

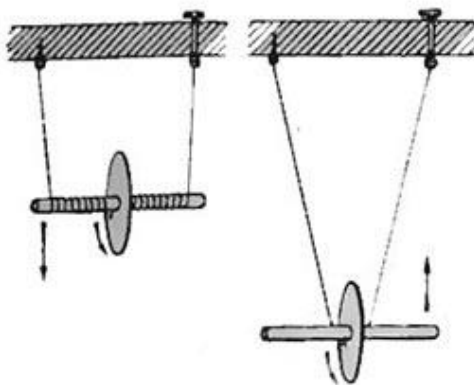
Маятник Максвелла или колесо Максвелла

(Источник: частично журн. «Physik in unserer Zeit»)



О, великий Максвелл! Однако маятник Максвелла не был им изобретён, а был только назван в его честь. Это устройство используют для обучения школяров и студентов, им украшают офисы, его дарят любознательным деткам. Идут годы, но только множатся всевозможные варианты этой научной игрушки!

Маятник Максвелла (иначе колесо Максвелла) известен как классическая иллюстрация превращения механической энергии. Маятник состоит из диска, который закреплён на горизонтально оси, а ось подвешена с двух сторон на длинных нитях к опоре. Концы нитей закреплены на оси вращения. При накручивании нити на ось вращения и её раскручивании маятник совершает колебательные движения вверх-вниз.



Для запуска маятника необходимо накрутить нити на ось, подняв, таким образом, маятник в наивысшую точку (потенциальная энергия здесь максимальна), а затем отпустить. Под действием силы тяжести маятник начнет опускаться вниз, всё быстрее вращаясь, с постоянным ускорением. Ускорение диска при его движении вниз не зависит от его массы и момента инерции, а зависит от соотношения радиуса оси вращения (r) и радиуса самого диска (R). По мере движения вниз потенциальная энергия ранее поднятого маятника переходит в кинетическую энергию поступательного и вращательного движения. Опускания и подъёмы диска со всё уменьшающейся амплитудой повторяются много раз, пока маятник, наконец, не останавливается, т.к. весь первоначальный запас энергии в результате трения превращается в тепловую энергию. Спустившись до самого низа – на сколько хватит длины нити (внизу кинетическая энергия маятника и его скорость максимальны), он продолжит вращение по причине инерции. При этом нити начнут накручиваться на ось вращения, и маятник станет под-

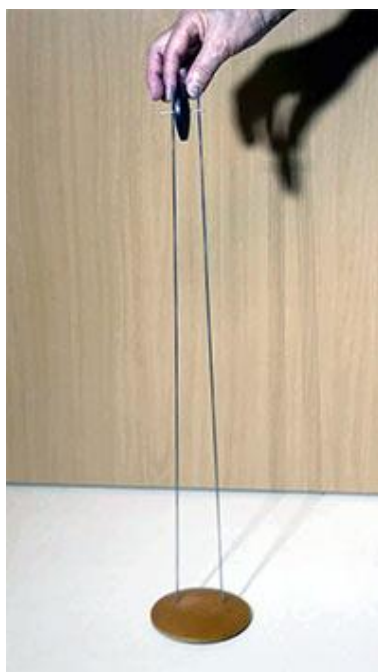
ниматься вверх. Однако теперь он не достигнет первоначальной высоты, т.к. часть механической энергии маятник теряет за счёт трения. Сделав несколько десятков колебательных движений (в зависимости от конструкции), маятник остановится. В нижней точке траектории маятник за очень короткий промежуток времени меняет своё направление движения. Здесь нить маятника испытывает сильный рывок. Сила натяжения нити в этот момент возрастает в несколько раз. Эта дополнительная сила натяжения нити тем меньше, чем меньше радиус



оси вращения, и тем больше, чем большее расстояние проходит маятник от начала движения до самой низшей точки. Если нить тонкая, то она может даже порваться.

Вместо обычного диска в маятнике Максвелла для вращения можно использовать и другие тела. Так существует, например, физическая игрушка (есть и аналогичные ей), повторяющая принцип действия маятника Максвелла. Это разноцветный попугайчик, закреплённый, на оси вращения. Правда такая красивая игрушка приобретает и проблему. Фигурка не симметрична, поэтому конструктору требуется поразмыслить, как совместить центр тяжести попугайчика с центром вращения.

