

## О круговом движении

(или «разбор полетов»)

Моя статья «Энергия и инерция» на сайте [www.elektron2000.com](http://www.elektron2000.com) вызвала многолетние споры с людьми разного уровня знаний - от бывших пилотов и преподавателей авиатехникумов до докторов физматнаук, и даже некоторых академиков РАЕН. В чем меня только ни обвиняли! Поэтому я решил объяснить возникшие недоразумения. Повторять сказанное в статье нет смысла, она в последней редакции имеется на этом сайте: «Энергия и инерция»

[http://www.vilsha.iri-as.org/statgrav/energy1\\_korr5.pdf](http://www.vilsha.iri-as.org/statgrav/energy1_korr5.pdf)

В школе нас учат, что, согласно первому постулату Ньютона, "Тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока какая-нибудь сила не выведет его из этого состояния". (Редакции могут быть разные, но смысл примерно один и тот же). Однако...

В этой формулировке можно считать интуитивно понятным и определенным все, кроме понятия "сила". Следует иметь в виду, что до Ньютона это понятие если и применялось, то лишь в обиходе. Ньютон его "ввел в научное обращение", как теперь говорят.

До Ньютона физики использовали лишь понятие о так называемом "количестве движения"  $mv$  - (произведение массы на скорость). Движущиеся тела при взаимодействии могли обмениваться (частично) своим количеством движения. Так, в описанном выше хорошо известном школьном опыте движущийся стальной шарик ударяет по такому же неподвижному шарiku, сам останавливается, а ранее неподвижный шарик начинает двигаться со скоростью первого шарика. Все эти вопросы изложены мною в самом начале той же статьи "Энергия и инерция".

Откуда же у нас (вслед за Ньютоном) возникает понятие о "действующей силе"?

Представим себе астероид, движущийся в свободном космическом пространстве (вдали от масс, создающих поля тяготения) и, по расчетам ученых, направляющийся точно в точку, где через некоторое время он должен встретиться с Землей, и уничтожить на ней все живое. К астероиду с Земли посылается космический корабль с задачей отклонить его от смертоносной траектории. Корабль ложится на параллельный курс с астероидом, и начинает обстреливать его мощными ракетами в направлении, перпендикулярном его движению. Очевидно, с каждым попаданием ракеты астероид будет приобретать некоторое «количество движения» в направлении движения ракет (ракеты не отражаются). Через некоторое время астероид слегка отклонится от своего прежнего курса, и обстрел можно прекратить - теперь он пройдет мимо Земли. Понятно, что если все это

происходит на достаточно большом от Земли расстоянии, то отклонить астероид от его прежнего курса нужно на очень небольшой угол. Но дело не в самой величине угла, а в необходимости израсходовать некоторую энергию на отклонение астероида от курса, передав ему некоторое количество движения в ином направлении.

Возьмем другой пример - два космических корабля летят в космосе параллельными курсами далеко от тяготеющих масс, вначале по прямой линии. Оба корабля имеют непробиваемую оболочку. С одного из кораблей начинают стрелять по соседнему кораблю реактивными снарядами (чтобы не учитывать эффект отдачи в нашем опыте). Попадая в соседний корабль, снаряды будут отдавать ему часть своего количества движения, так как будут от него отражаться. (В предыдущем примере ракеты отдавали астероиду свое количество движения полностью, так как не отражались от него). В любом случае, получив некоторое количество движения  $mV$  в направлении, **перпендикулярном** своему прежнему движению, обстреливаемый корабль (корабль-мишень) начнет отклоняться от направления прежнего движения в направлении движения снарядов, как и астероид в предыдущем примере.

Корабль получит какое-то количество ударов " $n$ ", и вместе с ними определенное количество движения " $nmV$ ". Поскольку он получил это количество движения не мгновенно, а за некоторое время " $t$ ", то в единицу времени он получал количество движения " $nmV/t$ ". Вот эту величину Ньютон и назвал "Силой".

Такой подход сразу облегчил множество расчетов. Уже не надо было рассматривать конкретные ситуации (астероид, корабль, и пр.). Ньютон говорит - если тело отклоняется от прямолинейного движения, значит, оно получает откуда-то (от некоторого источника) дополнительное количество движения  $mV$ . И, если на это отклонение ушло некоторое время, то мы можем считать, что в течение этого времени на тело действовала некоторая "сила" величиной " $F$ ".

Естественно, что верно и обратное, а именно - если на свободное тело в свободном пространстве в отсутствие тяготеющих масс действует (какая-то) «сила», то оно начинает двигаться в направлении действия этой силы.

Отсюда следует, что

$$Ft = mV$$

Произведение  $Ft$  Ньютон назвал "импульсом силы" или просто "импульсом". Из формулы следует (и опыт это подтверждает), что "импульс силы равен количеству движения", полученного телом.

Собственно, это и есть определение понятия "сила", и никакого иного определения этого понятия нет.

**Любые сокращенные формулировки, в которых опущено то или иное обстоятельство (свободное пространство, отсутствие полей тяготения) неизбежно приводит к ошибкам в применении этих формул и формулировок.**

Должно быть понятно, что сказанное не имеет отношения к той скорости, с которой объект-мишень двигался до начала обстрела. Ведь если мы признаем принцип относительности Галилея, то любое движение - относительно, и мы не знаем, с какой "скоростью" мы движемся в пространстве, если у нас нет точки отсчета, которую мы принимаем за неподвижную. Тело под действием бомбардировки в свободном пространстве будет двигаться в направлении этой бомбардировки (силы ударов) совершенно независимо от того, с какой скоростью оно движется (или двигалось) в любом другом направлении. И это его движение зависит только от «силы» бомбардировки». (Мы здесь говорим только о самом эффекте бомбардировки, и нас интересует только ее результат).

И пока действует эта "сила", наш корабль-мишень будет двигаться в направлении ее действия... **с ускорением**. Это также легко понять. Предположим, в единицу времени (в первую единицу времени - скажем, секунду) корабль получает извне количество движения  $mv$ . В следующую секунду он получит еще порцию  $mv$ . Теперь корабль будет обладать количеством движения  $2mv$ . В конце третьей секунды -  $3mv$ ... и так далее. Каждую секунду скорость корабля увеличивается на величину  $V$ . В конце  $k$ -й секунды корабль будет иметь скорость  $V_k = kV$ .

Если мы построим зависимость скорости от времени, то мы увидим, что это - прямая линия. И ее наклон к оси ординат зависит от величины приращения скорости в каждый момент времени. То есть  $V=at$ , где "a" и есть это самое приращение, которое мы называем "**ускорением**". Если, к примеру,  $a=V$ , то через 1 сек скорость будет равна  $V$ , через 2 секунды скорость будет равна  $2V$ , через 3 сек -  $3V$  и так далее, в соответствии с вышесказанным.

