**СИЛЫ В ПРИРОДЕ**

**Что надо знать о силе**

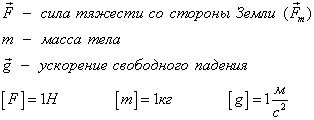
Сила - [векторная величина](http://fizmat.by/kursy/fiz_velichina#fiz_velichina_3). Необходимо знать точку приложения и направление каждой силы. Важно уметь определить какие именно силы действуют на тело и в каком направлении. Сила обозначается как http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/Konspekt/sili_v_prirode/form1.gif, измеряется в Ньютонах. Для того, чтобы различать силы, их обозначают следующим образом http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/Konspekt/sili_v_prirode/form10.gif

Ниже представлены основные силы, действующие в природе. Придумывать не существующие силы при решении задач нельзя!

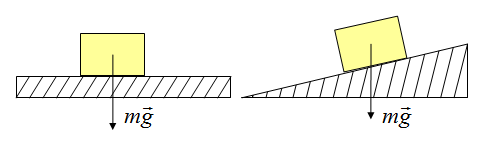
Сил в природе много. Здесь рассмотрены силы, которые рассматриваются в школьном курсе физики при изучении динамики. А также упомянуты другие силы, которые будут рассмотрены в других разделах.

**Сила тяжести**

На каждое тело, находящееся на планете, действует [гравитация Земли](http://fizmat.by/kursy/dinamika/tjagotenie). Сила, с которой Земля притягивает каждое тело, определяется по формуле

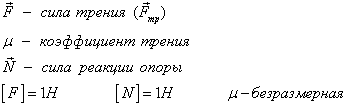
http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/Konspekt/sili_v_prirode/im1.png 

Точка приложения находится в центре тяжести тела. Сила тяжести *всегда направлена вертикально вниз*.

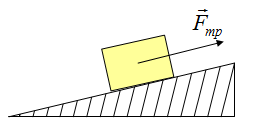


**Сила трения**

Познакомимся с силой трения. Эта сила возникает при движении тел и соприкосновении двух поверхностей. Возникает сила в результате того, что поверхности, если рассмотреть под микроскопом, не являются гладкими, как кажутся. Определяется сила трения по формуле:

http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/Konspekt/sili_v_prirode/im2.png 

Сила приложена в точке соприкосновения двух поверхностей. *Направлена в сторону противоположную движению.*



Так как тело представляем в виде материальной точки, силу можно изображать с центра

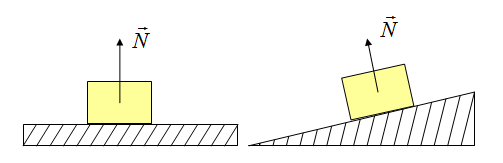
**Сила реакции опоры**

Представим очень тяжелый предмет, лежащий на столе. Стол прогибается под тяжестью предмета. Но согласно [третьему закону Ньютона](http://fizmat.by/kursy/dinamika/Njuton#Njuton_4) стол воздействует на предмет с точно такой же силой, что и предмет на стол. Сила направлена противоположно силе, с которой предмет давит на стол. То есть вверх. Эта сила называется реакцией опоры. Название силы "говорит" **реагирует опора**. Эта сила возникает всегда, когда есть воздействие на опору. Природа ее возникновения на молекулярном уровне. Предмет как бы деформировал привычное положение и связи молекул (внутри стола), они, в свою очередь, стремятся вернуться в свое первоначальное состояние, "сопротивляются".

Абсолютно любое тело, даже очень легкое (например,карандаш, лежащий на столе), на микроуровне деформирует опору. Поэтому возникает реакция опоры.

Специальной формулы для нахождения этой силы нет. Обозначают ее буквой http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/Konspekt/sili_v_prirode/form4.gif, но эта сила просто отдельный вид силы упругости, поэтому она может быть обозначена и как http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/Konspekt/sili_v_prirode/form6.gif

Сила приложена в точке соприкосновения предмета с опорой. Направлена перпендикулярно опоре.

