела.

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

F — Сила действующая на тело

m — Масса тела

a — Ускорение тела

Альтернативная формулировка:

Второй закон Ньютона — Сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой силой ускорение

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

Закон справедлив для любых сил

Из **Второго закона Ньютона** следует:

- приложенная к телу сила определяет его ускорение;

- сила – причина изменения движения (скорости);

Ускорение, приобретаемое материальной точкой в инерциальной системе отсчета:

- Прямо пропорционально действующей на точку силе;

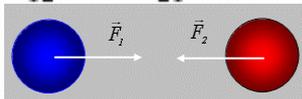
- Обратно пропорционально массе точки;

- направление ускорения всегда совпадает с направлением силы;

Если на тело одновременно действуют несколько сил (например, F₁, F₂ и F₃) то под силой в формуле, выражающей второй закон Ньютона, нужно понимать равнодействующую всех сил: F=F₁+F₂+F₃

Третий закон Ньютона - Тела действуют друг на друга с силами, направленными вдоль одной прямой, равными по модулю и противоположными по направлению.

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



F₂ — Сила действующая на 2 предмет

F₁ — Сила действующая на 1 предмет

Эти Силы:

- действуют вдоль одной прямой;

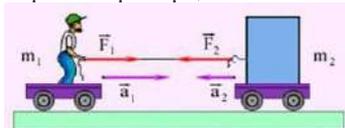
- направлены в противоположные стороны;

- равны по величине;

- приложены к разным телам, поэтому не уравновешивают друг друга;

- одинаковой природы.

На картинке показан как действует **третий закон Ньютона**. Человек воздействует 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.



Третий закон выполняется во всех случаях при взаимодействии тел. Силы взаимодействия имеют одинаковую природу.

5. Силы в природе.

В природе существуют различные силы.

Гравитационные силы действуют между всеми телами – все тела притягиваются друг к другу. Но это притяжение существенно лишь тогда, когда хотя бы одно из взаимодействующих сил так же велико, как Земля или луна.

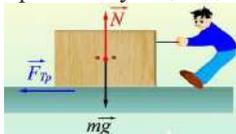
Электромагнитные силы действуют между заряженными частицами. В атомах, молекулах, живых организмах именно они являются главными.

Область **ядерных сил** очень ограничена. Они заметны только внутри атомных ядер (т.е. на расстоянии 10^{-12} см.)

Слабые взаимодействия проявляются на ещё меньших расстояниях. Они вызывают превращение элементарных частиц друг в друга.

Основные виды сил: сила тяжести, сила трения, сила упругости.

1. При соприкосновении двух движущихся тел возникает сила, направленная против движения и препятствующая движению - сила трения.



Сила трения — это сила, возникающая при движении одного тела по поверхности другого, приложенная к движущемуся телу и направлена против движения.

Сила трения — это сила **электромагнитной природы**.

Возникновение силы трения объясняется **двумя причинами:**

- 1) Шероховатостью поверхностей
- 2) Проявлением сил молекулярного взаимодействия.

Силы трения всегда направлены по касательной к соприкасающимся поверхностям и **подразделяются** на *силы трения покоя, силы трения скольжения, силы трения качения.*

$F_{тр} = m \cdot N$, где m – коэффициент трения, N – сила реакции опоры.

2. Сила упругости – сила, которая возникает при любом виде деформации тел и стремится вернуть тело в первоначальное состояние.

$F_{упр\ x} = -k \cdot x$, где k – жесткость тела [Н/м], x - абсолютное удлинение тела.

Сила упругости перпендикулярна поверхности взаимодействующих тел и направлена всегда против деформации.

3. Почему мяч, выпущенный из рук, падает вниз? Почему прыгнувший вверх человек вскоре снова оказывается внизу? У этих явлений одна и та же причина – притяжение Земли. Наблюдения за природными объектами показывают, что все окружающие тела ощущают притяжение к Земле. Падает вниз вода фонтанов, водопадов и листья деревьев.

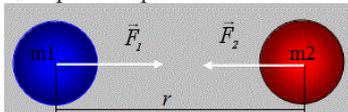
6. Сила тяжести и сила всемирного тяготения.

Сила тяжести – сила, с которой тела притягиваются к Земле, сила притяжения тел к Земле.

$$F_{тяж} = m \cdot g$$

Сила тяжести всегда направлена вертикально вниз к поверхности Земли. Сила тяжести направлена к центру Земли. *Сила тяжести — это гравитационная сила, приложенная к центру тела.*

Сила тяжести – одно из проявлений силы всемирного тяготения. Закон всемирного тяготения был открыт И. Ньютоном в 1682 году. Еще в 1665 году 23-летний Ньютон высказал предположение, что силы, удерживающие Луну на ее орбите, той же природы, что и силы, заставляющие яблоко падать на Землю. По его гипотезе между всеми телами Вселенной действуют силы притяжения (гравитационные силы), направленные по линии, соединяющей центры масс. У тела в виде однородного шара центр масс совпадает с центром шара.



7. Закон всемирного тяготения.

Согласно теории Ньютона, между всеми телами во вселенной действуют силы взаимного притяжения.

Изучая законы движения планет, Исаак Ньютон в 1682 году открыл Закон всемирного тяготения, который описывает это взаимодействие.

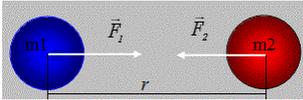
Закон всемирного тяготения. Все тела притягиваются друг к другу с силой, модуль которой прямо пропорционален произведению их масс и обратнопропорционален квадрату расстояния между ними.

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad \text{- закон всемирного тяготения.}$$

G – постоянная всемирного тяготения или гравитационная постоянная.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$$

Силы тяготения всегда является силами притяжения. Действуют силы тяготения всегда попарно (по третьему закону Ньютона), векторы сил тяготения приложены к центрам масс тел и направлены вдоль одной прямой навстречу друг другу.



Многие явления в природе объясняются действием сил всемирного тяготения. Движение планет в Солнечной системе, движение искусственных спутников Земли, траектории полета баллистических ракет, движение тел вблизи поверхности Земли – все эти явления находят объяснение на основе закона всемирного тяготения и законов динамики.

Одним из проявлений силы всемирного тяготения является **сила тяжести**. Так принято называть *силу притяжения тел к Земле вблизи ее поверхности*.

Обозначим M – масса Земли; m – масса тела; R – радиус Земли, тогда сила тяготения

$$F = G \frac{M \cdot m}{R^2} = mg$$

- сила тяжести.

m - масса тела

g – ускорение свободного падения.

Сила тяжести направлена к центру Земли. *Сила тяжести — это гравитационная сила, приложенная к центру тела.*

$$g = \frac{F}{m} = \frac{GMm}{R^2 m} = \frac{GM}{R^2}$$

Из закона Всемирного тяготения: $g = \frac{F}{m} = \frac{GMm}{R^2 m} = \frac{GM}{R^2}$, где M - масса планеты, m - масса тела, R - расстояние до центра планеты; g - ускорение силы тяжести. Значит g не зависит от массы тела. В отсутствии других сил тело свободно падает на Землю с ускорением свободного падения.

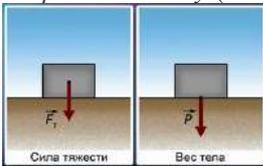
$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – среднее значение ускорения свободного падения для различных точек поверхности Земли.

$$g = \frac{GM}{(R+h)^2}$$

На высоте h ускорение свободного падения равно

При удалении от поверхности Земли сила земного тяготения и ускорение свободного падения изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния r до центра Земли.

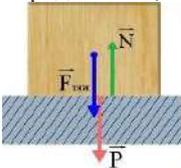
Силу тяжести с которой тела притягиваются к Земле, нужно отличать от веса тела. В отличие от силы тяжести, являющейся гравитационной силой, приложенной к телу, **вес** – это упругая сила, приложенная к опоре или подвесу (т.е. к связи).



Вес тела – это сила, с которой тело вследствие притяжения к Земле действует на опору или подвес.

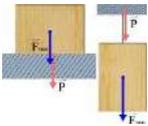
При этом предполагается, что тело **неподвижно относительно опоры или подвеса**.

Пусть тело лежит на неподвижном относительно Земли горизонтальном столе. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать **инерциальной**. На тело действуют сила тяжести $F_m = mg$, направленная вертикально вниз, и сила упругости $F_{уп} = N$, с которой опора действует на тело. Силу N называют **силой нормального давления** или **силой реакции опоры**. По третьему закону Ньютона, тело должно действовать на опору с некоторой силой, равной по модулю силе реакции опоры и направленной в противоположную сторону. По определению, эта сила и есть вес тела: $P = -N$.

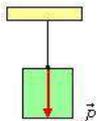


Силы, действующие на тело, уравновешивают друг друга: $F_m = -F_{уп} = -N$.

В соответствии с третьим законом Ньютона тело действует на опору с некоторой силой P , равной по модулю силе реакции опоры и направленной в противоположную сторону: $P = -N$. По определению, сила P и называется весом тела. Из приведенных выше соотношений видно, что $P = F_m = mg$, то есть вес тела равен силе тяжести. **Но эти силы приложены к разным телам!**



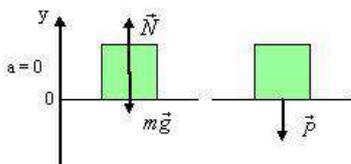
Вес тела можно определить при помощи динамометра. Если тело неподвижно висит на пружине, то роль силы реакции опоры (подвеса) играет упругая сила пружины. По растяжению пружины можно определить вес тела.



По растяжению пружины можно определить вес тела и равную ему силу притяжения тела Землей. Для определения веса тела можно использовать также **рычажные весы**, сравнивая вес данного тела с весом гирь на равноплечем рычаге. Приводя в равновесие рычажные весы путем уравнивая веса тела суммарным весом гирь, мы одновременно достигаем равенства массы тела суммарной массе гирь, независимо от значения ускорения свободного падения в данной точке земной поверхности.

Вес тела в различных условиях движения.

1. опора покоится или движется равномерно

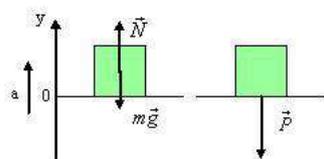


$N = mg$ – сила реакции опоры равна силе тяжести.

$P = N$ значит $P = mg$

Вес тела равен действующей на тело силе тяжести.

2. опора движется с ускорением a вверх.



$N - mg = ma$ - второй закон Ньютона

$N = mg + ma$

$P = N = m(g + a)$

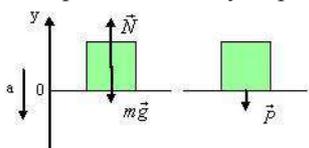
$P > mg$

Вес тела, движущегося с ускорением направленным вверх больше силы тяжести.

Увеличение веса тела, вызванное его ускоренным движением, называется **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.

3. опора движется с ускорением a вниз.



$mg - N = ma$ - второй закон Ньютона

$N = mg - ma$

$P = N = m(g - a)$

$P < mg$

Вес тела, движущегося с ускорением вниз уменьшается.