(Я намеренно «разжевываю» все это, обычно как бы «понятное» ученикам шестых классов).

Теперь, если мы возьмем выражение математической связи между количеством движения, полученным объектом, и его импульсом

$$Ft = mv,$$

то из этого выражения мы можем получить формулу **Второго закона Ньютона**, поделив обе части равенства на "t":

$$F = mv / t = m(V/t) = ma$$

Таким образом Второй закон Ньютона получается в результате проведения точных математических (арифметических) операций.

Второй закон Ньютона - это не определение понятия "сила" (определение - выше). Это всего лишь расчетная формула, связывающая величину массы тела и полученного им ускорения в результате внешнего воздействия, которое (воздействие) и названо "силой". Интересно тут другое – само понятие массы определяется как понятие «инертной массы», то есть через ускорение, которое тело получает от силы определенной величины. Одно понятие определяется через другое, и наоборот, что категорически запрещено логикой.

Вернемся к нашим баранам...

*"Ты, Петька, совсем, видно, одурел от самогону!  
Ну, вот же она, лошадь, вот!"*

*Пелевин. "Чапаев и Пустота"*

Задолго до прихода научной общественности к консенсусу по вопросу о правомочности применения понятия "энергия", было сформулировано понятие "работа". Работа - это очень просто. Это произведение величины силы на путь, пройденный телом под действием этой силы

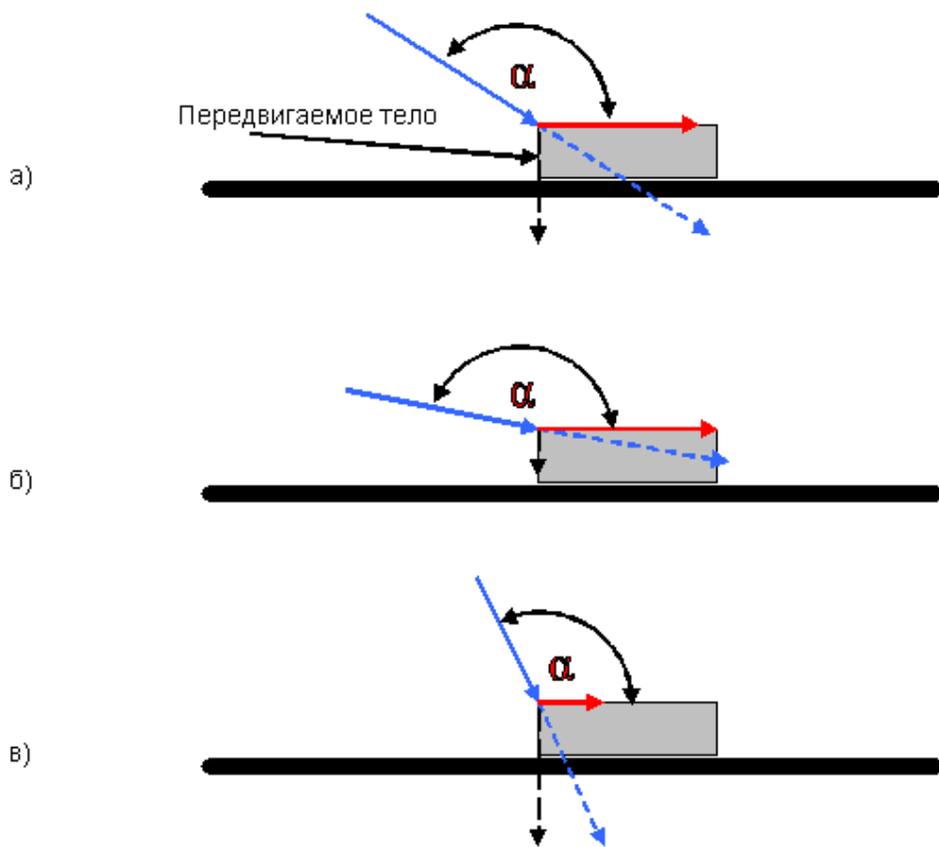
$$A=FS$$

Поскольку в земной механике (в несвободном пространстве) могут быть ситуации, когда тело, будучи ограничено в своем перемещении действием других тел, может перемещаться не точно по направлению действующей силы, а под углом к ней (рис.2), то в математическую формулу работы нужно ввести еще и косинус угла... какого? **Угла между направлением действующей силы и направлением перемещения объекта, ВЫЗВАННОГО ЭТОЙ СИЛОЙ.**

$$A=FS \cos\alpha$$

Чем больше угол между направлением движения тела и направлением приложенной силы, тем ближе угол  $\alpha$  к  $90^\circ$ , тем меньше величина косинуса, и тем ближе к нулю составляющая приложенной силы, вызывающая движение.

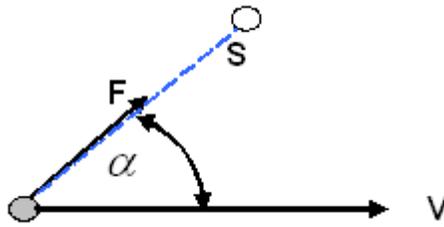
Достаточно опустить хоть одно слово из выделенных в этой словесной формуле, и вы не гарантированы от множества ошибок. По крайней мере, одна из таких ошибок допускается людьми, забывшими начальную физику, или теми, кого этой физике плохо учили, не обращая их внимания на существенные аспекты. А именно, они считают, что если на тело, движущееся прямолинейно и равномерно, действует сила в направлении, перпендикулярном его движению, и даже отклоняет это тело от направления прямолинейного движения, то эта сила работы не совершает! Как же, - говорят они, - ведь Второй закон требует умножения на косинус угла! А угол между направлением движения тела и направлением действия силы –  $90$  градусов!



*Рис.2*

Но какого угла? Угла между направлением действия силы, и направлением движения, **ВЫЗВАННОГО ЭТОЙ СИЛОЙ!** А не направления движения самого объекта до приложения этой силы. Ведь эти же самые люди, наверное, признают принцип Галилея, согласно которому невозможно определить, движется ли тело, если вы двигаетесь вместе с ним. По крайней мере - в классической механике.