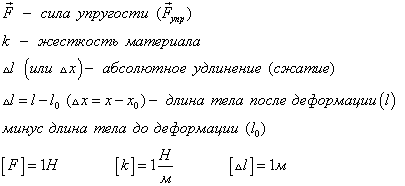


Так как тело представляем в виде материальной точки, силу можно изображать с центра

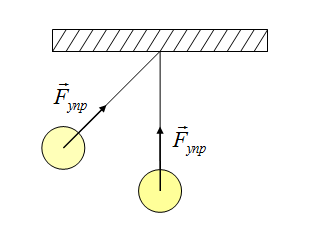
**Сила упругости**

Это сила возникает в результате деформации (изменения первоначального состояния вещества). Например, когда растягиваем пружину, мы увеличиваем расстояние между молекулами материала пружины. Когда сжимаем пружину - уменьшаем. Когда перекручиваем или сдвигаем. Во всех этих примерах возникает сила, которая препятствует деформации - сила упругости.

**Закон Гука**

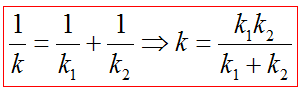
http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/Konspekt/sili_v_prirode/im3.png 

Сила упругости направлена противоположно деформации.



Так как тело представляем в виде материальной точки, силу можно изображать с центра

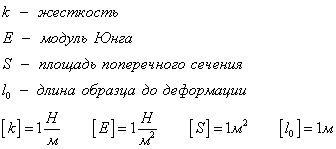
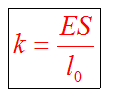
При последовательном соединении, например, пружин жесткость рассчитывается по формуле



При параллельном соединении жесткость

http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/Konspekt/sili_v_prirode/im18.png

**Жесткость образца. Модуль Юнга.**

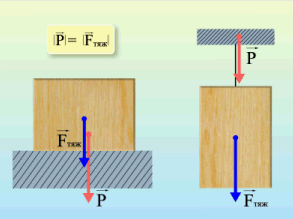


Модуль Юнга характеризует упругие свойства вещества. Это постоянная величина, зависящая только от материала, его физического состояния. Характеризует способность материала сопротивляться деформации растяжения или сжатия. [Значение модуля Юнга](http://fizmat.by/kursy/constant/predel_prochnosti) табличное.

Подробнее о свойствах твердых тел [здесь](http://fizmat.by/kursy/molekuljarnaja/tverdoe_telo).

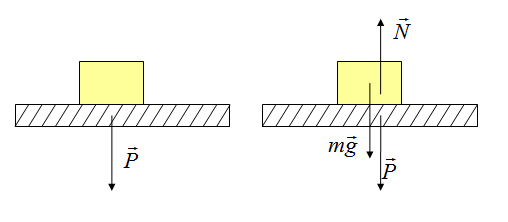
**Вес тела**

Вес тела - это сила, с которой предмет воздействует на опору. Вы скажете, так это же сила тяжести! Путаница происходит в следующем: действительно часто вес тела равен силе тяжести, но это силы совершенно разные. Сила тяжести - сила, которая возникает в результате взаимодействия с Землей. Вес - результат взаимодействия с опорой. Сила тяжести приложена в центре тяжести предмета, вес же - сила, которая приложена на опору (не на предмет)!



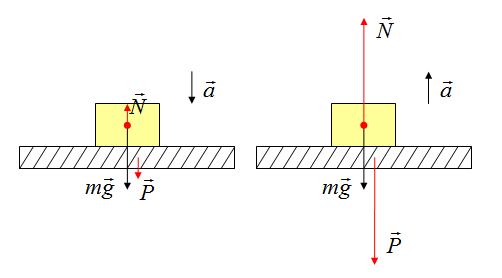
Формулы определения веса нет. Обозначается эта силы буквой http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/Konspekt/sili_v_prirode/form8.gif.

Сила реакции опоры или сила упругости возникает в ответ на воздействие предмета на подвес или опору, поэтому вес тела всегда численно одинаков силе упругости, но имеет противоположное направление.



Сила реакции опоры и вес - силы одной природы, согласно 3 закону Ньютона они равны и противоположно направлены. Вес - это сила, которая действует на опору, а не на тело. Сила тяжести действует на тело.