Падение тел в вакууме без начальной скорости называется **свободным падением**. При свободном падении $a=g$ из $P=m(g - g)$ следует, что $P = 0$, т.е. вес отсутствует.

Если тела движутся только под действием силы тяжести, т.е. свободно падают, то они находятся в состоянии **невесомости**. Оно возникает, например, в кабине космического корабля при его движении по орбите с выключенными реактивными двигателями.

8. Первая космическая скорость.

Первая космическая скорость (круговая скорость) — это минимальная скорость, при которой тело, движущееся горизонтально над поверхностью планеты, не упадет на неё, а будет двигаться по круговой орбите. Впервые первая космическая скорость была достигнута космическим аппаратом СССР «Спутник-1» 4 октября 1957 года.

Уравнение второго закона Ньютона для тела, принимаемого за материальную точку, движущегося по орбите вокруг планеты с радиальным распределением плотности, можно записать в виде.

$$ma = G \frac{Mm}{R^2},$$

где m — масса объекта,

a — его ускорение,

G — гравитационная постоянная,

M — масса планеты,

R — радиус орбиты.

В общем случае при движении тела по окружности с постоянной по модулю скоростью v

его ускорение равно центростремительному ускорению $\frac{v^2}{R}$. С учётом этого уравнение движения с первой космической скоростью v_1 приобретает вид^

$$m \frac{v_1^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}$$

Отсюда для первой космической скорости следует

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}}.$$

Радиус орбиты складывается из радиуса планеты R_0 и высоты над её поверхностью h

h. Соответственно, последнее равенство можно представить в виде

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_0 + h}}$$

Подставляя численные значения для орбиты, расположенной вблизи поверхности Земли v_1 — Первая космическая скорость

$h \approx 0$, (высота тела над поверхностью Земли)

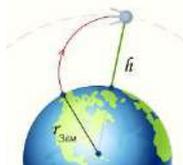
$M = 5,97 \cdot 10^{24}$ кг, (масса Земли)

$R_0 = 6\,371\,000$ м (радиус Земли, указывается в метрах),

$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м³·кг⁻¹·с⁻² (гравитационная постоянная)

, получаем

$$v_1 \approx 7900 \text{ м/с}$$



Полезная информация о первой космической скорости:

При удалении спутника от центра Земли на расстояние 42 200 км период обращения становится равным 24 часа, то есть времени обращения Земли вокруг своей оси. Если запустить на круговую орбиту спутник на такой высоте в сторону вращения Земли в плоскости экватора, то он будет висеть над одним и тем же местом поверхности Земли на высоте 35 800 км (геостационарная орбита).

С увеличением высоты орбиты первая космическая скорость уменьшается. Так, на высоте 100 км над поверхностью Земли она равна 7 844 м/с, а на высоте 300 км — 7 726 м/с[6].

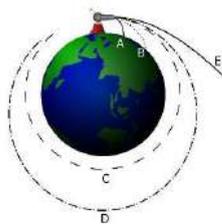
У поверхности Земли первая космическая скорость равна 7,9 км/с.

$$v_1 = \sqrt{gR}$$

g - Ускорение свободного падения у поверхности Земли

Если в момент выхода на орбиту космический аппарат имеет скорость равную **первой космической скорости**, перпендикулярно направлению на центр Земли, то его орбита (при отсутствии еще каких-нибудь сил) будет круговой.

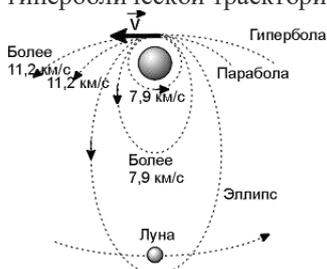
При скорости аппарата меньше, чем **первая космическая скорость**, его орбита, будет иметь форму эллипса, причём точка выхода на орбиту будет расположена в апогее. Если эта точка находится на высоте около 160 км, то сразу же после момента выхода на орбиту спутник попадает в лежащие ниже плотные слои атмосферы и сгорит. То есть, если космическому аппарату сообщается скорость меньше первой космической, то он движется по траектории, которая пересекается с поверхностью земного шара, т.е. аппарат падает на Землю. Для указанной высоты **первая космическая скорость** является минимальной для того, чтобы космический аппарат стал спутником Земли.



На больших высотах космический аппарат может стать спутником и при скорости, несколько меньших **первой космической скорости**, вычисленной для этой высоты. Так, на высоте 300 км космическому аппарату для этого достаточно иметь скорость на 45 м/сек меньшую, чем **первая космическая скорость**.

При начальной скорости больше 7,9 км/с, но меньше 11,2 км/с космический аппарат движется вокруг Земли по криволинейной траектории - эллипсу. Чем больше начальная скорость, тем все более вытянут эллипс.

При достижении некоторого значения скорости, называемого второй космической скоростью, эллипс превращается в параболу и космический корабль уходит от Земли безвозвратно. У поверхности Земли вторая космическая скорость равна 11,2 км/с. При скорости более второй космической тело движется по гиперболической траектории.



Так же есть:

$$v_2 = \sqrt{2 \frac{GM_3}{R+h}}$$

Вторая космическая скорость :

$$v_3 = \sqrt{(\sqrt{2} - 1)^2 v_1^2 + v_2^2},$$

Третья космическая скорость:

9. Движение планет и малых тел Солнечной системы.

В микромире при взаимодействии элементарных частиц – атомов, молекул – ядерные и электромагнитные взаимодействия являются главенствующими. Наблюдать гравитационное взаимодействие элементарных частиц практически невозможно. Ученым приходится прибегать к очень большим ухищрениям для того, чтобы измерить гравитационное взаимодействие тел, масса которых составляет сотни, тысячи килограмм. Однако в космических масштабах все остальные взаимодействия, кроме гравитационного, практически незаметны. Движение планет, спутников, астероидов, комет, звезд в галактике полностью описывается гравитационным взаимодействием.

Движение космических тел наблюдалось человеком очень давно. Еще в Древней Греции были придуманы модели движения планет Солнечной системы вокруг Солнца. Эти модели были очень сложными, поскольку видимое движение планет по небу описывается очень сложными линиями, они были названы эпициклами. Первая попытка описания вселенной была предпринята в Древней Греции во втором веке нашей эры Птолемеем

Он предложил поместить Землю в центр Вселенной, а движения планет описывались большими и малыми кругами, которые были названы эпициклами Птолемея.

Небесная сфера — это воображаемая сфера произвольного радиуса, центр которой совмещается с той или иной точкой пространства, на которую проецируются небесные тела.

Ось мира - прямая, проходящая через центр небесной сферы параллельно оси вращения Земли, пересекающая небесную сферу в двух диаметрально противоположных точках.

Эклиптика – это большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годовое движение Солнца. В плоскости эклиптики лежит путь Земли вокруг Солнца, т. е. ее орбита. Она наклонена к небесному экватору под углом 23°27' и пересекает его в точках весеннего (☉), около 21 марта) и осеннего (☾), около 23 сентября) равноденствия.

Астрономы для ориентации среди звёзд используют различные системы координат. Одной из них является экваториальная система координат. В её основе лежит небесный экватор.

Небесный экватор – это проекция земного экватора на небесную сферу.

Полюсы мира - точки пересечения **оси мира** – оси видимого вращения небесной сферы – с небесной сферой.

Круг склонения – это круг небесной сферы, проходящий через полюсы мира и наблюдаемое светило.

Прямое восхождение – это линия дуги небесного экватора от точки весеннего равноденствия до круга склонения – одна из координат экваториальной системы.

Склонение светила – это угловое расстояние светила от плоскости небесного экватора, измеренного вдоль круга склонения.

Склонение измеряют в градусной мере.

Среднее расстояние между Солнцем и Землёй называют астрономической единицей (а.е.):

$$1 \text{ а.е.} = 150 \cdot 10^6 \text{ км}$$

Если Коперник прав, то при движении Земли вокруг Солнца близкие звёзды периодически должны смещаться на фоне далеких звёзд.

Периодическое смещение звезды на фоне более далёких звёзд называется **параллактическим**, а угол π , под которым со звезды виден радиус земной орбиты, называется **параллаксом**.

$$r = \frac{a_0}{\sin \pi} = \frac{a_0}{\pi_{\text{рад}}} = \frac{a_0 \cdot 206265}{\pi''}$$

Параллакс звёзд мал, синус малого угла заменили самим углом, выраженном в радианной мере, а затем от радианной меры перешли градусную меру. 1 рад = 206265 секунд.

Парсек – расстояние, с которого радиус земной орбиты виден под углом в 1'':

$$1 \text{ пк} = 3 \cdot 10^{13} \text{ км}$$

Первый закон Кеплера: Все планеты Солнечной Системы движутся по некоторым кривым, которые называются эллипс. Эллипс – это одна из простейших математических кривых, так называемая кривая второго порядка. В Средние века их называли коническими пересечениями – если пересечь конус или цилиндр некоторой плоскостью, то получим ту самую кривую, по которой движутся планеты Солнечной системы.

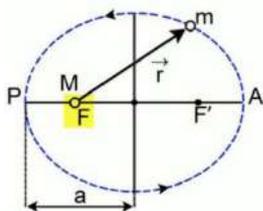


Рис. 3. Кривая движения планет

Эта кривая (рис. 3) имеет две выделенные точки, которые называются фокусы. Для каждой точки эллипса сумма расстояний от нее до фокусов одинакова. В одном из этих фокусов находится центр Солнце (F), ближайшая к Солнцу точка кривой (P) носит название перигелий, а самая дальняя (A) – афелий. Расстояние от перигелия до центра эллипса называется большой полуосью, а расстояние от центра эллипса по вертикали до эллипса малой полуосью эллипса.

Отношение расстояния между фокусами к большой оси (к наибольшему диаметру) называется эксцентриситетом e .

При совпадении фокусов с центром ($e = 0$) эллипс превращается в **окружность**;

при $e = 1$ становится **параболой**;

при $e > 1$ - **гиперболой**.

Ближайшая к Солнцу точка орбиты называется **перигелием**, самая далекая – **афелием**. Линия соединяющая какую-либо точку эллипса с фокусом, называется **радиус-вектором**.

Под действием силы притяжения одно небесное тело движется в поле тяготения другого небесного тела по одному из конических сечений – кругу, эллипсу, параболе или гиперболе.

Второй закон Кеплера: В процессе движения планеты по эллипсу радиус-вектор, соединяющий центр Солнца с этой планетой, описывает некоторую площадь. Например, за время Δt планета переместилась из одной точки в другую, радиус-вектор описал некоторую площадь ΔS .

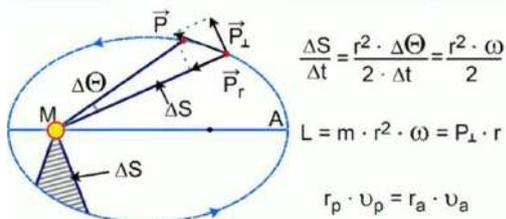


Рис. 4. Второй закон Кеплера

Второй закон Кеплера гласит: **за одинаковые промежутки времени радиус-вектора планет описывают одинаковые площади.**

На рисунке 4 изображен угол $\Delta \Theta$, это угол поворота радиус-вектора за некоторое время Δt и импульс планеты (\vec{P}), направленный по касательной к траектории, разложенный на две составляющие – составляющая импульса по радиус-вектору (\vec{P}_r) и составляющая импульсов, в направлении, перпендикулярном радиус-вектору (\vec{P}_\perp).