- Нет, - говорят эти люди, - в энциклопедиях написано, что надо умножить на косинус! И рисуют картинку:



*Рис.3*

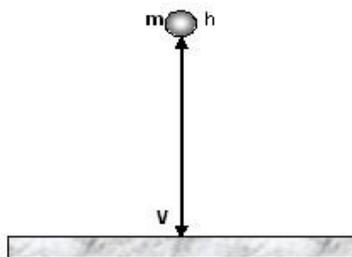
"Ну, вот же он, этот косинус!" - говорят они... (см. эпиграф к этому разделу)

Они не знают и не чувствуют физику. И не имеет никакого значения, что они потом стали докторами и академиками - это произошло по совершенно иным, не имеющим отношения к науке причинам. Да и вполне возможно, что на всем протяжении их долгого пути в науке им ни разу не потребовалось осознать эту простую разницу между косинусами и их происхождением.

В свободном пространстве тело всегда движется с ускорением в направлении приложенной к нему силы. Всегда. В соответствии с пресловутым принципом независимости действия сил. Никакого "косинуса" в этом случае нет и быть не может! Угол между направлением действия силы и направлением движения тела под действием этой силы (!) – а не просто между направлением движения тела! – этот угол в свободном пространстве всегда равен нулю! Под действием этой силы тело получает ускорение в направлении ее действия(!), и проходит определенное расстояние  $S$ . И, само собой разумеется, эта сила должна совершать работу (ведь тело принудительно перемещается в пространстве, да еще и с ускорением!), а источник этой силы должен затрачивать на это энергию (заметим в скобках, еще не определяя понятие "энергии").

### "Потенциальное поле"

Более продвинутые собеседники привлекают для обоснования своей точки зрения понятие "потенциального поля". Здесь придется остановиться надолго.



#### **Рис.4**

Прежде всего, рассмотрим падение стального шарика на мраморную (или стальную) плиту, и вытекающее из этого движения представление о "потенциальной энергии", вбиваемое в головы школьникам так, что потом не выбьешь уже ничем. А именно:

Стальной шарик массы  $m$  падает с некоторой высоты на плиту, и, в результате абсолютно упругого удара (для простоты), подскакивает до той же высоты, с которой упал. Что происходит, согласно школьной физике?

При падении скорость шарика увеличивается (на него действует "сила тяжести" со стороны "поля тяготения"). Положим... В конце падения шарик имеет скорость  $V$ , упруго отражается от абсолютно большой плиты, и далее поднимается вверх...

Опуская длиннейшие рассуждения, которые привели ученых к понятию "энергия", скажем сразу, что движущееся тело, по мнению ученых, «обладает» (!) кинетической энергией. Эта энергия рассчитывается по формуле  $E=mV^2$

Скажем сразу также, что Р.Фейнман в своих лекциях прямо говорил, что он не в состоянии объяснить студентам смысл термина "энергия". Никто не в состоянии объяснить, где эта «энергия» запасается, накапливается, и так далее.

"Энергия" - это некоторая математическая величина, рассчитываемая по определенным формулам, разным для каждого "вида энергии" (вышеприведенная - только для механической кинетической энергии движущегося тела), причем результат расчета в определенных случаях получается одним и тем же. Из этого сделан вывод, что некая сущность, именуемая "энергией", сохраняется при преобразованиях одного вида "энергии" в другой. (Тут пахнет тавтологией и метафизикой одновременно). В статье "Энергия и инерция" (см. ссылку в начале статьи) детальнейшим образом разъяснен смысл понятия "энергия", и даны примеры для лучшего понимания. Там же простейшим способом (аналитически) выводится и пресловутый закон сохранения энергии, до сих пор подтверждающийся лишь экспериментально.

Тем не менее, для облегчения нахождения соответствующего места в статье (правда, нужно читать ее с самого начала, чтобы что-то понять), я даю здесь отрывок из нее с некоторыми изменениями, для исключения недоуменных вопросов. (Специально для академиков РАЕН обязан сообщить: все, в ней сказанное, противоречит курсу физики средней школы, но это не означает, что автор не знает физики).

#### **Задача.**

Если тело с данной массой движется под воздействием постоянной силы  $F$  (падает высоты  $h$ ), то в конце определенного отрезка своего пути  $h$  оно приобретает скорость  $V$ . Если такой падающий шарик, отразившись от мраморной плиты как от пружины, начал двигаться в обратную сторону (подниматься), то на этом его обратном пути на него продолжает действовать та же самая сила  $F$ , но в противоположном направлении по отношению к его движению. И, действительно, шарик начнет затормаживаться, и через некоторое время достигает исходной точки, откуда он начал падение, имея нулевую скорость.

То есть с очевидностью (для некоторых) следует, что одна и та же сила сначала разгоняла шарик, а затем его тормозила, действуя в противоположном направлении. Если эта сила имеет любое другое происхождение, кроме гравитации, то школьная физика будет считать, что эта сила сначала совершала работу, разгоняя шарик, а затем совершала работу, тормозя шарик. Таким образом, суммарная работа будет равна двойной работе по разгону шарика. Это понятно и естественно.

В любом другом случае, кроме воздействия силы тяготения. В этом случае авторитеты начинают уверять нас, что на восходящем участке (подъем шарика) происходит некий загадочный процесс "превращения" кинетической энергии шарика (которую он приобрел на нисходящем участке) в "потенциальную" энергию, которая якобы может вновь превратиться в кинетическую, если шарик снова начнет падение. Говорят, что шарик "приобрел, накопил" потенциальную энергию, и даже "обладает" потенциальной энергией - как будто слова эти могут что-то объяснить (поскольку непонятно где и в каком виде может накапливаться результат вычисления чего-то по математической формуле, кроме как в мозгу математика).

При этом, конечно, не объясняется сам механизм "превращения" (ибо он необъясним). Констатируется лишь, что в любой момент времени сумма кинетической и потенциальной энергий всегда постоянна и равна "полной" энергии шарика. И при этом нам "объясняют", что вот именно это равенство и называется "сохранением энергии". А иначе, спрашивается, в чем же это сохранение состоит?

В соответствии же с нашими представлениями, изложенными выше (в указанной статье - прим. авт.), поток гравитонов, который на нисходящем участке (участке падения) ускорял макро-частички падающего тела, увеличивая их скорость "квантованными" порциями, будет теперь изменять скорости макро-частиц тела в обратном направлении, точно такими же порциями.

В результате на участке  $h$  сила  $F$  полностью затормозит шарик.

А как же "сохранение энергии"?

А в этом случае нет никакого "сохранения энергии". Энергия потока гравитонов затрачивалась на участке падения шарика, ускоряя его, а затем затрачивалась на восходящем участке, затормаживая шарик до нулевой скорости.

Сохранение энергии имеет место лишь в системе «шарик-гравитонный газ», ибо на восходящем участке шарик, в результате столкновения с гравитонами, ускоряет отраженные от него гравитоны, а сам затормаживается.