Вес тела может быть не равен силе тяжести. Может быть как больше, так и меньше, а может быть и такое, что вес равен нулю. Это состояние называется**невесомостью**. Невесомость - состояние, когда предмет не взаимодействует с опорой, например, состояние полета: сила тяжести есть, а вес равен нулю!



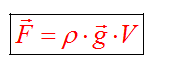
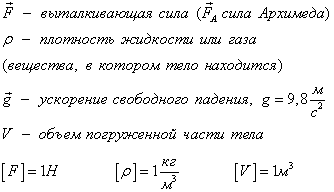
Определить направление ускорения возможно, если определить, куда направлена [равнодействующая сила](http://fizmat.by/kursy/dinamika/ravnodejstv)

Обратите внимание, вес - сила, измеряется в Ньютонах. Как верно ответить на вопрос: "Сколько ты весишь"? Мы отвечаем 50 кг, называя не вес, а свою массу! В этом примере, наш вес равен силе тяжести, то есть примерно 500Н!

**Перегрузка** - отношение веса к силе тяжести

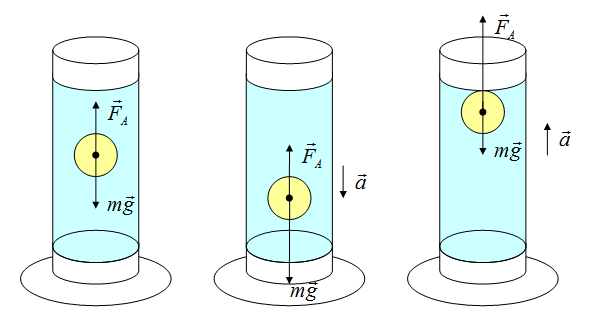
**Сила Архимеда**

Сила возникает в результате взаимодействия тела с жидкость (газом), при его погружении в жидкость (или газ). Эта сила выталкивает тело из воды (газа). Поэтому направлена вертикально вверх (выталкивает). Определяется по формуле:

В воздухе силой Архимеда пренебрегаем.

Если сила Архимеда равна силе тяжести, тело плавает. Если сила Архимеда больше, то оно поднимается на поверхность жидкости, если меньше - тонет.



**Электрические силы**

Существуют силы электрического происхождения. Возникают при наличии электрического заряда. Эти силы, такие как [сила Кулона](http://fizmat.by/kursy/jelektrichestvo/Kulon), [сила Ампера](http://fizmat.by/kursy/dinamika/sily), [сила Лоренца](http://fizmat.by/kursy/dinamika/sily), подробно рассмотрены в разделе [Электричество](http://fizmat.by/kursy/jelektrichestvo).

**Схематичное обозначение действующих на тело сил**

Часто тело моделируют [материальной точкой](http://fizmat.by/kursy/kinematika/otnositelnost#otnositelnost_6). Поэтому на схемах различные точки приложения переносят в одну точку - в центр, а тело изображают схематично кругом или прямоугольником.

Для того, чтобы верно обозначить силы, необходимо перечислить все тела, с которыми исследуемое тело взаимодействует. Определить, что происходит в результате взаимодействия с каждым: трение, деформация, притяжение или может быть отталкивание. Определить вид силы, верно обозначить направление. Внимание! Количество сил будет совпадать с числом тел, с которыми происходит взаимодействие.

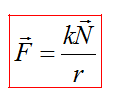
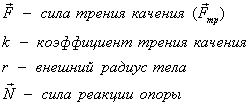
**Главное запомнить**

**1) Силы и их природа; 2) Направление сил; 3) Уметь обозначить действующие силы**

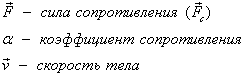
**Силы трения**

Различают внешнее (сухое) и внутреннее (вязкое) трение. Внешнее трение возникает между соприкасающимися твердыми поверхностями, внутреннее - между слоями жидкости или газа при их относительном движении. Существует три вида внешнего трения: трение покоя, трение скольжения и трение качения.