Произведем вычисления, связанные со вторым законом Кеплера. Утверждение Кеплера, что за равные промежутки проходятся равные площади, означает, что отношение этих величин есть величина постоянная. Отношение этих величин часто называют секторальной скоростью, это скорость изменения положения радиус-вектора. Какова же площадь ΔS , которую заметает радиус-вектор за время Δt ? Это площадь треугольника, высота которого примерно равна радиус-вектору, а основание примерно равно $r \Delta\omega$, воспользовавшись этим утверждением, напишем величину ΔS в виде $\frac{1}{2}$ высоты на основание и разделим на Δt , получим выражение:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{r^2 \cdot \Delta\Theta}{2 \cdot \Delta t}$$

, это скорость изменения угла, то есть угловая скорость.

Окончательный результат:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{r^2 \cdot \Delta\Theta}{2 \cdot \Delta t} = \frac{r^2 \cdot \omega}{2}$$

Квадрат расстояния до центра Солнца, умноженный на угловую скорость движения в данный момент времени, есть величина постоянная.

Но если мы умножим выражение $r^2\omega$ на массу тела m , то получим величину, которую можно представить в виде произведения длины радиус-вектора на импульс в направлении, поперечном к радиус-вектору:

$$L = m \cdot r^2 \cdot \omega = P_{\perp} \cdot r$$

Эта величина, равная произведению радиус-вектора на перпендикулярную составляющую импульса, носит название «момент количества движения».

Второй закон Кеплера есть утверждение о том, что момент количества движения в гравитационном поле – величина сохраняющаяся. Отсюда следует простое, но очень важное утверждение: в точках наименьшего и наибольшего расстояния до центра Солнца, то есть афелий и перигелий, скорость направлена перпендикулярно к радиус-вектору, поэтому произведение радиус-вектора на скорость в одной точке равно этому произведению в другой точке.

$$r_p \cdot v_p = r_a \cdot v_a$$

Третий закон Кеплера: Куб большой полуоси орбиты тела, делённый на квадрат периода его обращения и на сумму масс тел, есть величина постоянная.

$$\frac{a^3}{T^2 \cdot (M_1 + M_2)} = \frac{G}{4 \cdot \pi^2}$$

T – период обращения одного тела вокруг другого тела на среднем расстоянии a ;

M_1 и M_2 – массы взаимодействующих тел;

G – гравитационная постоянная.

Для тел солнечной системы

$$T^2 = a^3$$

Сидерическим месяцем называется промежуток времени между двумя последовательными возвращениями Луны, при её видимом месячном движении, в одно и то же (относительно звёзд) место небесной сферы.

Синодический месяц (период) - интервал времени между двумя последовательными ново **Задача 1**луниями, равный 29,5 сут.

Солнечное затмение – астрономическое явление, которое заключается в том, что Луна закрывает полностью или частично Солнце от наблюдателя на Земле.

Лунное затмение – затмение Луны, которое наступает, когда она входит в тень, отбрасываемую Землёй.

Все затмения повторяются в том же порядке примерно через 18 лет и 11, 3 сут. Этот период у древних вавилонян назывался циклом Сароса.

Все затмения повторяются через цикл Сароса, если в этом периоде содержатся 5 високосных лет.

Прилив — это подъём воды в океане до самого высокого уровня, который происходит каждые 12 часов 26 минут.

Отлив – обратное явление, при котором вода в океане падает до самого низкого уровня.

Во время полнолуний и новолуний лунные и солнечные приливы складываются и наблюдаются самые большие приливы.

Когда Луна в первой или последней четверти действие Солнца вычитается из действия Луны и приливы бывают существенно меньшими.

Солнечная система представляет собой совокупность планет, вращающихся вокруг Солнца, само Солнце, а также спутники, малые планеты, кометы и астероиды.

Изучением планет, звезд и галактик занимаются ученые-астрономы. Конечно, современные приборы наблюдения, компьютерные программы, технические возможности дают большее представление о космосе, чем это было в прошлых веках. Однако многие представления о Вселенной до сих пор носят гипотетический характер, а значит будущим ученым, сегодняшним школьникам, останется огромный пласт для открытий в области изучения космоса.

Определение 2

Изучением Солнечной системы, звезд, галактик, их происхождения, и в целом происходящих во Вселенной процессов, занимается наука — **астрономия**.

Личность

В XVI веке **Николай Коперник** смог доказать, что Земля вращается и вокруг своей оси, и вокруг Солнца, также этот ученый открыл и обосновал вращение и остальных планет вокруг Солнца. С именем Коперника навсегда связано понятие Солнечной системы. В основе его труда лежала **гипотеза о гелиоцентрической системе мира**.

Определение 3

Солнце является звездой, 98% его массы приходится на такие элементы, как гелий и водород. Размер Солнца больше размера Земли в 110 раз. А масса настолько огромная, что превышает в 1000 раз массу всех планет системы взятых и взвешенных одновременно.

Обычно **Солнечная система** представляется графически как Солнце и восемь окружностей — путей, по которым проходят планеты. Все большие планеты находятся на определенном расстоянии и перемещаются по эллиптическим орбитам, не отклоняясь от них и не меняя направления движения, то есть планета вращается всегда по одинаковой траектории.

Невозможно, чтобы любая из планет вдруг начала вращаться обратно или сверху вниз. Само **понятие эллиптической орбиты** подсказывает, что в некоторых точках, дугах, планеты подходят к Солнцу ближе, а в некоторых отдаляются от него.

Как образовалась Солнечная система? Знания об образовании Солнечной системы носят характер гипотезы. Общепринято считать, что до появления Солнца и планет было гигантское межзвездное облако газа и пыли. Около 4,6 млрд лет назад произошло гравитационное возмущение, коллапс.

Частицы под воздействием гравитации стали подвижными, они начали притягиваться, так образовалось Солнце. Практически параллельно шло и образование планет. Ученые могут сделать такой вывод на основании наблюдения за другими космическими процессами, звездными системами и галактиками.

Чтобы попытаться оценить масштабы и бесконечность космоса, представьте, что Солнце — это всего лишь одна из 200 миллиардов звезд галактики Млечный путь. Сам Млечный путь чаще всего представляют графически как спираль, его части носят название Спиральные рукава. Солнце — звезда в рукаве Ориона. Но галактика Млечный путь далеко не единственная в космосе, у нее много соседей, например, часто называют цифру — 100 миллиардов других галактик.

Какие планеты и малые тела в нее входят

В Солнечную систему входит **восемь больших планет**. Обычно их представляют по порядку, то есть в той удаленности от Солнца, в которой они находятся: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Также объекты системы — это малые разнообразие тела.

Примечание

Что такое Плутон? Нередко можно встретить на рисунках с изображением Солнечной системы планету Плутон. Она считается карликовой планетой. Вопросы и споры вокруг статуса планеты и ее будущего решил Международный астрономический союз в 2006 году. Определив точнее критерии того, почему и по каким признакам небесное тело считается планетой, ученые перенесли Плутон в категорию карликовых планет и отнесли к малым космическим телам.

Определение 4

Малые тела Солнечной системы представляют собой объекты, космические тела, которые по своим признакам не относятся к планетам, — карликовые планеты, астероиды, кометы, метеоры, метеориты.

Физическая природа, таблица

Определение 5

Астрономической единицей принято называть расстояние, в среднем равное расстоянию между планетой Земля и Солнцем, «а. е.» (также «аи», «AU») равен 149 597 870,7 километров. Это внесистемная единица, которая служит для измерения расстояний между космическими телами — например, планетами, звездами, спутниками. Интересно, что закрепили за астрономической единицей именно такое исчисляемое (цифру в километрах) лишь в 2012 году.

Определение 6

Синодический период обращения — время, за которое небесное тело повторно окажется в точке начала отсчета, то есть пройдет полный путь по своей замкнутой траектории. Но важно понимать, что эта система измерения не точна, так как наблюдение происходит с другой планеты, с другого объекта. В нашем случае — с планеты Земля.

Планета	Расстояние от Солнца, в среднем, а.е.	Синодический период обращения, сутки	Период вращения вокруг оси	Масса, в массах Земли	Средняя плотность, кг/м ³	Число известных спутников
Меркурий	0.4	116	59 сут	0.055	5430	0
Венера	0.7	584	243 сут	0.815	5240	0
Земля	1	—	23 ч 56 мин	1	5515	1
Марс	1.5	1.88	24 ч 37 мин	0.107	3940	2

Юпитер	5.2	11.87	9 ч 50 мин	318	1330	61
Сатурн	9.6	29.67	10 ч 12 мин	95.2	700	31
Уран	19.2	84.05	17 ч 14 мин	14.5	1300	21
Нептун	30.1	164.49	16 ч 07 мин	17.2	1760	8

Планеты земной группы

Пояс астероидов внутри Солнечной системы поделит планеты на две большие группы. Первая из них — планеты земной группы, из названия следует, что эти планеты наиболее близко расположены к Земле. К этой группе отнесены Меркурий, Венера, Земля и Марс. Все эти планеты находятся под пристальным вниманием ученых — а в настоящее время доподлинно не известно, есть ли жизнь на других планетах, как на Земле.

Планеты объединяет не только строение, но и небольшие размеры, средняя плотность, медленное вращение вокруг осей, малое количество или полное отсутствие спутников.

Некоторые факты о планетах:

1. **Меркурий** — самая маленькая планета Солнечной системы, максимально близко расположенная к Солнцу. Как и многие планеты системы, получила название в честь бога из римской мифологии. Поскольку на Меркурии нет воды, а в слоях планеты много металла, объект имеет серый цвет. Расстояние между Солнцем и Меркурием составляет в среднем 57.9 млн км. Путь вокруг Солнца планета проходит за 88 суток, это же время принято считать планетарным годом. Однако солнечные сутки здесь составляют 176 земных. Средняя дневная температура — 67 °С, колебания составляют в течение суток от -190 °С до +427 °С.

2. **Венера** — желто-белая планета, у которой нет смены времен года в общем понимании, она вращается противоположно движению большинства планет, то есть по часовой стрелке. Получила название в честь богини римской мифологии. Это самая жаркая планета в системе: температура в течение года — 462 °С в среднем. Эта же планета самая «капризная»: грозы, молнии, ураганы, кислотные дожди идут и бушуют здесь постоянно. Год здесь составляет 224 суток относительно земного года. Но вращается вокруг своей оси Венера довольно медленно. День в земном исчислении здесь длится почти 8 месяцев.