*«А ответ ужасно прост,  
И ответ – единственный»  
В.Высоцкий*

Таким образом, при возврате тела в исходную точку после отражения от мраморной плиты не происходит никакого "преобразования кинетической энергии в потенциальную"; этот взгляд - всего лишь дань метафизике XVII -XVIII веков. Происходит ТОРМОЖЕНИЕ тела, на что необходимо ровно столько же порций количества движения, сколько их было передано телу при ускорении его на нисходящем участке (только теперь уже в направлении, противоположном движению тела). И одна произведенная работа не компенсирует другую, хотя и производилась на противоположном направлении и оказалась равной ей. Это вообще две разных «работы».

Понятие "потенциального поля" (и связанная с ним теория потенциала), это, возможно, удобный (для математиков) математический прием, позволяющий делать сложные расчеты, но оно же уводит от физических представлений о происходящем в действительности. «Поле» не есть физическая реальность - это всего лишь график распределения сил, действующих на тело. ИСТОЧНИК же этих сил находится не в "поле", не в графике (!), а в гравитонном газе мирового пространства. И график (поле), не обладающий физической реальностью (в отличие от, например, сжимаемой пружины), не может преобразовывать и накапливать кинетическую энергию (сумму порций количества движения) движущегося тела. Пружина – может.

- Ну, ладно! - воскликнет возмущенный читатель. - Вы открыли источник бесконечной энергии - прекрасно! Теперь нам ясно, откуда она берется... Но куда она девается, если она все время затрачивается? Ведь мир давно бы "перегрелся"!

Ответ простой и всем известный - она затрачивается на ИЗМЕНЕНИЕ состояния движения тел, то есть и на их ускорение, и возвращается гравитонному газу при их торможении, которое по своей сути ничем не отличается от ускорения. А то, что мы приписываем величине скорости при торможении "знак" минус, вовсе не значит, что "один вид энергии переходит в другой". В конце концов, если мы признаём изотропность

**пространства, то есть отсутствие в пространстве преимущественных, выделенных направлений (движения), а также признаем относительность движения, то энергия должна затрачиваться как при ускорении, так и при "замедлении" движения, ибо "замедление" движения есть не что иное, как ускорение в обратном направлении!**

А представление о том, что мир давно бы перегрелся, если бы энергия только затрачивалась, но не возвращалась бы (куда, спрашивается?), основано на **искусственно созданном предубеждении, что затраты энергии обязательно связаны с тепловыми потерями.** Да, это так, если мы рассматриваем реальные технические процессы. Но это не так в общем плане. **Это вовсе не значит, что при затрате энергии всегда выделяется тепловая энергия!**

Точно таким же образом движется и обычный маятник - груз на нерастяжимой нити. Никакого "преобразования энергии из кинетической в "потенциальную" не происходит, это научный предрассудок. Маятник ускоряется на одном участке своего движения и тормозится на другом участке той же самой "силой", которая его ускоряла ранее. Энергия сохраняется не у маятника, а в системе «маятник – гравитонный газ».

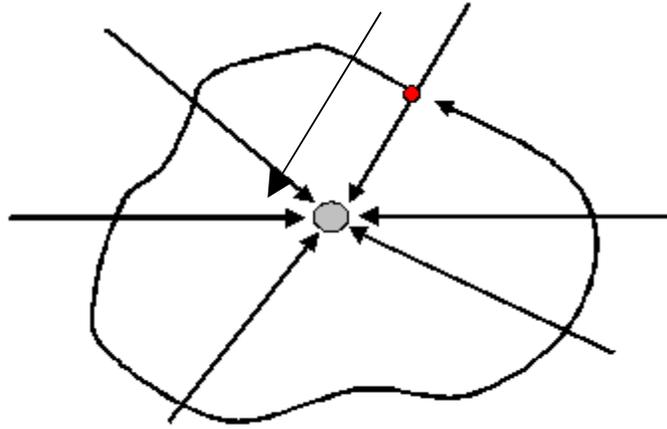
Здесь же можно и отметить, что все вышеуказанные проблемы с понятием "энергия, "потенциальная энергия" и "закон сохранения энергии" возникли в свое время (и сохраняются поныне) только в результате непонимания (или нежелания понимать) самой физической сущности понятия гравитации и возможности бесконечной делимости материи.

\*

Теперь можно вернуться к "объяснению" движения планеты или ее спутника с помощью представления о "потенциале", или о "поле потенциала".

Идя вслед за Ньютоном, его последователи разработали математическую теорию "потенциала". В ее основе лежит представление об абстрактной силе (которую успешно использовал Ньютон вместо рассмотрения конкретных взаимодействий). Если не интересоваться ее происхождением, то можно изобразить "поле" таких сил(!). Обратим внимание, что пока это только математический прием - **поле сил есть своего рода график, показывающий направление и величину силы, действующей на тело в каждой точке пространства.**

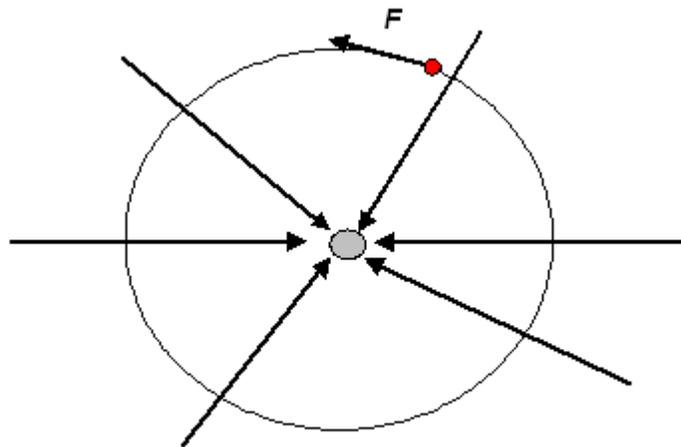
Пусть у нас имеется некий центр, относительно которого поле действующих на пробное тело сил является концентрическим ("центральная симметрия"). Чем дальше по радиусу мы отходим от центрального (пусть притягивающего или отталкивающего, неважно) тела, тем меньше его воздействие на наше пробное тело. Пусть это воздействие даже пропорционально квадрату расстояния от тела.



*Рис.5*

Имеется совершенно точное математическое доказательство того, что **произведение вектора действующей на тело силы на пройденный этим телом путь ПО ЗАМКНУТОМУ КОНТУРУ РАВНО НУЛЮ**. Независимо от формы этого контура, этого пройденного телом пути.

Далее нам показывают некий нехитрый фокус.