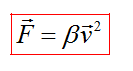
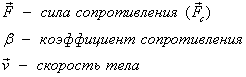
Трение качения определяется по формуле

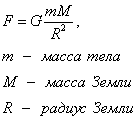
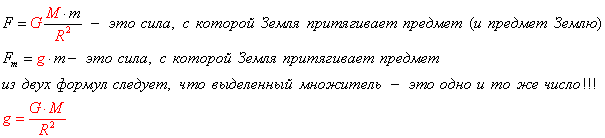
Сила сопротивления возникает при движении тела в жидкости или в газе. Величина силы сопротивления зависит от размеров и формы тела, скорости его движения и свойств жидкости или газа. При небольших скоростях движения сила сопротивления пропорциональна скорости тела

http://msk.edu.ua/ivk/Fizika/Konspekt/sili_v_prirode/im8.png 

При больших скоростях пропорциональна квадрату скорости

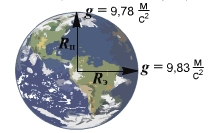
 

**Взаимосвязь силы тяжести, закона гравитации и ускорения свободного падения**

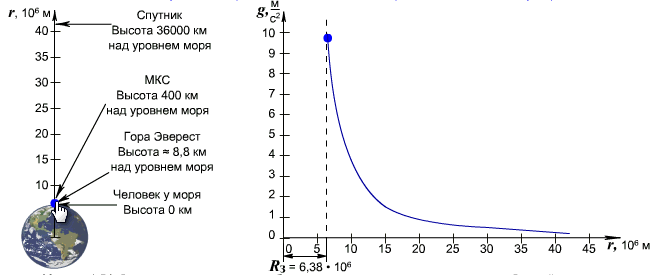
Рассмотрим взаимное притяжение предмета и Земли. Между ними, согласно закону гравитации возникает сила   А сейчас сравним закон гравитации и силу тяжести 

Величина ускорения свободного падения зависит от массы Земли и ее радиуса! Таким образом, можно высчитать, с каким ускорением будут падать предметы на Луне или на любой другой планете, используя массу и радиус той планеты.

Расстояние от центра Земли до полюсов меньше, чем до экватора. Поэтому и ускорение свободного падения на экваторе немного меньше, чем на полюсах. Вместе с тем, следует отметить, что основной причиной зависимости ускорения свободного падения от широты местности, является факт вращения Земли вокруг своей оси.



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



# Законы сохранения в механике".

Импульсом тела называется величина, равная произведению массы тела на его скорость.

https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image042.gif

Изменение импульса тела равно импульсу силы.

https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image043.gif

**Закон сохранения импульса:** Геометрическая сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых движениях и взаимодействиях тел системы.

https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image044.gif

Работа постоянной силы равна произведению модулей векторов силы и перемещения на косинус угла между этими векторами.

https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image045.gif

Кинетическая энергия равна половине произведения массы тела на квадрат его скорости.

https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image046.gif

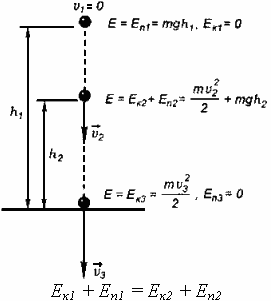
*Кинетическая энергия* – это физическая величина, характеризующая движущееся тело; изменение этой величины равно работе силы, приложенной к телу.

*Величина mgh* - это потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h над нулевым уровнем.

Работа силы упругости равна изменению потенциальной энергии упругого деформированного тела ( пружины), взятому с противоположным знаком.

Потенциальная энергия деформированного тела равна работе силы упругости.

**Закон сохранения энергии:** Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения или силами упругости, остается неизменной при любых движениях тел системы.



*Мощностью* называется величина, равная отношению совершенной работы к промежутку времени, за который она совершена:

https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image048.gif

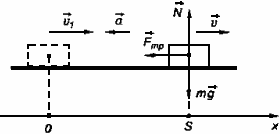
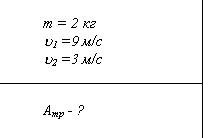
*Коэффициентом полезного действия* называется величина, равная отношению полезной работы ко всей совершенной работе.

https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image049.gif

*КПД* показывает, насколько эффективно данная машина использует подводимую к ней энергию. Коэффициент полезного действия не может быть больше единицы. КПД можно записать в процентах:

https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image050.gif

**Пример.** Тело массой 2 кг при скорости 9 м/с начинает двигаться по инерции по горизонтальной поверхности. Определите работу силы трения, совершаемую с начала этого движения до уменьшения начальной скорости втрое.