3. **Земля** — третья по расположению планета от Солнца, светло-голубого оттенка. Этот оттенок возможен благодаря атмосфере — газовой оболочке, высота которой достигает 550 километров. Многие задаются вопросом «почему Земля не названа в честь богов мифологии?». Как бы это ни звучало парадоксально, в прошлом никто и не представлял даже гипотетически, что Земля — тоже планета. Название получила она позже, когда науке стало очевидно, что Земля — тоже планета. И в русском, и в английском языках, как следует из названия, «имя планеты» обозначает землю, грунт, низ. Период вращения Земли вокруг оси составляет примерно 24 часа. Земля имеет свой космический спутник — Луну.

4. **Марс** — красно-оранжевая планета, четвертая от Солнца, получившая название в честь бога войны древнеримской мифологии. Ее спутники — Фобос и Деймос. Пожалуй, самая изученная земляными планета, так как продолжительное время считалось, что жизнь на Марсе возможна. Последние выводы ученых говорят о том, что на настоящий момент здесь могут выжить только бактерии. Планета пронизана кратерами, вулканами и пустынями. Это единственная планета, где период вращения вокруг своей оси составляет 24 ч 37 мин — примерно за это же время Земля делает свой поворот. Здесь даже отчетливо различимы времена года — весна и лето длятся больше половины года, зимой температура на полюсе составляет около -153 °С, а летом на экваторе — +20 °С.

Общее строение у планет земной группы:

1. Планеты имеют центральное ядро, состоящее из железа с некоторым количеством никеля.
2. Силикат обнаруживается в мантии — слой, между ядром и корой.
3. Кора есть у всех планет этой группы, однако Меркурий потерял кору из-за метеоритной бомбардировки.

Планеты-гиганты

В Солнечной системе планетами-гигантами являются Нептун, Сатурн, Уран и Юпитер. Интересно, что они обладают большим количеством спутников, их вращение происходит быстро, все они имеют кольца и состоят из веществ в жидком или газообразном состоянии. Есть мнение, что эти планеты защищают планеты земной группы от метеоритных бомбардировок.

- **Юпитер** — пятая планета от Солнца, получившая название по имени бога древнеримской мифологии. Здесь часто происходят штормы, блещут молнии и полярные сияния. Планета водорода и гелия самая большая в нашей системе, имеет желто-серый цвет. Его температура около -145 °С. А свою ось она проходит всего за 9,916 часа. У этой планеты есть своя изюминка: четыре кольца Юпитера, состоящие из пыли и космического мусора, а также огромное число спутников. Сейчас их насчитывается 79, самых известные и большие среди них: Ио, Ганимед, Каллисто и Европа (на этом спутнике есть океан и даже кислород). Большое количество спутников объясняется достаточно очевидным фактом: благодаря размерам, массе и гравитации Юпитер притягивает объекты.

- **Сатурн** — шестая планета от Солнца, светло-желтого цвета, занимает второе место в рейтинге «планеты по размерам». Красивая планета, полностью состоящая из газов, лучше своих «соседей» запоминается визуально, так как она отчетливо опоясана кольцом. Сутки тут длятся 10,5 часов — немногим больше, чем у

Юпитера. А вот по количеству спутников Сатурн опережает Юпитер — открыто 82 его естественных спутника.

Сатурн и Юпитер — планеты высокой значимости для Земли. Гравитация этих планет уводит опасные астероиды, которые могли бы достигнуть обитаемой планеты, но этого не происходит.

- **Уран** — холодная планета с температурой $-224\text{ }^{\circ}\text{C}$ получила название в честь греческого бога. Планета седьмая в Солнечной системе, сутки тут длятся около 17 часов. Важная и до конца неизученная особенность планеты заключается в том, что ее ось находится в «лежачем положении», можно представить, что север или юг находится там, где у других планет запад и восток. И, если в основном движение планет сравнивают с вращением баскетбольного мяча на пальце, то здесь вращение больше напоминает вращение мяча футбольного после паса в сторону ворот.

- **Нептун** — планета ярко-голубого цвета, названная в честь бога морей, ее отличает скорость перемещения атмосферных масс — здесь царят ураганы со скоростью 600 м/с. Нептун — самая удаленная от Солнца планета и самая холодная ($-221\text{ }^{\circ}\text{C}$), такая температура удерживает в состоянии льда неисчислимые запасы воды. У планеты 14 спутников и даже насчитывается шесть колец.

Движение малых тел солнечной системы

Солнечная система — это система, в которой находятся Солнце и все тела, которые вращаются вокруг него под его гравитационным воздействием. В солнечной системе есть несколько крупных тел, таких как планеты, и множество малых тел, таких как карликовые планеты, кометы, астероиды и метеороиды. Движение этих малых тел очень интересно и является предметом изучения астрономии.

Астероиды — это малые космические объекты, которые вращаются вокруг Солнца, находясь при этом ближе к нему, чем планеты. Они имеют неправильную форму и различные размеры — от нескольких метров до нескольких сотен километров. Большинство астероидов находится в поясе астероидов между орбитами Марса и Юпитера. Также есть астероиды, которые перемещаются вне пояса.

Движение астероидов часто нестабильно, они могут пересекаться с орбитами планет и подвергаться их гравитационным воздействиям. Некоторые астероиды могут столкнуться с Землей и вызвать катастрофические последствия.

Кометы — это малые тела, состоящие из льда, камней и пыли. Они имеют ядра, которые могут быть разных размеров — от нескольких метров до нескольких километров. Когда комета приближается к Солнцу, лед в ее ядре начинает испаряться и образует яркую хвостатую атмосферу — кому.

Движение комет очень непредсказуемо, поскольку могут изменяться их орбиты под воздействием гравитационных сил планет и других космических тел. Кроме того, кометы могут разрушаться при приближении к Солнцу и сталкиваться с другими объектами в космосе.

Карликовые планеты — это космические объекты, которые имеют размеры между астероидами и планетами, но не являются ни тем, ни другим. В нашей солнечной системе есть пять карликовых планет — Плутон, Эрида, Макемаке, Хаумеа и Церера.

Движение карликовых планет достаточно стабильно, поскольку они находятся вне пояса астероидов и их орбиты не пересекаются с орбитами планет. Однако, некоторые из них могут быть подвержены гравитационному воздействию других космических объектов, что может привести к изменению их орбит.

Метеороиды — это малые частицы пыли и камней, которые движутся в космосе со скоростями до нескольких десятков километров в секунду. Когда метеороиды входят в атмосферу Земли, они нагреваются и испаряются, образуя яркие следы — метеоры.

Движение метеороидов в космосе непредсказуемо, поскольку они испытывают влияние гравитационных сил планет и других объектов. Кроме того, метеороиды могут сталкиваться друг с другом, образуя более крупные объекты, такие как астероиды и кометы.

<https://resh.edu.ru/subject/lesson/3918/conspect/48520/>

<https://mks-onlain.ru/dvizheniye-malykh-tel-solnechnoy-sistemy/>

10. Вес.

Вес является силой, образованной в поле сил тяжести, с которой тело оказывает действие на опору, подвес, какое-либо крепление, препятствующее падению.

Обозначают вес тела с помощью буквы P . Единицами, в которых может выражаться вес тела, являются Ньютоны (Н).

Примечание

Вышеизложенное определение веса тела принято в русскоязычной научной литературе. Кроме данной трактовки, в англоязычных источниках можно встретить краткий вариант понятия веса тела, обозначающий силу, с которой тело притягивается Землей.

В том случае, когда тело неподвижно относительно инерциальной системы отсчета, его вес P соответствует силе тяжести, которая приложена к рассматриваемому телу.

Формула

Величина веса тела прямо пропорциональна m и ускорению свободного падения g в заданной точке:

$$P = mg$$

Можно заметить, что для расчета веса тела, которое находится в состоянии покоя, используется аналогичная формула, как для определения силы тяжести. Однако, данные понятия являются разными.



Величину ускорения свободного падения определяют следующие факторы:

- высота над поверхностью Земли;
- географические координаты точки, в которой производят измерения (так как планета не является сферической и вращается).

Таким образом, от данных условий зависит и вес тела. К примеру, в течение суток в процессе вращения планеты вес уменьшается по широте. По этой причине на экваторе величина на 0,3% меньше по сравнению с весом, измеряемым в районе полюсов.

Еще одним фактором, который влияет на g , является наличие гравитационных аномалий, обусловленных спецификой строения земной поверхности и недр в зоне, где измеряют показатель. При нахождении тела близко к поверхности другой планеты, а не Земли, величина ускорения свободного падения зависит от массы и габаритов рассматриваемой планеты, удаленности тела от ее поверхности.

В том случае, когда тело и опора или подвес передвигаются по отношению к инерциальной системе отсчета с ускорением w , вес тела будет отличаться от силы тяжести:

$$P = m(g - w)$$

В качестве примера можно рассмотреть движение лифта. В том случае, когда ускорение (при любом значении скорости) лифта направлено вверх, вес объекта, который размещен в нем, возрастает. При направлении ускорения вниз, вес этого объекта будет уменьшаться.

Ускорение, возникающее, благодаря вращению планеты, не учтено в w . Данное ускорение входит в расчет g . Ситуацию, когда вес отсутствует, то есть невесомость, можно наблюдать при удалении от притягивающего объекта, либо в процессе свободного падения тела, то есть при:

$$g - w = 0$$

К телу, обладающему массой m , чей вес требуется определить, могут быть приложены другие силы, которые косвенно можно объяснить наличием гравитации, включая силы Архимеда и трения.

К примеру, учитывая лишь действие силы тяжести тело, расположенное на наклонной плоскости и находящееся в состоянии покоя, обладает весом, который направлен по нормали к опоре:

$$mg \cos(\alpha)$$

где (α) является углом наклона.

При учете силы трения покоя, которая, согласно третьему закону Ньютона, действует на тело и на опору, вектор веса будет соответствовать:

$$mg$$

Как и сила Архимеда, в жидкой или газообразной среде, плотность которой составляет ρ , к телу приложена подъемная сила:

$$F_A = -\rho g V$$

где V — является обозначением объема тела.

В том случае, когда жидкая или газообразная среда играет роль опоры, согласно третьему закону Ньютона, с

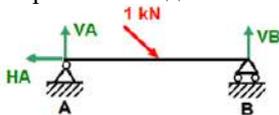
учетом воздействия со стороны тела силы Архимеда на жидкость, вектор веса будет соответствовать: mg

Что такое точка опоры или подвеса

Определение

Опора или подвес воспринимает действие внешних сил и/или моментов.

В точку опоры или подвеса приложены силы, которые оказывают воздействие на рассматриваемое тело. К примеру, на рисунке изображена балка на двух опорах. С левой стороны представлена неподвижная опора, а с правой — подвижная опора.



В зависимости от степени свободы опоры бывают следующих видов:

- подвижная;
- неподвижная;

- заземленная.

Неподвижная (шарнирная) опора фиксирует положение элемента по трем степеням свободы. Отсутствует передача моментов. В том случае, когда опора неподвижна, можно наблюдать возникновение горизонтальных и вертикальных сил реакции опоры.

Подвижная опора удерживает элемент по одной или двум степеням свободы. Таким образом, объект может перемещаться по одному/двум направлениям. Передача моментов в этом случае отсутствует. Для подвижной опоры характерно формирование только вертикальных сил опоры.