*Рис.6*

Перенесем эти рассуждения на движение планеты вокруг Солнца или движение спутника вокруг планеты. Распределение поля сил явно "потенциальное". Тело явно движется по кругу. Перемножаем вектор силы  $F$ , действующей в касательном направлении, на весь пройденный по кругу путь, получаем - ноль. И, по какому бы пути ни двигалось тело, произведение силы на пройденный телом путь (то есть

"работа силы") будет равно нулю, если тело придет в начальную точку своего движения.

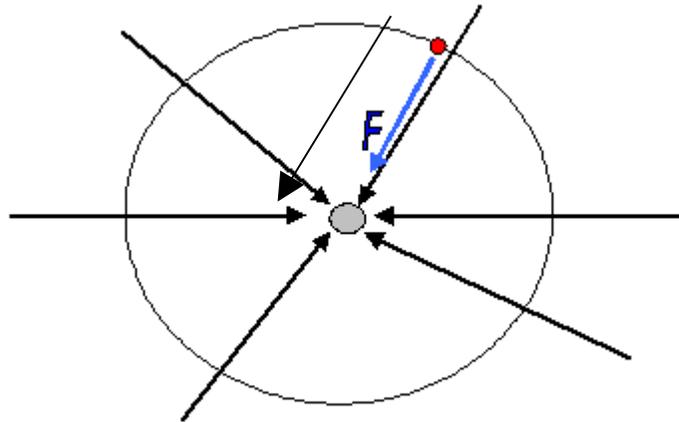
Непредвзятому читателю сразу видна ошибка в рассуждениях, да не одна.

Формула, конечно верна, как и теорема. Но относится эта формула совсем к иному случаю! Применять ее можно только при наличии реального физического накопителя энергии. Скажем, если тело находится на конце пружины, соединенной с центром, а закон изменения силы, возникающей при удлинении пружины, некий произвольный (для определенности, например, обратно пропорциональный квадрату удлинения, что вообще не столь важно сейчас). Тогда действительно, перемещаясь по произвольной кривой вокруг центра, мы будем то растягивать, пружину, то позволять ей сжиматься, и тем самым либо «запасать энергию» в растянутых межатомных связях, то «возвращать» ее при движении к центру. Но если физического накопителя нет (или мы не знаем о его существовании), нам ничего не остается, как признать таковым само «поле сил», неизвестно откуда возникающих (так тяготение, скажем), то есть, в конце концов признать абсурд – материальность самого «поля сил», или просто «поля». Что и сделано в современной физике. После этого можно более не задумываться о происхождении сил, так сказать о философской стороне дела, а сосредоточиться на вычислениях, что и сделал Ньютон.

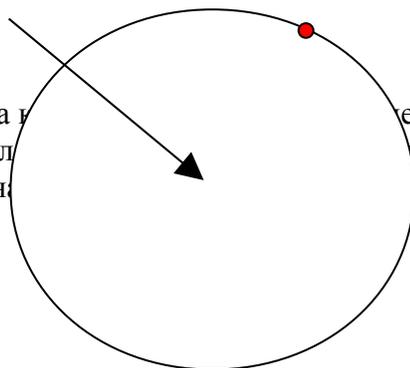
\*

Но этого мало...

Прежде всего, в нашем случае, в случае движения спутника вокруг Земли, к телу приложена не касательная, а радиальная сила  $F$ .



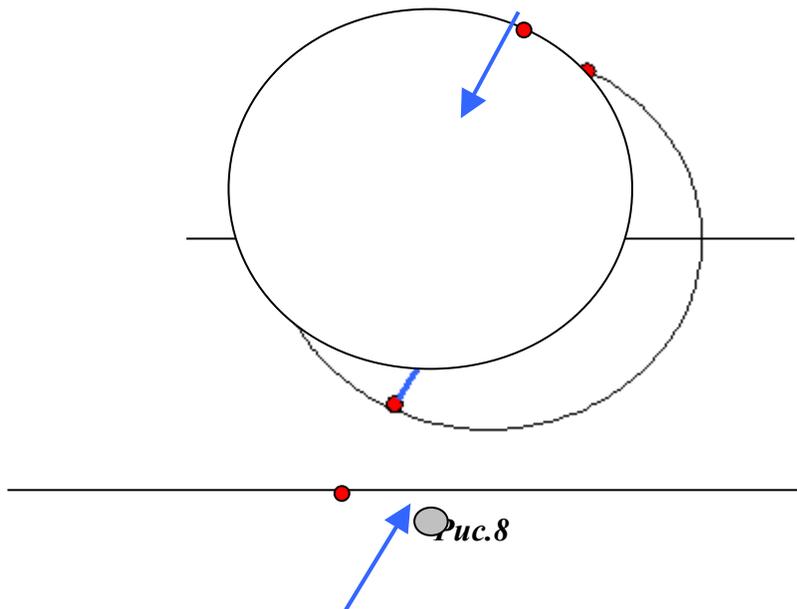
Следовательно, теорема в данном случае не относится. Теорема говорит о силе, которую мы прикладываем к телу для обеспечения движения тела в нем. А этот случай



Далее в теореме предполагается, что на тело действует произвольная сила, которая **создает ускорение в направлении своего действия**, и, значит, в свободном пространстве тело должно двигаться ускоренно, и вовсе не по кругу. А если мы хотим, чтобы тело еще и по кругу двигалось, то мы должны все время менять направление силы, так, чтобы она была направлена к центральному телу. Но, если на тело действует такая сила, то оно будет двигаться в этом поле по весьма замысловатой траектории, но опять-таки никак не по кругу. А чтобы оно двигалось по кругу, необходимо еще, чтобы в начальный момент своего движения оно уже двигалось с определенной скоростью, да и радиальная сила тоже была бы вполне определенной. Иначе движения по кругу не получится. Таким образом применять теорию потенциала к движению объектов в свободном пространстве нужно с большой осторожностью.

Но самое главное возражение «академической науки» - совершенно убийственное. Смотрите, говорят эти доктора наук, - на участке в верхней полуплоскости (рис.8) сила приложена в одном направлении, а на участке в нижней полуплоскости - в обратном направлении. Или, скажем иначе, при круговом движении всегда можно найти две точки, расположенные на одном и том же расстоянии от центра (одинаковый "потенциал"), в которых направления действующей силы - противоположные. А поскольку работа есть произведение силы на путь (с учетом знака вектора, конечно!), то суммарная работа будет равна нулю.

Вспомнили шарик над мраморной плитой?



**Но, простите, ведь работа равна скалярному произведению векторов, что вовсе не одно и то же. Работа не имеет знака!**

- А как же быть с отрицательной работой?" - возвращают нас академики в среднюю школу.- Посмотрите учебники в Интернете (которые они же сами и написали - прим. авт.). Разве там не написано, что шарик на участке подъема совершает отрицательную работу"?

Да, написано. Но это еще не значит, что написано правильно.