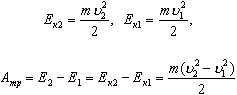
Изменение полной механической энергии тела https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image055.gif равно работе силы трения

https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image054.gif

Так как https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image053.gif,то

https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/131.GIF

где Ек1, Ek2 - кинетические энергии тела в конце и начале движения. Поскольку



Работа силы трения Атр < 0, так как v2 < v1. Подставим значения:

https://ykl-shk.azureedge.net/goods/ymk/physics/work1/theory/2/image057.gif

**Ответ:** работа силы трения равна - 72 Дж.

**Законы сохранения в механике**

**Механическая система** – совокупность материальных точек (тел), рассматриваемых как единое целое.

Системы бывают:

            a) замкнутые (изолированные), на которые действуют внешние силы (нет взаимодействия с внешней средой);

            б) не замкнутые (не изолированные), на которые действуют внешние силы.

Все законы сохранения в основном даются для замкнутых систем.

**Законы сохранения импульса** – геометрическая сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image002.gif,

где       http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image004.gif – импульс тела.

Импульс (количество движения) – мера механического движения. Применение такой меры допустимо, если передача механического движения от одного тела к другому, происходит без превращения в другие формы движения материи.

Механическое движение может переходить в другие виды материи (в тепловое, электромагнитное действие и др.). Переходы осуществляются в строго определенных количествах соотношениях. Общей мерой для всех видов движения материи является энергия.

**Энергия** – мера количества любых видов движения материи (тела).

Единство материи и движения нашло наиболее общее выражение в формуле Эйнштейна:

                                               ∆E = ∆mc²,

где       c – скорость света в вакууме,

∆E – изменение энергии.

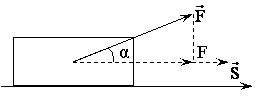
Эта формула говорит о том, что увеличение или уменьшение энергии (т.е. количества определенной формы движения), всегда происходит с увеличением или уменьшением массы (т.е. количества формы материи).

Поскольку энергия – мера движения, то её можно количественно выразить через параметрическое состояние системы, т.е. энергия – функция состояния.

**Работа** – мера передачи действия (в частном случае механического) от одного тела к другому в процессе взаимодействия.

**Работа** – мера измерения энергии.

Если материальная точка (тело) под действием внешней силы http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image006.gif совершила перемещение http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image008.gif, то производится работа A.



http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image013.gif или http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image015.gif

работа равна скалярному произведению силы на перемещение. Работа – скалярная величина.

Из уравнения работы следует:

а) если α = 0, то http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image017.gif – максимальна работа совершенная силой направленной вдоль перемещения;

б) если http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image019.gif, то A > 0 – работа совершается за счёт энергии тела, со стороны которого действует сила;

в) если http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image021.gif или http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image023.gif, то A = 0 – работа совершается за счет энергии движущегося тела против сил сопротивления (в частности сил трения).

Если работа совершается в однородном постоянном силовом поле, то:

- работа по замкнутому пути равна нулю;

- работа не зависит от формы пути, а определяется положением начальной и конечной точек пути.

**Мощность** – физическая величина, характеризующая скорость работы A:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image025.gif

Если сила F = const, то N = F·v, где v – скорость движения.

К механической энергии относят два вида энергии – кинетическую Eк и потенциальную ∆Еп. Чтобы получить выражение энергии в виде функции параметров состояния механического движения, легче это сделать, если учесть, что изменение энергии ∆Е пропорционально работе A:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image027.gif

Выразить работу A = http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image029.gif, гдеhttp://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image031.gif– действующая сила и перемещение:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image033.gif,

где v2 и v1 – конечная и начальная скорость перемещения, получается:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image035.gif

Величина http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image037.gif – называется ***кинетической энергией*** тела, а полученный результат для работы силы называют ***теоремой о кинетической энергии***, которая выполняется для сил любой природы, в том числе и для переменных сил.