Уже многие годы существует и ещё одна разновидность маятника Максвелла – Сизифов-маятник с намагниченной осью вращения. Как должен работать этот маятник? Имя Сизифа говорит само за себя. Точно посередине тонкой намагничивающейся хромированной



оси насажен сильный магнит не очень большого диаметра. На магнит одевается пластиковая шайба-диск. Две хромированные железные штанги-направляющие (длиной около 50 см) за-

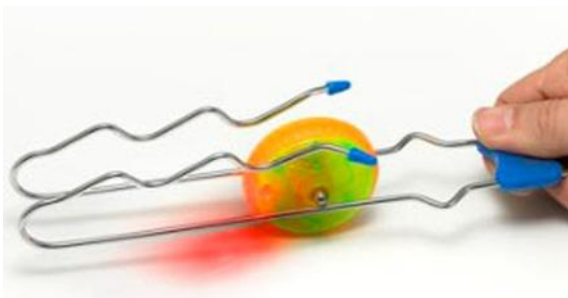
креплены на основании в вертикальном положении таким образом, что расстояние между ними внизу чуть больше длины оси с диском. Кверху устройства расстояние между штангами слегка сужается.

Проследим, как работает этот маятник. Сначала надо симметрично приставить ось с диском к штангам сверху с одной или с другой стороны и отпустить её. Притягиваясь к железу, намагниченная ось с диском под действием силы тяжести начинает сначала медленно, а затем всё быстрее скатываться, вращаясь, по штангам вниз. В зависимости от того, с какой стороны приставлена ось с диском к штангам, вращение диска будет вправо или влево. Возникшее в результате намагничивания притяжение оси к штангам обеспечивает не просто падение вниз, а вращение диска. Когда при скатывании диска вниз, расстояние между штангами становится чуть больше длины оси, то ось с диском проскакивает между штангами и попадает на их другую сторону. Сохранив направление вращения, диск, имеющий внизу максимальную скорость, проскальзывает между штангами на другую сторону и начинает подниматься вдоль них вверх. Это изменение направления движения диска полностью соответствует принципу движения классического маятника Максвелла. Разница состоит лишь в том, что трение намагниченной оси о штанги в этом случае зависит от силы намагничивания. Она должна быть при выборе конструкции маятника строго рассчитана, чтобы ось с диском не сорвалась в самой нижней точке своего движения.

Всем, как говорится, хороши и маятник Максвелла, и Сизифов-маятник, одно плохо, покачавшись некоторое время, они всё-таки останавливаются. И тут интересен ещё один вариант маятника, который волшебным способом будет крутиться, как покажется стороннему наблюдателю, сколько душе угодно! Он так и называется «волшебный маятник» (*Magic rail twirler*). Незаметные движения рук, и маятник никогда не остановится! Конечно, это шутка...



«Волшебный маятник» – это ещё один вариант игрушки маятника Максвелла. В этом маятнике «легким нажатием руки» штанги можно раздвинуть, и диск поменяет направление своего движения. На хромированных направляющих штангах располагается диск с магнитной осью, концы которой часто выполнены в виде конусов. При работе игрушки очень хорошо видно, как меняется направление движения диска при увеличении расстояния между направляющими. Незаметным движением руки можно компенсировать потери энергии и достичь более многократного колебания диска вверх-вниз или из стороны в сторону. Более современные модели игрушек оснащены даже подсветкой изнутри диска.



Вот так имя великого физика соединило детскую научную игрушку и серьёзный физический прибор. Если захотите поэкспериментировать с маятником Максвелла, то сделать его в наше время не очень и трудно. Берете лазерный диск, скручиваете из листа школьной тетради трубочку и вставляете в центр диска. Трубочка слегка разворачивается и заполняет бумагой все отверстие. Отрезаете две одинаковые нити покрепче и капаете клеем, приклеивая нити к концам трубочки и центр диска к середине трубочки. Осталось подвесить...



А для детских умов знаменитый Я.И. Перельман загадал когда-то физическую загадку: «Нити маятника Максвелла прикреплены к пружинному безмену. Что должно происходить с указателем безмена в то время, когда диск-маховик исполняет свой танец вверх и вниз? Останется ли указатель в покое? Если будет двигаться, то в какую сторону?»

Если вам не удалось сразу отгадать, то ответ Перельмана таков: «Когда диск опускается ускоренно вниз, чашка, к которой прикреплены нити, должна подниматься, так как освобождаемые нити не увлекают её вниз с прежней силой. Когда же диск-маховик поднимается замедленно вверх, то он натягивает наматывающиеся на его ось нитки, и они увлекают чашку вниз. Короче говоря, чашка и привязанный к ней диск-маховик движутся навстречу друг к другу». А вы как думали?