\* \* \*

Маневровый паровоз толкает состав по путям сначала в одну сторону, затем через полкилометра перегоняет его по параллельному пути, становится впереди движущегося состава, и затем начинает толкать состав в обратную сторону, к исходной точке. Разве произведенная паровозом работа равна нулю? Явно – нет. Но ведь движение происходило в "потенциальном поле" земного притяжения! А как же с математикой? А с математикой - см. выше, если еще не ясно, что теорема о движении в потенциальном поле никакого отношения не имеет к движению планет и маневровых паровозов.

Более того, еще ближе к нашему случаю пример с двумя паровозами на концах состава, один из которых вначале разгоняет состав, а второй затем его тормозит. Чему равна суммарная работа двух паровозов? Нулю???

(Этот случай больше похож на ситуацию в космосе, где на каждом элементарном участке орбиты приталкивание объекта к центру осуществляется не одним каким-то «двигателем», а различными микрочастицами, каждая из которых отдает (придает) объекту свою порцию скорости).

«Все зависит от того, как вы определили работу», - говорит мне доктор физматнаук. «Если вы ее определили как скалярное произведение векторов с учетом знака косинуса, то вы получите положительную работу на одном отрезке и отрицательную – на другом. Сложите все вместе – будет ноль!»

- А как же с затраченной энергией? - спрашиваю. – За сгоревший уголек в топке маневрового паровоза, как я отчитаюсь перед начальством? – спросите вы их.

-А сие нас не интересует – отвечают. – Определите работу по-другому, будет не ноль. Но пока что работа нами определяется вот так, что может быть и работа отрицательная. Не согласны? Перепишите учебники!

Мы не собираемся переписывать учебники. Мы собираемся игнорировать абсурд, созданный специально для того, чтобы замаскировать незнание академиками причины гравитации и движения планет... Да что там планет... Дело обстоит намного хуже, как выяснится при доигрывании.

И вот по этим вот вопросам приходится спорить с докторами наук месяцами! Работа не может быть "отрицательной"! Одна работа всегда складывается с другой! В пространстве нет выделенных направлений!

\*

Следующее возражение защитников "школьного образования" сводится к **одинаковым формулам** для кругового движения в пространстве и груза на нерастяжимой нити.

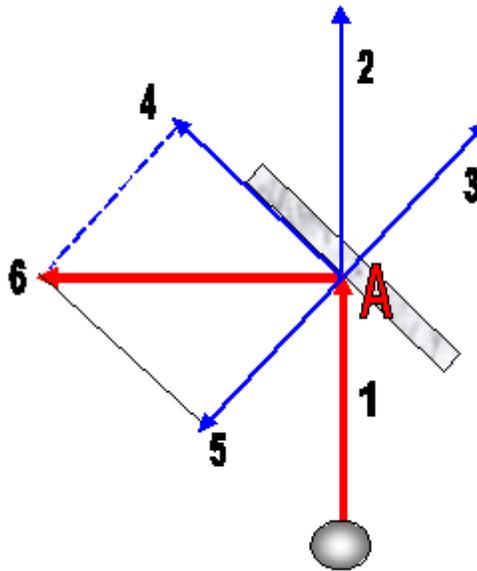
Чаще всего эти возражения начинаются с того, что при круговом движении (будь то спутника вокруг Земли или груза на нерастяжимой нити) расстояние до центра вращения не меняется, а стало быть, даже если сила к вращающемуся объекту и приложена, то изменения расстояния нет, и эта сила работы не совершает. А раз так, рассуждают они, то и в свободном пространстве должно происходить то же самое.

Выше мы уже видели, что в свободном пространстве эта сила таки совершает работу. Но посмотрим еще раз на случай груза на нити (камня, или даже ведра с водой на веревке), и попробуем понять, в чем же состоит отличие от движения в свободном пространстве.

**Движение шарика вдоль закругленной стенки.**

**В свободном пространстве движение к центру вращения вызывается внешней силой**, величина которой не зависит от скорости и направления движения тела, которые у него были до момента начала приложения силы.

А в случае движения тела по кривой, определяемой механической связью (преградой, нитью) **движение по кривой есть результат собственного движения массы** (груза, шарика). В чем же разница?

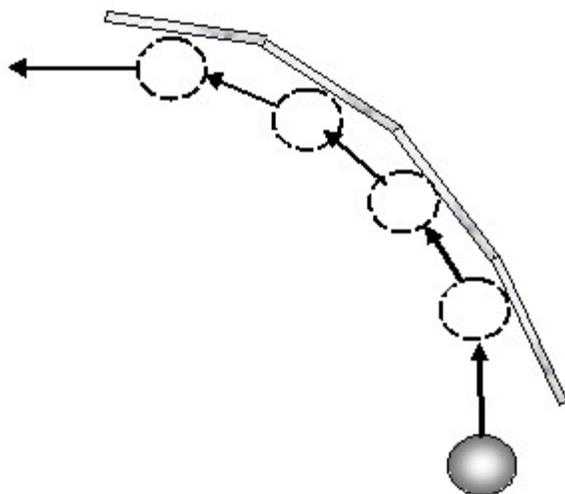


- 1- Количество движения шарика ( $mV$ )
- 2- Импульс силы, приложенный в точке «А» ( $Ft=mV$ )
- 3- Составляющая импульса, перпендикулярная плоскости отражателя
- 4- Составляющая импульса, параллельная плоскости отражателя
- 5- Реакция опоры по 3 закону Ньютона, равная перпендикулярной составляющей по величине
- 6- Результат сложения векторов 4 и 5

**Рис.9**

Проще всего это показать на примере отражения шарика от стенки, расположенной под углом 45 градусов к направлению движения шарика (рис.9). Теоретически этот случай не отличается от столкновения шарика с препятствием с очень большой массой, только нужно разложить действующие на шарик силы и скорости на их составляющие (рис.11). Удар шарика в стенку мы считаем абсолютно упругим, а потому нет никакого рассеивания энергии (а, стало быть, нет и снижения линейной скорости шарика).

Если мы теперь заменим угловую стенку на последовательность стенок, поставленных под меньшими и все увеличивающимися углами (рис.10), то никакой принципиальной разницы не будет. Можно считать движение шарика вдоль стенки непрерывной последовательностью абсолютно упругих ударов, а при этом никакой энергии не выделяется, и работы, как следствие, не производится.