            Энергия, обусловленная, взаимным расположением тел или частей одного и того же тела и характером их взаимодействия называется ***потенциальной энергией***.

            Если материальная точка (тело) перемещается и скорость в начальной и конечной точках траектории равна нулю, значит в результате совершенной работы произошло изменение не кинетической формы энергии, а потенциальной. Изменения потенциальной энергии ∆Еп зависят от относительного изменения взаимного расположения взаимодействующих тел. Потенциальная энергия относится не только к выбранной материальной точек, но и ко всей системе и представляет энергию взаимодействия тел (поднятый над Землёй камень и земля – потенциальная энергия взаимодействия камня и Земли).

Изменение потенциальной энергии ∆Еп также определяется работой, совершаемой силами, действующими на материальную точку при её перемещении.

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image039.gif

Данное уравнение не дает полного определения величины потенциальной энергии в каждой точке, а определяет лишь изменение потенциальной энергии при переходе от точки к точке. Абсолютная величина Еп зависит от выбора начала отсчета потенциальной энергии (где потенциальная энергия равна нулю).

Выбор уровня с нулевой энергии произволен (или бесконечность, или поверхность Земли и т.д.).

Если работа силы по любой замкнутой траектории равна нулю, то такие силы называют ***консервативными*** или ***потенциальными***. К ним относятся силы тяжести, упругости, электростатического взаимодействия. Вид выражения для потенциальной энергии зависит от вида действующей силы:

            а) для силы тяжести:

                                               Еп = mgh,

где       h – высота над поверхностью Земли (или выбранного нулевого уровня).

            б) для силы упругости:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image041.gif,

где       x – смещение от нулевого положения – точки, где x = 0.

Сумма кинетической Ek и потенциальной En энергий тела называют ***полной механической энергией E***:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image043.gif

Для замкнутой системы материальных тел выполняются ***закон сохранения механической энергии*** – при любых процессах, происходящих в системе тел, её полная механическая энергия остается постоянной:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image045.gif

Если система незамкнутая, то изменение полной механической энергии (её уменьшение) равно работе внешних сил (например, работе против сил сопротивления):

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image047.gif.

В механизмах и машинах нельзя получить больше работы, чем затрачено энергии. К тому же часть энергии теряется (на преодоление силы трения, обращается в тепло), поэтому полезная работа Anмашины всегда меньше затраченной работы Аз (An < Аз). Величина, показывающая какую долю составляет полезная работа от всей совершенной (затраченной), называется ***коэффициентом полезного действия*** (КПД).

КПД(ŋ) равен выраженному в процентах отношению полезной работы к затраченной:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image049.gif

КПД также можно выразить и через мощность:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image051.gif

***Ударом*** называется столкновение двух или более тел, при котором взаимодействие длится очень короткое время.

Центральным ***ударом*** называется удар, при котором тела до удара движутся вдоль прямой, проходящий через их центры масс.

***Абсолютно упругий удар*** – это удар, в результате которого в обоих взаимодействующих телах не остаётся никаких деформаций и тела после взаимодействия движутся раздельно.

            Для случая прямого центрального абсолютно упругого удара выполняются:

            а) закон сохранения импульса:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image053.gif

            б) закон сохранения кинетической энергии:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image055.gif

где       v2 и v1 – скорости тела до удара,

v΄2 и v΄1 – скорости после удара.

Столкновение двух тел, в результате которого тела объединяются, двигаясь дальше как единое тело, называются ***абсолютно неупругим ударом.***

Для случая прямого центрального абсолютного удара применимы:

            а) закон сохранения импульса:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image057.gif

б) закон сохранения кинетической энергии с учетом “потери” энергии Е потерь на деформацию:

http://phys-portal.ru/lections/zak.sohr_lec.files/image059.gif,

где       v2 и v1– скорости тела до удара,

v– скорость единого тела после соударения.