Примечание

Конструкции мостов в большинстве случаев имеют в основе по одной подвижной и одной неподвижной опоре. Таким образом, допускается восприятие теплового удлинения, и исключаются внутренние напряжения.

Заземление (заделка) служит барьером для перемещения по всем направлениям, в том числе вращения. Такая опора характеризуется передачей горизонтальных и вертикальных сил и моментов.

Графическое изображение, приборы для измерения

Вес является силой, с которой тело воздействует на опору или подвес. Графически изобразить действие веса можно таким образом:



С целью измерения веса тела используют пружинные весы. С помощью данного механизма, который проградуирован должным образом, можно получить косвенное значение массы. При использовании рычажных весов градуировка не требуется. Принцип их работы основан на сравнении масс, которые находятся под действием одинакового ускорения свободного падения или суммы ускорений в неинерциальных системах отсчета.

Если взвешивание выполняют на технических пружинных весах, то значениями ускорения свободного падения чаще всего пренебрегают. Это объясняется тем, что данная величина меньше по сравнению с практически нужной точностью взвешивания.

В том случае, когда на тело действует сила Архимеда при его нахождении в жидкой или газообразной среде, вес может отличаться от аналогичного параметра, измеренного в условиях вакуума.



Формула нахождения веса тела в физике, примеры задач

Формула

Вес тела, которое находится в состоянии покоя:

$$P = mg$$

Данная формула нашла широкое применение в решении задач по физике.

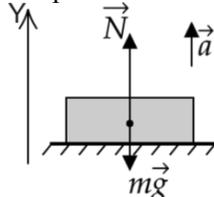
Задача

Объект обладает массой m . Он перемещается вместе с опорой с ускорением a , которое направлено вверх.

Требуется определить вес тела.

Решение

Направление оси Y вертикально вверх можно представить с помощью рисунка:



Согласно второму закону Ньютона:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}$$

Проекция на ось Y:

$$ma = N - mg$$

Таким образом:

$$N = mg + ma = m(g + a)$$

В результате, вес тела можно рассчитать по формуле:

$$P = m(g + a)$$

Из формулы можно сделать вывод, что вес тела больше, чем сила тяжести. Данное состояние называют перегрузкой.

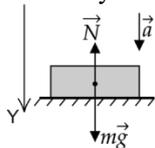
Задача

Масса тела равна m . Вместе с опорой тело перемещается, ускорение при этом составляет $a < g$.

Требуется определить вес тела.

Решение

Ось Y нужно сориентировать по направлению вертикально вниз:



Исходя из второго закона Ньютона:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}$$

Проекция на ось Y:

$$ma = mg - N$$

Таким образом:

$$N = mg - ma = m(g - a)$$

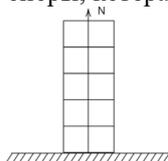
В результате:

$$P = m(g - a)$$

Согласно записанной формуле, вес тела меньше по сравнению с силой тяжести. В том случае, когда $a = g$, величина веса тела принимает нулевое значение. Описанное состояние называют невесомостью. В этом случае тело не оказывает воздействие на опору или подвес.

Задача

Имеются пять ящиков, которые являются одинаковыми, а их масса составляет 10 кг. Ящики разместили друг над другом на столе с горизонтальной поверхностью. Необходимо найти изменение (в Н) силы реакции опоры, которая приложена к первому ящику со стороны стола, при снятии трех верхних ящиков.



Решение

Вес тела представляет собой силу, с которой тело воздействует на опору или подвес. Согласно третьему закону Ньютона:

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

Равновесное положение достигается при условии:

$$N = 5mg$$

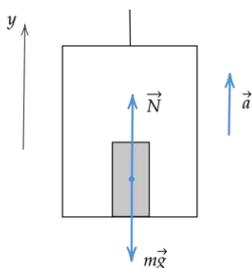
Предположим, что масса одного ящика равна m . Можно выполнить замену 5 ящиков массой m на один большой ящик, масса которого также составляет $5m$. В результате не произойдет изменения силы реакции опоры. Если убрать три ящика, масса груза составит $2m$. Таким образом:

$$\Delta P = 5mg - 2mg = 3mg = 3 \cdot 10 \cdot 10 = 300 \text{ Н}$$

Ответ: 300 (Н)

Задача

Лифт движется вертикально вверх с ускорением 3 м/с^2 . В нем находится человек, масса которого составляет 70 кг. Необходимо вычислить вес человека в лифте (в Н).



Решение

Запись третьего закона Ньютона в модульной форме имеет вид: $P=N$

Человек испытывает на себе действие двух сил:

- \vec{N} , сила реакции опоры, которая направлена вверх;
- сила тяжести $m\vec{g}$ с направлением вниз.

Второй закон Ньютона можно записать таким образом:

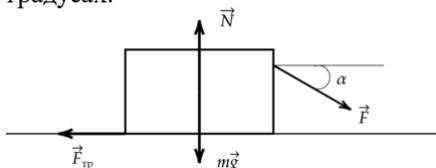
$$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g} \Rightarrow N = m(a + g) = 70 \cdot 13 = 910 \text{ Н}$$

Важно отметить справедливость перехода от векторной записи к скалярному выражению. Это объясняется действием всех приложенных к телу сил вдоль одной прямой (оси).

Ответ: 910 (Н)

Задача

Ящик, масса которого равна 20 кг, перемещают равномерно по горизонтальной шероховатой поверхности. При этом сила, приложенная к ящику, направлена под определенным углом к горизонтали (сверху вниз). По модулю данная сила составляет 100 Н. Ящик оказывает воздействие на поверхность с силой, по модулю равной 250 Н. Нужно определить величину угла между силой и горизонталью. Ответ необходимо выразить в градусах.



Источник: physics.shkolkovo.net

Решение

Проекция второго закона Ньютона на вертикаль:

$$0 = N - mg - F \sin \alpha$$

В данном выражении N является силой воздействия ящика на поверхность, mg определяет силу тяжести, F выражает силу, приложенную к ящику. В результате, синус угла между силой и горизонталью равен:

$$\sin(\alpha) = \frac{N - mg}{F} = \frac{250 \text{ Н} - 200 \text{ Н}}{100 \text{ Н}} = 0,5$$

Таким образом, угол (α) равен 30° .

Ответ: 30°

Задача

Первая планета обладает сферической формой и радиусом 2000 км. Эта планета совершает равномерное вращательное движение относительно своей оси. Угловая скорость вращения планеты составляет 121 радиан в течение земных суток. Вторая планета также обладает сферической формой. Ее радиус составляет 3500 км. Данное космическое тело вращается вокруг своей оси с угловой скоростью 81 радиан в течение земных суток. Тела, которые расположены на экваторе обеих планет, пребывают в невесомости. Требуется определить отношение первого ускорения свободного падения ко второму. Ответ следует округлить до десятых долей.

Решение

Тела, расположенные на экваторе планеты, находятся в невесомости. Данный факт позволяет сделать вывод о том, что в районе экватора ускорение свободного падения обладает значением, аналогичным центростремительному ускорению. Отношение центростремительных ускорений можно записать таким образом:

$$\omega_1^2 R_1 = \left(\frac{121}{24 \cdot 3600} \right)^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \approx 3,9$$

Центростремительное ускорение второй планеты:

$$\omega_2^2 R_2 = \left(\frac{81}{24 \cdot 3600}\right)^2 \cdot 3,5 \cdot 10^6 \approx 3,1$$

Тогда, ω определяет угловую скорость, R является радиусом планеты. Отношение центростремительных ускорений:

$$\frac{3,9}{3,1} \approx 1,$$

Ответ:

1,3

Источник: <https://wika.tutoronline.ru/fizika/class/7/chto-nazyvayut-vesom-tela-v-fizike>

11. Невесомость.

Для того чтобы понять, что такое невесомость, нужно сначала познакомиться с понятием веса.

Определение

Вес — это сила, с которой тело действует на опору или подвес. Очень часто понятие вес путают с массой. Вес обозначается Р — давление, оказываемое телом на подвес или опору. F — сила упругости, оказываемая подвесом на предмет. Они равны по модулю, но противоположны по направлению.

Невесомость возникает в том случае, если тело не давит на опору или подвес. Еще Готфрид Лейбниц отметил изменение веса шарика в свободном падении в жидкости. В 1892–1893 гг. профессором МГУ Любимовым Н. А. было поставлено несколько опытов, доказывающих возникновение невесомости в состоянии свободного падения. В своих экспериментах Любимов использовал маятник. Маятник, выведенный из положения равновесия при свободном падении, не качался.

Определение состояния невесомости, физические особенности

Простыми словами, состояние невесомости — отсутствие давления на предмет и его части, т.е. гравитационные силы в этом случае уравновешиваются.

Есть два вида невесомости.

Потеря веса, которая возникает на большом расстоянии от небесных тел из-за ослабления притяжения, называется **статической невесомостью**. А состояние, в котором находится человек во время полета по орбите, — **динамической невесомостью**.

Проявляются они совершенно одинаково. Ощущения человека одни и те же. Но причины разные. Космонавты в полетах имеют дело только с динамической невесомостью. Выражение «динамическая невесомость» означает: «невесомость, возникающая при движении».

Физическая формула веса (Р) при ускоренном движении опоры имеет следующий вид:

$$P = m(g - a),$$

m — масса тела,

g — ускорение свободного падения,

a — ускорение опоры.

При равенстве g и a, P=0, достигается невесомость.

Динамическая невесомость возникает и на Земле. Невесомы пловцы-ныряльщики, летящие в воду с вышки. Лыжники во время прыжка с трамплина невесомы в течение нескольких секунд. Невесомы падающие камнем вниз парашютисты, пока они не раскрыли парашюты. При тренировках космонавтов на тридцать – сорок секунд создают невесомость в самолете.

Как проявляется, влияние на человека

Мы не замечаем собственного веса и привыкли к тому, что все предметы имеют вес. За миллионы лет развития все живущие на Земле организмы приспособились к тому, чтобы выдержать свой вес, люди не исключение. Для жизни в условиях земного притяжения у нас есть кости, связки и мышцы.

Примечание

В человеческом организме есть специальный орган — **вестибулярный аппарат**. Он расположен в глубине головы, за ухом. Вестибулярный аппарат помогает нам ориентироваться в пространстве, с помощью него мы чувствуем, где «низ» и где «верх».

Естественно, что состояние невесомости существенно отличается от привычного нам. Организм человека в такой среде реагирует на невесомость как на раздражитель. Центральная нервная система страдает в первую очередь. Отсутствие привычной тяжести для человеческого тела — большой стресс.

Космонавты чаще всего встречаются с состоянием невесомости. Они проходят многолетние тренировки, чтобы сократить последствия и приспособить организм к такому состоянию. В первые минуты пребывания в состоянии невесомости человек может почувствовать тошноту, головную боль, дезориентацию (вестибулярный аппарат в этом случае не может подсказать нам, где «верх», а где «низ»).

В невесомости человеческий рост может увеличиться на 2–5 см из-за низкой гравитации. Это может вызвать мышечные и суставные боли. Но после возвращения в привычные условия, рост вернется.