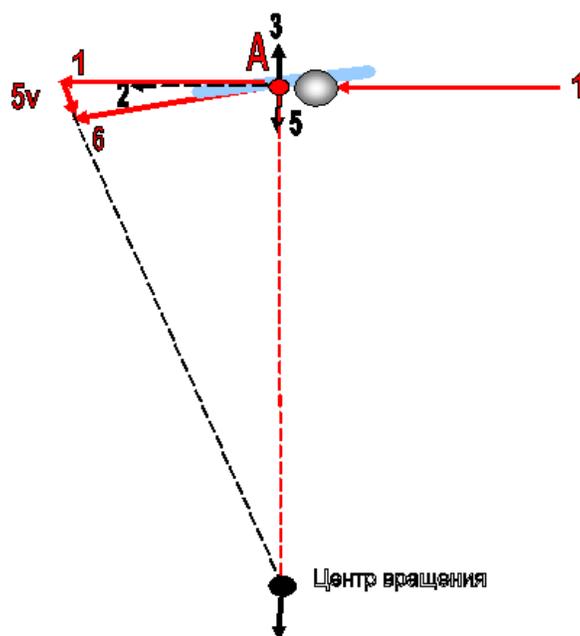


*Рис.10*

(Условно можно считать, что при своем движении вдоль стенки шарик сжимает некие «пружинки» в межатомных связях материала стенки, которые затем распрямляются).

То же самое можно считать в отношении груза на нерастяжимой нити, которая, выполняя роль стенки, изменяет направление движения шарика. В обоих случаях расстояние до центра вращения не меняется. Но работа в этом случае также не производится и энергия не расходуется. Ибо силы, вызывающие изменение направления шарика, являются следствием самого движения шарика, и не являются внешними независимыми силами.

На рис.11 показано разложение этих сил на составляющие.



- 1 -Количество движения шарика ( $mV$ )
- 2 - Импульс силы, приложенный в точке «А» ( $Ft=mV$ )
- 3 - Сила, перпендикулярная плоскости отражателя
- 4 -Составляющая импульса, параллельная плоскости отражателя - отсутствует
- 5 -Реакция опоры (сила) по 3 закону Ньютона, вызывает ускорение в направлении центра вращения ( $a$ , следовательно, и движение в этом направлении со скоростью  $5v$ )
- 6 -Результат сложения векторов 4 и 5

*Рис.11*

Только следует иметь в виду, что все это происходит при стремлении времени наблюдения к нулю!

Это отражается и в математических формулах, и в характере самого движения шарика как при наличии механической связи, так и при ее отсутствии в свободном пространстве. При этом важно, что хотя в одном-единственном случае эти математические выражения могут совпадать (чисто круговое движение), но во всех остальных они, естественно, дают разный результат. Так, при изменении скорости движения груза на нити, будут возрастать силы, действующие на груз и на нить, но расстояние до центра вращения останется постоянным, движение останется круговым (или именно поэтому). А при движении в свободном пространстве увеличение скорости объекта вызовет изменение траектории движения - она из круговой превратится в эллиптическую.

В первом случае радиальные силы зависят от скорости тела, во втором случае они от скорости тела не зависят. То есть это два принципиально разных случая. И утверждать, что это - два одинаковых случая только потому, что в одном частном случае движения по кругу расстояние до центра не меняется, означает двойку на вступительном экзамене в хороший институт, и безграмотность тех, кто ухитрился этот институт окончить. Повезло, однако, на экзаменах!

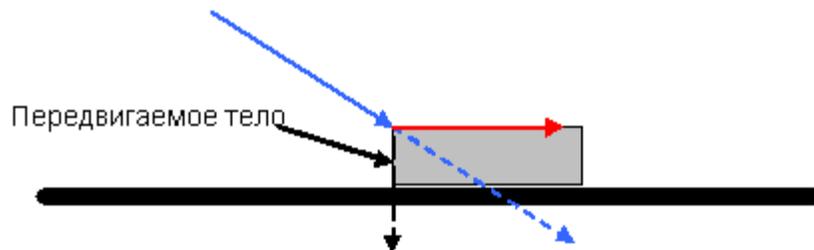
\*

А что же делать с косинусом между направлением действия силы и направлением движения тела?

И вот здесь мы можем ясно видеть, как заученная некорректная формулировка уводит нас с правильной дороги.

Для какого случая дана эта формулировка? Для частного случая движения тела **по направляющим!**

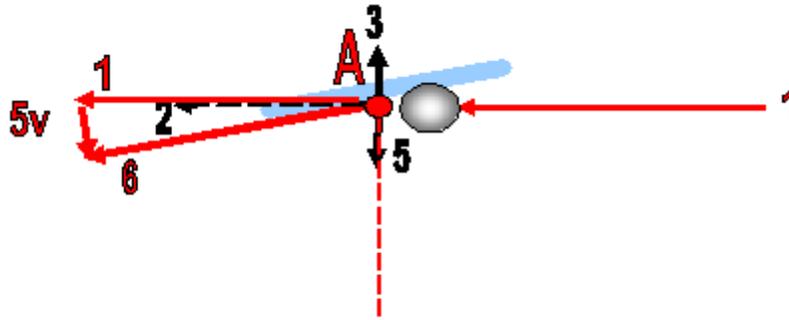
Так, если мы захотим двигать вагон по рельсам (сани или телегу по колее) таким образом, как показано на рис.12, толкая его сбоку, то, конечно, работу будет производить только та составляющая силы, которая направлена вдоль направления возможного (!) движения. Потому что в поперечном направлении, в направлении преграды, в направлении жесткой связи, движение невозможно.



*Рис.12*

\*

Для случая «груз на нити» применимы почти те же самые рассуждения, просто угол между направлением движения шарика и отражающей плоскостью очень мал (рис.11 почти идентичен рис.13 и перенесен сюда лишь для удобства).



*Рис.13*

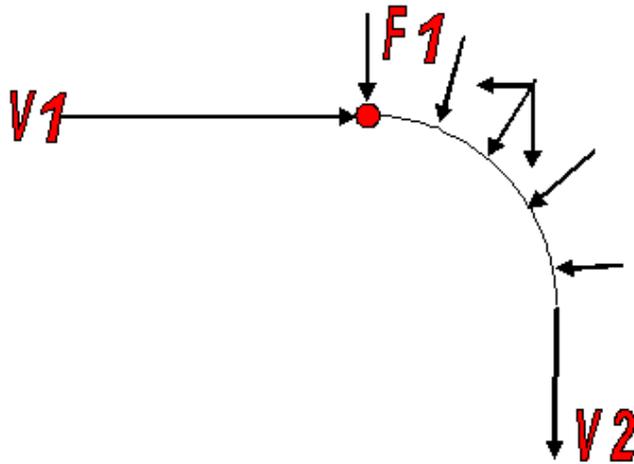
\*

И, наконец, шедевр «академического образа мышления» - отклонение частицы в магнитном поле. В одной из своих статей известные академики написали:

*В средней школе узнают, что в магнитном поле сила Лоренца тоже меняет направление движения заряженной частицы, но не влияет на её энергию.*

Сушая правда. Точно так же сила, отклоняющая планету от направления равномерного и прямолинейного движения не влияет на ее кинетическую энергию. Ибо линейная (орбитальная) скорость не меняется именно потому, что сила эта действует в перпендикулярном к линейной скорости направлении.