Сильный дискомфорт причиняет изменение давления жидкости в организме. Кровь приливает к голове и груди. Стоять и ходить в состоянии невесомости не получится, поэтому мышцы спины и ног начинают терять

силу и уменьшаться в размерах. Невесомость действует и на кости человека. Каждый месяц, проведенный в состоянии невесомости, кости истончаются на 1%.

После возвращения на Землю космонавты должны снова привыкать к земным условиям. Даже за несколько дней в космосе, человеческое тело отвыкает от собственного веса. Многие космонавты не способны устойчиво держаться на ногах и ходить после пребывания в невесомости. Чтобы последствия не были тяжелыми, космонавты, помимо обычных силовых тренировок, проводят электростимуляцию мышц. Не исключается применение и фармакологических средств.

Можно ли создать условия невесомости на Земле

Чтобы привыкнуть к ощущению невесомости в космосе, космонавты тренируются в специальных самолетах-лабораториях:

Он взлетает и начинает просто падать, чтобы ускорение самолета было равно ускорению свободного падения. В этот момент, в формуле веса из g вычитается равное ему значение ускорения a и получается 0:

$$P = m(g - a) = m(9,8 - 9,8) = 0$$

Эффект невесомости можно ощутить на аттракционах вроде «американских горок». На секунды, при резком спуске, можно почувствовать состояние невесомости.

Таким образом можно побывать в состоянии невесомости на Земле.

Источник: <https://wika.tutoronline.ru/fizika/class/7/opredelenie-sostoyaniya-nevesomosti--fizicheskie-osobennosti>

12. Силы упругости.

Книга, лежащая на полке, не падает вниз, хоть и оказывает на нее давление с определенной силой. Ей противостоит сила упругости материала, из которого сделана полка. Она имеет такое же значение, но противоположно направлена.

Силы упругости — что это за физическая величина

Процессы, в которых отмечается действие силы упругости, происходят повсюду. На разбивающуюся в результате падения стеклянную бутылку действует сила упругости пола. Если же пол покрыт мягким покрытием, бутылка не бьется, поскольку сила упругости, направленная строго вверх, немного гасится воздушной прослойкой.

Проявление силы упругости можно видеть и при растяжении (сжатии) пружины, сгибании (разгибании) плоских предметов, кручении, разрывании и т.п. Иными словами, в процессах, ведущих к деформации тел в результате силового воздействия, присутствует сила упругости. Если она действует продолжительно, может наступить разрыв материалов либо полная потеря формы тела.

Характер деформации определяется характеристиками приложенных сил. Некоторые имеют максимальные проявления при горизонтальном направлении силы, другие — при вертикальном. Часто в физике имеют дело с силами, действующими по касательной.

Исходя из этого, деформации подразделяют на:

- растяжения;
- сжатия;
- сдвиг;
- кручение;
- изгиб.

Интенсивность деформации зависит от свойств вещества. Так, если о пол ударится пластилиновый мячик, он потеряет круглую форму, но не разобьется, потому что пластилин мягок и пластичен. С железным же мячиком ничего не произойдет, поскольку это максимально упругий материал.

Предметы, изготовленные из упругого вещества, стремятся после воздействия внешней силы, вернуть свою первоначальную форму. Неупругие — теряют ее полностью, без возможности восстановления. Пример: в результате сильного ветра дерево ломается и падает.

Расчет изменения длины пружины при воздействии на нее внешней силы, с учетом ее упругости, производят по закону Гука.

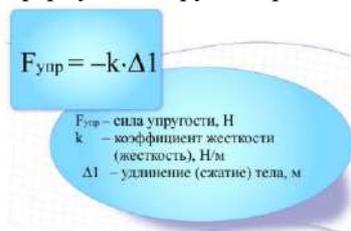


Источник: obrazovaka.ru

Определение, общая характеристика, в чем измеряется

От того, насколько интенсивная деформация происходит, зависит величина силы упругости. Например, подвешенный к пружине груз вызывает ее деформацию начального этапа. Подвесив дополнительный груз, мы увеличим деформацию на конкретную величину. Следовательно, значение силы упругости зависит от

модуля и направления приложенной внешней силы, вызывающей деформацию. Это соотношение заключено в формуле, которую открыл английский ученый Роберт Гук.



Источник: edufuture.biz

Согласно данному закону, малые деформации вызывают прямую пропорциональную зависимость удлинения тела от силы упругости.

Примечание 1

Закон Гука можно применять в тех случаях, когда деформация характеризуется упругостью.

Потенциальная энергия деформированного тела

Аналогично тому, что система взаимодействующих тел характеризуется потенциальной энергией, одно тело также ею обладает. Только в этом случае она определяется взаимным положением составляющих его частей. Когда работа совершается благодаря силе тяжести, действующей на подвешенный к пружине подвес, энергия деформированного тела увеличивается. Причина этому — переход вещества из ненапряженного состояния в напряженное. Его потенциальная энергия растет, поскольку меняется взаимное расположение частиц.

При упругой деформации прекращение действия силы ведет к совершению работы за счет высвобождаемой энергии.

Следует помнить, что деформация упругих тел не сопровождается ростом температуры, как это происходит при сжатии газов. Если вещества обладает пластичностью, тело может значительно нагреваться, поскольку повышение температуры ведет в этом случае к увеличению кинетической энергии частиц. Внутренняя энергия такого тела растет по причине работы, которую совершает сила, провоцирующая деформацию.

$$A = \frac{kx^2}{2} \quad (1)$$

где x – величина характеризующая изменение длины пружины (удлинение пружины); k – коэффициент упругости пружины. Данная работа идет на изменение потенциальной энергии пружины (E_p)

$$E_p = \frac{kx^2}{2} \quad (2)$$

Рассматривая потенциальную энергию упруго деформированного тела, измерения производят согласно формуле:

$$E_p = \frac{E\varepsilon^2}{2} V$$

В формуле используется коэффициент – модуль Юнга (E), объём стержня (V) и коэффициент относительного удлинения (ε).

От чего зависит сила упругости, основные свойства



Как видно из рисунка, на груз, подвешенный на пружине, действует две силы:

- сила тяжести груза, направленная перпендикулярно вниз и зависящая от его массы;
- сила упругости (сопротивления) пружины, направленная перпендикулярно вверх.

Поскольку тело находится в покое, эти две силы имеют равное значение и уравнивают друг друга. При этом пружина растягивается на определенную величину, вызывая изменения в собственной структуре. Обозначения графика показывают, что это величина — Δx .

Как видно из рисунка, на груз, подвешенный на пружине, действует две силы:

- сила тяжести груза, направленная перпендикулярно вниз и зависящая от его массы;

- сила упругости (сопротивления) пружины, направленная перпендикулярно вверх.

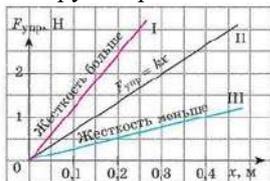
Поскольку тело находится в покое, эти две силы имеют равное значение и уравнивают друг друга. При этом пружина растягивается на определенную величину, вызывая изменения в собственной структуре. Измерение силы упругости сталкивается еще с одной величиной — жесткостью пружины, определить которую можно по специальным таблицам, зная, из какого материала она сделана.

График зависимости

Деформация тела ведет к изменениям в расположении его структурных единиц. При увеличении расстояния между ними усиливаются межмолекулярные силы притяжения. Силы отталкивания, напротив, уменьшаются. В другом случае, при сжатии предмета, межмолекулярные расстояния уменьшаются, следовательно, растут силы отталкивания, стремясь вернуть телу первоначальную форму. Описанные процессы описывают действие сил упругости.

Теоретически ее можно высчитать с помощью закона Гука, практически — измерить с помощью специальных приборов (динамометров). В их основе лежит пружина, жесткость которой заранее известна.

Сила упругости зависит от величины, на которую увеличивается длина пружины. Графически эти процессы для пружин различного происхождения изображены на рисунке:



Примеры силы упругости в физике, решение задач

Сила упругости — физическое явление, лежащее в основе функционирования многих механизмов, машин, естественных и искусственно создаваемых процессов. Заглянем, например, в технологию работы подвески автомобиля. Ее предназначение — смягчить удар при попадании колеса на неровность. Упругий элемент подвески, преобразует энергию удара, придавая движению плавность и обеспечивая упругий контакт рамы с мостами, колесами. Плюс — устойчивость корпуса и проходимость автомобиля.

В мастерских используются такие инструменты, как молоток, ключ для закручивания гаек, клещи, зубило и т.п. Все они изготовлены из материалов, которые при работе испытывают различные виды деформации. При этом длительность использования гарантируется способностью восстанавливаться.

Примечание 2

В природе удельный вес абсолютно упругих материалов ничтожно мал. Любой инструмент или оборудование со временем отражает последствия деформаций: тупится, расплющивается, искривляется и т.д. Это касается и таких конструкций, как станки, содержащие фрезу, сверлильные аппараты, резцы и т.п. Однако происходит это через длительный период использования.

Следующий вид проявления силы упругости — мост через реку (для обеспечения движения автомобильного либо железнодорожного транспорта). При движении большегрузного транспорта деформации моста должны исчезать. Их сохранение неминуемо привело бы к изменению формы, вплоть до полного разрушения. Поэтому содержание работ при строительстве моста включает подбор таких элементов, которые рассчитаны на упругие деформации. То же касается железнодорожного полотна.

Задача 1

Груз массой 2 кг. Подвесили к динамометру и начали поднимать с ускорением $2,5 \text{ м/с}^2$. Каков модуль удлинения пружины прибора, если она изготовлена из материала с жесткостью 1000 Н/м ?

Решение

По закону Гука $F = k \cdot \Delta l$

Следовательно, первым действием нужно найти значение силы. В данной ситуации на тело действуют две основные силы: тяжести и упругости пружины, имеющие противоположное направление. Поэтому следующая формула имеет вид:

$$Ma = F + mg \text{ (согласно второму закону Ньютона)}$$

Сопоставив две приведенные формулы, получаем итоговую, необходимую для решения задачи:

$$\Delta l = m(a + g) / k \approx 2,5 \text{ см.}$$

Задача 2

К бруску массой 5 кг прикреплен пружина. Он расположен неподвижно на наклонной плоскости с углом 30° . Если изменить угол наклона до 60° , изменится ли сила натяжения пружины и на сколько?

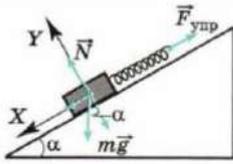
Решение

В данной задаче брусок подвержен воздействию трех сил: тяжести, натяжения пружины, реакции опоры.

Поскольку действие всех трех сил одновременно ведет к неподвижному положению бруска, справедливо следующее уравнение:

$$mg + N + F_{упр} = 0$$

Графически действие сил можно представить так:



Рассмотрев проекции сил на оси OX и OY, получаем:

$$\begin{cases} mgsin\alpha - F_{упр} = 0; \\ N - mgcos\alpha = 0. \end{cases}$$

Следовательно, $F_{упр} = mg \sin\alpha$

Поскольку изменяется угол наклона, конечная формула приобретает следующий вид:

$$\Delta F_{упр} = mg(\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1) = 5 \cdot 10 \cdot (0,866 - 0,5) \text{ (Н)} = 18,3 \text{ Н.}$$

Источник: vip8082p.vip8081p.beget.tech

Источник: <https://wika.tutoronline.ru/fizika/class/7/opredelenie-sily-uprugosti-v-fizike>

13. Силы трения

Сила трения — это сила между двумя поверхностями, которые скользят или пытаются скользить друг по другу.

Например, когда вы пытаетесь толкнуть шкаф по полу, трение затрудняет это. Сила трения всегда действует в направлении, противоположном скольжению.



Величина трения зависит от материалов, из которых изготовлены две поверхности. Чем грубее поверхность, тем больше возникает трения.

Пример 1

Трение также производит тепло. Если вы быстро потрете руки друг о друга, вы почувствуете, как они становятся теплее. Трение может быть полезной силой, потому что оно предотвращает скольжение нашей обуви по асфальту при ходьбе и останавливает скольжение автомобильных шин по дороге. Когда вы идете, возникает трение между протектором обуви и землей. Это трение действует для сцепления с землей и предотвращения скольжения.

Иногда мы хотим уменьшить силу трения. Для этого можно использовать антифрикционное масло для уменьшения трения между движущимися частями внутри автомобильного двигателя. Такое масло разделяет поверхности и может течь между ними. Уменьшенное трение означает меньший износ движущихся частей автомобиля и меньшее выделение тепла.

Формула силы трения

Трение равно приложенной силе, которая стремится переместить тело в состоянии покоя. Трение увеличивается по мере приложения силы. У него есть определенное максимальное значение. Трение не увеличивается сверх этого значения.

Формула коэффициента трения:

Максимальное значение трения известно как сила предельного трения (F_s). Это зависит от нормальной силы (силы нажатия) между двумя контактирующими поверхностями. Соотношение между силой предельного трения F_s и нормальной реакцией поверхности R является постоянным. Эта постоянная называется коэффициентом трения и представлена μ .

Коэффициент трения:

Формула 1

$$\mu = \frac{F_s}{R}$$

$$F_s = \mu R$$

Примеры трения в жизни

Чтобы преодолеть силу трения, нужно прилагать дополнительные усилия. Сила — это любое взаимодействие, которое имеет тенденцию изменять движение объекта.

Мы ежедневно сталкиваемся с силой трения. Рассмотрим некоторые ее примеры в нашей повседневной жизни. Примеры были разделены на сухое трение, трение жидкости и сопротивление воздуха.

Определение 2

Сухое трение — это трение, возникающее между двумя твердыми объектами. Невозможно прожить жизнь без сухого трения из-за гравитационного притяжения Земли.

Примеры трений в природе и быту

1. Зажигание спички: мы ударяем спичкой по шероховатой боковой поверхности коробка, чтобы создать трение. Спичка загорается из-за нагревательного эффекта трения.
2. Чистка зубов для удаления частиц: липкие частицы застревают на зубах и их очень трудно удалить. Чистящее действие щетки позволяет преодолеть силу трения частиц и удалить их.
3. Моющие поверхности: грязь и другие мелкие частицы оседают на поверхности предметов. Иногда очень трудно удалить их простым вытиранием пыли. При очистке используется сила вместе с водой, чтобы преодолеть трение, проявляемое частицами пыли.
4. Глажка рубашки: трение позволяет вам оказывать давление на сморщенную поверхность, чтобы разгладить одежду. Трение прямо пропорционально давлению, которое мы оказываем.
5. Написание на поверхностях: в данном процессе трение между ручкой и поверхностью бумаги приводит к тому, что на поверхности остается мало частиц. Это очень важное применение трения.
6. Ходьба по маслянистой поверхности: низкое трение, обеспечиваемое маслянистой поверхностью, заставит вас поскользнуться. Это может быть использовано в качестве приложения трения при использовании масла в качестве смазки для уменьшения трения в движущихся деталях.
7. Удержание предметов: для удержания любого предмета, такого как бутылка, стакан, телефон или книга, вам нужно трение.
8. Потирание рук для получения тепла: трение всегда имеет связанный с ним эффект нагрева.
9. Ремень, удерживающий брюки: трение ремня о брюки заставляет его оставаться на месте и т. д.

Примеры трения на открытом воздухе

1. Спуск с детской горки: когда мы спускаемся с горки, возникает трение скольжения. Оно останавливает нас от немедленного падения. Трение позволяет нам совершать это захватывающее скольжение без какой-либо опасности.
2. Гвоздь, закрепленный на стене: трение между гвоздем и стеной удерживает его на месте.
3. Ходьба по твердой земле: очень трудно идти по болотистой местности или песчаным дюнам. Такие поверхности обеспечивают очень небольшое трение при ходьбе.
4. Шлифовка наждачной бумагой: шероховатые поверхности и края полируются с помощью наждачной бумаги для обеспечения гладкости. Шероховатая и твердая поверхность наждачной бумаги устраняет неровности поверхности. Это очень распространенный метод, используемый для шлифования, чтобы уменьшить трение на деревянных поверхностях.
5. Езда на велосипеде по дороге: Трение позволяет вам начинать, останавливать и поворачивать велосипед. Трение обеспечивает велосипеду необходимое сцепление.
6. Тормоза на мотоциклах или автомобилях: трение между тормозными колодками и колесом обеспечивает достаточное трение, чтобы остановить движение транспортного средства.

Примеры трения в природе

1. Геккон на стене: ящерица геккон способна взбираться по вертикальной поверхности из-за очень сильной силы трения между ее ногами и стеной. Для создания такой большой силы трения используются силы Ван-дер-Ваальса.
2. Вьющиеся растения: существует разновидность вьющихся растений (растений-альпинистов), которые легко взбираются на поверхность благодаря силе трения. Это, например, японская глициния, зимний жасмин, вечнозеленый клематис, вьющаяся гортензия. Как правило, они используют шероховатые поверхности для лазания, такие как кора деревьев и т. д.
3. Лесные пожары: нежелательные лесные пожары являются, в том числе, результатом трения деревьев. Оно вызывает эффект нагрева, приводящий к пожарам.

Трение жидкости

Определение 3

Трение жидкости — это сила трения, испытываемая жидкостями или любым объектом, движущимся относительно жидкости. Оно, как правило, слабее, чем сухое трение. Оно также известно как инерция жидкости, сопротивление жидкости или вязкое сопротивление.

Законы трения жидкости/факторы, влияющие на трение жидкости:

1. Дизайн объекта — объекты с обтекаемым дизайном помогут уменьшить трение, так как молекулы жидкости могут легко перемещаться по телу объекта. Рыбы имеют обтекаемое тело, которое помогает им плавать по воде. Корабли веками использовали этот обтекаемый дизайн, имитируя природу.
2. Скорость объекта — чем больше скорость, тем больше трение. Быстроходный катер испытывает большую силу сопротивления, чем обычная, медленно движущаяся лодка. Вот почему корпус скоростных лодок изготовлен из прочных материалов, способных выдерживать такие большие силы сопротивления.
3. Размер объекта — чем больше объект, тем больше будет сила сопротивления. Синий кит будет испытывать больше трения по сравнению с человеком, плавающим в воде.

4. Природа жидкости — жидкости с высоким внутренним сопротивлением демонстрируют высокое трение жидкости.

Пример 1

Мед гуще воды, поэтому объектам трудно проходить через мед по сравнению с водой. Это эффект сопротивления жидкости.

Примеры трения жидкости

1. Плавание в воде: во время плавания мы сталкиваемся с трением жидкости.
2. Течение воды в реке: вода, текущая в реке, испытывает трение с руслом реки.
3. Поток воды через системы трубопроводов: трение жидкости в основном происходит на поверхности потока воды. Этот тип трения изучается отдельно как трение в трубе.
4. Поток чернил в ручках: вязкость растворов чернил оптимизирована для обеспечения хорошей скорости потока.
5. Нанесение масла на дверные петли: мы наносим масло на дверные петли, чтобы уменьшить трение и обеспечить плавное движение. Масло преобразует сухое трение в жидкостное трение.
6. Медленное движение коралловых рифов.

Примеры трения воздуха или сопротивления воздуха

Определение 4

Сопротивление воздуха — это трение (сила, противодействующая движению), возникающее между воздухом и другим объектом. Это сила, которую испытывает объект, когда он проходит по воздуху.

Примеры трения воздуха:

1. Сопротивление воздуха на ваших руках: путешествуя на велосипеде, вы чувствуете, как ветер обтекает ваше тело.
2. Парашютист: он испытывает огромную силу трения, находясь в воздухе. Человек должен быть физически здоров, чтобы пробовать такие трюки.
3. Полет птиц или летучих мышей: птицы естественным образом оптимизированы для уменьшения трения. Они легкие и имеют идеальную конструкцию корпуса для уменьшения трения.
4. Воздушный змей: не все конструкции воздушных змеев летают. Изготовление воздушных змеев — это искусство. Сопротивление воздуха позволяет воздушным змеям летать.
5. Циклон: в циклоне ветер дует с очень высокой скоростью.
6. Трение, испытываемое метеором при вхождении в атмосферу Земли: метеор или астероид испытывают очень высокую силу трения при вхождении в атмосферу Земли и сгорают перед падением на поверхность Земли.

Кинетическое трение

Определение 5

Кинетическое или динамическое трение — это противодействующая сила, которая вступает в действие, когда тело фактически движется по поверхности другого тела.

Трение легко определяется как сила, которая удерживает скользящий объект. Кинетическое трение является частью всего, и оно препятствует движению двух или более объектов. Сила действует в направлении, противоположном тому, как объект хочет скользить.

Пример 2

Если автомобиль должен остановиться, мы нажимаем на тормоза, и именно здесь вступает в действие трение. Во время ходьбы, когда кто-то хочет внезапно остановиться посреди лужи, все становится сложнее, так как трение там меньше и не может так сильно помочь.

Преодоление статического трения между двумя поверхностями по существу устраняет как молекулярные препятствия (холодная сварка между неровностями), так и механические препятствия (помехи между неровностями и впадинами поверхностей) для движения. Как только движение начато, некоторое истирание продолжает происходить, но на гораздо более низком уровне, чем при статическом трении.

Поскольку большая часть адгезии и истирания преодолевается, чтобы вызвать движение, сопротивление движению между поверхностями уменьшается, и поверхности теперь движутся под действием кинетического трения, которое намного ниже, чем статическое трение.

Определение 6

Адгезия — это склонность разнородных частиц или поверхностей цепляться друг за друга (а когезия относится к склонности похожих или идентичных частиц или поверхностей цепляться друг за друга).

Законы кинетического трения

Существует четыре закона кинетического трения:

1. Первый закон: сила кинетического трения (F_k) прямо пропорциональна нормальной реакции (N) между двумя контактирующими поверхностями. Где, μ_k = константа, называемая коэффициентом кинетического трения.
2. Второй закон: сила кинетического трения не зависит от формы и видимой площади контактирующих поверхностей.
3. Третий закон: кинетическое трение зависит от природы и материала контактирующей поверхности.