Но это не значит, что эта сила не совершает работы. Так, к примеру, через четверть оборота объекта на круговой траектории окажется, что направление его движения перпендикулярно первоначальному направлению движения (рис.14).



*Рис.14*

Куда же делась первоначальная скорость  $V1$ ? Она была постепенно скомпенсирована, погашена составляющей приложенной силы “ $F$ ”, в этом направлении движение объекта было заторможенным. Поскольку приложенная сила все время меняла свое направление, одна из ее составляющих была все время направлена против направления первоначального движения тела. Она тормозила это движение, и через четверть оборота свела его к нулю. Она совершила работу по торможению тела на всем пути, на котором она действовала.

Откуда взялась скорость  $V2$ ? От действия другой составляющей силы  $F$ , постоянно меняющей свое направление.

Таким образом, тело получило ускорение от одной составляющей «сил поля» и отдало часть своей энергии другой составляющей «сил поля».

**Вот в этом, по-видимому, и состоит заблуждение. РАБОТУ совершает СИЛА на расстоянии  $S$  или ускоряя тело до скорости  $V$ , а РАСХОДУЕТ ЭНЕРГИЮ  $E=mV^2$  ИСТОЧНИК СИЛЫ!**

**Вот что на самом деле означает фраза «численно равны»!**

**И это правильно. Потому что этот случай принципиально отличается от движения тел в свободном пространстве под действием гравитонов (а воздействие магнитного поля имеет совершенно другую причину и механизм).**

\*

Наконец, посмотрим, что же на эту тему говорят энциклопедии (ВИКИ не лучше остальных)?

## Круговое движение в энциклопедиях

[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5\\_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)

*В физике **круговое движение** — это вращение по кругу, т. е. это круговой путь по круговой орбите. Оно может быть равномерным (с постоянной угловой скоростью) или неравномерным (с переменной угловой скоростью). Вращение трёхмерного тела вокруг неподвижной оси включает в себя круговое движение каждой его части. Мы можем говорить о круговом движении объекта только если можем пренебречь его размерами, так что мы имеем движение массивной точки на плоскости. Например, центр масс тела может совершать круговое движение.*

**И тут же далее читатель вводится в заблуждение – камень на веревке уподобляется движению спутника**

*Примеры кругового движения: искусственный спутник на геосинхронной орбите, камень на верёвке, вращающийся по кругу (см. метание молота), болид, совершающий поворот, электрон, движущийся перпендикулярно постоянному магнитному полю, зубчатое колесо, вращающееся внутри механизма.*

*Круговое движение является ускоренным, даже если происходит с постоянной угловой скоростью, потому что вектор скорости объекта постоянно меняет направление. Такое изменение направления скорости вызывает ускорение движущегося объекта центростремительной силой, которая толкает движущийся объект по направлению к центру круговой орбиты.*

**Написано неграмотно, не по-русски. Следует читать:**

*Такое изменение направления скорости вызывается **ускорением** движущегося объекта **центростремительной силой**, которая толкает движущийся объект по направлению к центру круговой орбиты.*

**Или, еще более просто, понятно и правильно:**

***Центростремительная сила вызывает ускорение объекта по направлению к центру круговой орбиты, вследствие чего вектор скорости постоянно меняет направление***

*Без этого ускорения объект будет двигаться прямолинейно в соответствии с законами Ньютона.*

**Эта фраза очень важна и полностью соответствует ранее сказанному о понятии «сила». Ибо, если объект двигается не по прямой линии, значит, на него действует какая-то сила, создающая ускорение.**

**Формально – верно.**

Но если мы посмотрим на определение понятия **ВРАЩЕНИЕ**, определенное в той же энциклопедии:

<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%80%D0%B0%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5>

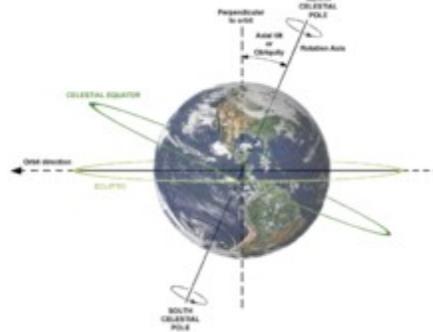
то увидим:

*Математически вращение — это такое движение абсолютно твёрдого тела, которое, в отличие от переноса, сохраняет неподвижными одну или несколько точек. Это определение применимо как для плоского, так и для трёхмерного пространства.*

И в той же статье ниже мы видим:

### **Вращение и орбитальное движение**

Основная статья: [Орбита](#)



*Поскольку движение по орбите часто используется как синоним вращения, во многих науках, особенно в астрономии и смежных областях, [термин] орбитальное движение применяется тогда, когда одно тело движется вокруг другого, тогда как вращение используется для обозначения вращения вокруг оси*

\*

Это как раз то самое, о чем мы и говорили выше.

Камень на веревке – это **ВРАЩЕНИЕ**, а спутник на орбите – это именно круговое движение (одного тела вокруг другого). Разница в русском языке не слишком заметная и даже для многих незаметная, но при использовании в качестве «терминов» эти понятия приобретают принципиально разное значение.

Тем не менее, та же статья энциклопедии сообщает нам:

*Вращение — это просто последовательная радиальная ориентация на общую точку. Общая точка расположена на оси вращения, которая перпендикулярна плоскости вращения. Если ось вращения расположена вне тела, то говорят, что тело находится на орбите.*

*Не существует принципиальной разницы между “вращением”, “орбитальным движением” и/или “спином”. Различие просто в месте расположения оси вращения: либо она внутри вращающегося тела, либо снаружи. Это различие можно продемонстрировать как для “жёсткого”, так и “нежёсткого” тела.*

**Существует. И об этом сказано выше. Для орбитального движения – очень даже принципиально! Ведь с самого начала сказано:**

*Математически вращение — это такое движение абсолютно твёрдого тела, которое, в отличие от переноса, сохраняет неподвижными одну или несколько точек.*

**А у тела, движущегося по орбите, НЕТ ни одной такой точки, хотя бы орбита была и круговая.**

\*

Из всего вышеизложенного, по мнению автора, должен следовать простой вывод, что, не представляя себе собственно "физики процесса", нельзя правильно применять и математические формулы.