4. Четвертый закон: оно не зависит от скорости соприкасающегося объекта при условии, что скорость между объектом и поверхностью не слишком велика.

Формула кинетического трения

Коэффициент кинетического трения обозначается μ_k . Сила кинетического трения превышает нормальную силу, действующую на тело. Это выражается в Ньютонах (N).

Кинетическое уравнение трения можно записать в виде:

Сила кинетического трения = (коэффициент кинетического трения) * (нормальная сила).

Формула 2

$$F_k = \mu_k * \eta$$

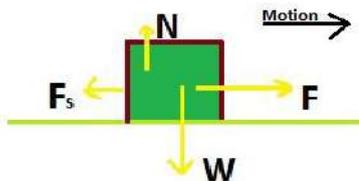
Где,

F_k — сила кинетического трения,

μ_k — коэффициент кинетического трения,

η — нормальная сила (греческая буква «эта»).

Вывод формулы кинетического трения:



Источник: geeksforgeeks.org

Рассмотрим блок массой mg , лежащий на горизонтальной поверхности, как показано на рисунке. Когда тело прижимается к поверхности, поверхность деформируется, даже если она кажется жесткой. Деформированная поверхность толкает тело с нормальной силой R , перпендикулярной поверхности. Это называется нормальной силой реакции. Он уравновешивает mg , то есть $R = mg$.

Теперь давайте рассмотрим, что сила P приложена к блоку, как показано на рисунке. Очевидно, что тело остается в покое, потому что в горизонтальном направлении вступает в действие какая-то другая сила F и противодействует приложенной силе P , в результате чего чистая сила на теле равна нулю. Эта сила F , действующая вдоль поверхности тела, соприкасающегося с поверхностью стола, называется силой трения.

Таким образом, пока тело не движется $F = P$. Это означает, что если мы увеличим P , трение F также увеличится, оставаясь всегда равным P .

Когда мы немного увеличиваем приложенную силу, выходящую за пределы предельного трения, начинается фактическое движение. Это не означает, что трения исчезли. Это означает только то, что сила преодолела предельное трение. Данная сила трения известна как кинетическое или динамическое трение.

Статическое трение

Определение 7

Статическое трение — это сила, действующая между поверхностями двух неподвижных объектов, или сила, действующая на неподвижный объект.

Существует несколько теорий, касающихся причин статического трения, и каждая из них оказывается верной при определенных условиях, но терпит неудачу при других обстоятельствах.

Независимо от того, насколько «идеально» обработана и очищена поверхность, она неизбежно будет иметь неровности — по сути, «шероховатость» состоит из вершин и долин, очень похожих на горный хребет. Когда две поверхности соприкасаются, может показаться, что они имеют большую, четко определенную площадь контакта, но на самом деле контакт происходит только в определенных местах, то есть там, где неровности обеих поверхностей мешают.

Сумма этих небольших областей контакта между неровностями называется «реальной» или «эффективной» областью контакта. Поскольку эти отдельные области контакта очень малы, давление (давление = сила ÷ площадь) между поверхностями в этих точках очень велико. Это экстремальное давление обеспечивает адгезию между поверхностями с помощью процесса, известного как холодная сварка, который происходит на молекулярном уровне. Прежде чем поверхности смогут перемещаться относительно друг друга, связи, которые вызывают это сцепление, должны быть разорваны.

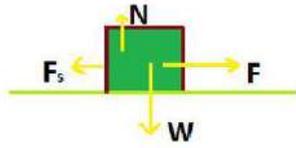
В большинстве применений статическое трение вызвано как адгезией, так и истиранием контактирующих поверхностей.

Законы Статического Трения

Существует два закона статического трения:

1. Первый закон: максимальная сила статического трения не зависит от площади контакта.
2. Второй закон: максимальная сила статического трения сравнима с нормальной силой, т. е., если нормальная сила увеличивается, максимальная внешняя сила, которую объект может выдержать без движения, также увеличивается.

Вывод формулы статического трения:



Источник: geeksforgeeks.org

Рассмотрим блок массой mg , лежащий на горизонтальной поверхности, как показано на рисунке. Когда тело прижимается к поверхности, поверхность деформируется, даже если она кажется жесткой. Деформированная поверхность толкает тело с нормальной силой R к перпендикулярной поверхности. Это называется нормальной силой реакции. Он уравнивает mg , то есть

$$R = mg$$

Теперь давайте рассмотрим, что к блоку приложена сила P . Очевидно, что тело остается в покое, потому что в горизонтальном направлении вступает в действие какая-то другая сила F и противодействует приложенной силе P , в результате чего чистая сила на теле равна нулю. Эта сила F , действующая вдоль поверхности тела, соприкасающегося с поверхностью стола, называется силой трения.

Таким образом, пока тело не движется $F = P$. Это означает, что если мы увеличим P , трение F также увеличится, оставаясь всегда равным P .

Эта сила трения, которая вступает в действие до тех пор, пока не начнется фактическое движение, известна как статическое трение.



Сила трения скольжения

Сила трения скольжения противодействует движению между двумя контактными поверхностями, которые скользят друг против друга. Эта сила зависит от типа контактных поверхностей (материалов и уровня отделки) и от нагрузки, приложенной в направлении, перпендикулярном направлению движения (нормальная сила).

В математических терминах сила трения скольжения определяется следующим образом:

Формула 3

$$F_f = b_f \times N$$

Источник: elesa.com

В данной формуле: b_f = коэффициент трения скольжения, N = нормальная сила (или нагрузка).

Сила трения скольжения в сравнении с силой трения

Скольжение может происходить между двумя объектами произвольной формы, тогда как **трение качения** — это сила трения, связанная с вращательным движением несколько дискообразного или любого другого круглого объекта вдоль поверхности. Обычно сила трения при трении качения намного меньше, чем сила, связанная с кинетическим трением скольжения. Обычные значения коэффициента трения качения меньше, чем коэффициент трения скольжения. Аналогично, трение скольжения обычно производит больше звуковых и больше тепловых побочных продуктов.

Пример 3

Одним из примеров является торможение автомобильных шин на проезжей части, процесс, который генерирует значительное тепло и звук, и учитывается при измерении величины шумового загрязнения проезжей части. Мы можем привести простой пример: когда мы останавливаем нашу машину у знака «Стоп», она замедляется из-за трения между применяемыми тормозами и колесами.

Таким образом, сила, действующая в противоположном направлении, в котором тело хочет скользить, называется трением скольжения.

Пример 4

Предположим, что на столе есть металлический блок, слабая сила может не привести металлический блок в движение. По мере того как вы продолжаете постепенно увеличивать силу, с определенным усилием, металлический блок начинает двигаться. Управляющее значение силы, с которой металлический блок начинает двигаться, совпадает с силой сопротивления, создаваемой металлическим блоком в статической форме. Следовательно, эта сила сопротивления называется статическим трением. Продолжая эксперимент, увеличивая силу еще больше, он заставляет металлический блок двигаться. Но даже после того, как

металлический блок начал двигаться, он все еще создает сопротивляющую силу, пытающуюся противостоять движению.

Это и есть «трение скольжения».

Получается, **трение скольжения меньше, чем статическое трение.**

Формула трения скольжения

Уравнение для силы скольжения содержит коэффициент трения скольжения, умноженный на нормальную силу.

$$F_s = \mu_s F_n$$

Формула 3

$$F_s = \mu_s F_n$$

где,

F_s — сила трения скольжения,

μ_s — Коэффициент трения скольжения,

F_n — нормальная сила.

Трение скольжения, создаваемое объектами, называется коэффициентом, учитывающим несколько факторов, которые могут повлиять на уровень трения. Эти несколько факторов включают следующее:

1. Искажение поверхности объектов.
2. Шероховатость или гладкость поверхности.
3. Первоначальная скорость любого объекта.
4. Размер и форма объекта.
5. Величина давления на любой объект.
6. Сила сцепления поверхности.

Характеристики трения скольжения

1. В целом трение скольжения всегда меньше, чем статическое трение для одного и того же набора тела и движения поверхности.
2. Это также приводит к другому выводу о том, что сила трения всегда зависит от характера материала объекта и поверхности.
3. Сила скольжения пропорциональна нормальной силе, что означает нагрузку на объект.
4. Величина трения скольжения будет одинаковой, даже если вы измените сторону предмета, который лежит на столе. Следовательно, при равной массе трение скольжения не зависит от площади контакта.
5. Трение скольжения также не зависит от скорости движения.

Роль трения в природе, технике, жизни

Примером трения в природе и технике выступает человек, забивающий гвоздь в деревянную балку своей лодки. Одним из наиболее очевидных эффектов трения является то, что оно может привести к постепенному изнашиванию вещей; это можно увидеть на таких примерах, как неровные подошвы нашей обуви, преднамеренное трение наждачной бумагой о поверхность. Опыт попыток ходить, кататься на роликовых коньках или лыжах по скользким поверхностям, таким как лед или снег, способствует пониманию того, что двигаться и/или менять направление трудно в условиях, когда трение уменьшается. Трение часто изображается в популярных средствах массовой информации как имеющее «плохой» эффект и как нечто, что необходимо уменьшить или устранить (например, с помощью масел, снижающих трение).

Однако в повседневной жизни трение само по себе не рассматривается как нечто, требующее силы, вещи просто не движутся (например, ребенок, который неподвижно сидит на полпути вниз по горке).

Таблица коэффициента трения между некоторыми распространенными материалами:

Материалы	μ_s коэффициент трения
Стекло и стекло	0,9
Стекло и металл	0,5-0,7
Лед и дерево	0,05
Железо и Железо	1
Резина и бетон	0,6
Сталь и сталь	0,8
Шины и дорога (в сухом состоянии)	1
Шина и дорога, (во влажном состоянии)	0,2
Дерево и металл	0,2–0,6

Трение имеет как преимущества, так и недостатки.

Преимущества трения:

1. Мы не могли бы писать, если бы не было трения между бумагой и карандашом.
2. Трение позволяет нам ходить по земле.
3. Мы не можем бежать по скользкой земле.

4. Птицы не могли бы летать, если бы не было сопротивления воздуха. Реакция выталкиваемого воздуха позволяет птицам летать.

Недостатки трения:

1. Трение нежелательно при движении на высоких скоростях, поскольку оно препятствует движению и, таким образом, ограничивает скорость движущихся объектов.
2. Большая часть нашей полезной энергии теряется в виде тепла и звука из-за трения между различными движущимися частями машин.
3. В машинах трение также вызывает износ их движущихся частей.

Значимость в технике

Роль трения в технике велика. В машине трение уменьшает механическое преимущество или соотношение мощности к входу: автомобиль, например, использует четверть своей энергии на уменьшение трения. Тем не менее, это также трение в шинах, которое позволяет автомобилю оставаться на дороге, и трение в сцеплении, которое вообще позволяет вести машину. От спичек до машин и молекулярных структур трение является одним из наиболее значительных явлений в физическом мире.

Источник: <https://wika.tutoronline.ru/fizika/class/7/sila-treniya>

Источник: <https://wika.tutoronline.ru/fizika/class/11/fizicheskaya-priroda-planet-i-malyh-tel-v-solnechnoj-sisteme>