

Кое-что о раскачивании на качелях



Вы заметили, как люди обычно начинают раскачивания на качелях? Маленькие дети садятся на сиденье и терпеливо ждут, когда качели сами начнут раскачиваться, или громко зовут маму ...

Они ещё не знают, что такое физика!

Дети старше и опытней садятся на качели, затем в зависимости от того, на сколько позволяет длина ног, достающих до земли, отступают ими как можно дальше назад (т. е. отклоняют качели от положения равновесия), и только затем поднимают ноги в воздух ... желая раскачаться сильнее, они начинают невпопад «брыкаться» на качелях, и иногда из этого кое-что получается ...

Но, скорее всего, они ещё тоже не в курсе физических законов!

С годами приходит умение. Удобно устроившись на качелях, сидя или стоя, повзрослевшие «детки» начинают раскачивания и практически из неподвижного начального положения добиваются сильнейших размахов качелей. Они как-то незаметно и во время покачиваются, приседают, выгибаются, делая это совершенно интуитивно...

Вот мы и добрались до возраста, когда детки уже многое знают о физике, маятниках и колебаниях, но совершенно тщётно просить их объяснить свои движения!

Для этого надо сначала «подумать»!

А может быть, подумаем вместе?

Начнём с того, что качели – это аналог нитяного маятника. А нитяной маятник может совершать свободные колебания, если вывести его из состояния равновесия. Вот Вам и начальное отталкивание ногами от земли!

Но, дальше-то интересней!

Свободные колебания в воздухе всегда затухающие, т.к. механическая энергия колеблющегося маятника в результате действия силы трения (в самих качелях и о воздух) неуклонно уменьшается и превращается в тепловую энергию.

А чтобы качаться долго-долго, колебания надо поддерживать!

Чтобы объяснение было наглядней, представим себе человека, качающегося на качелях стоя.

Что же он делает для того, чтобы раскачаться сильнее?

Правильно подумали!

Человек приседает, когда качели идут из верхней точки вниз, и встаёт, выпрямляя ноги, когда достигает самого низкого относительно земли положения, причем делает он это периодически (практически при каждом движении вниз вперёд лицом).

А зачем? Что, чем сильнее жмешь ногами на качели, тем лучше?
Нет, сила здесь ни при чём, а вот глубина приседания – может быть!
Здесь возникает то, о чём молчат в базовом курсе школьной физики!
Незатухающие параметрические колебания маятника!
Знакомимся ...

С «незатухающими» всё ясно – чего хотели, того и добились!
А что такое «параметрические»?

Параметрическими колебаниями называются колебания, при которых меняются параметры колебательной системы. В данном случае изменяющимся параметром маятника будет длина нити маятника.

Так что же мы меняем, приседая и поднимаясь на качелях?

Оказывается, если нитяной маятник – это шарик на ниточке, то человека на качелях тоже можно представить «шариком», который находится на уровне центра тяжести человека (около «пупка»). Расстояние от центра тяжести человека до оси вращения качелей – это длина нити маятника (ну, а если у Вас сидение на качелях тяжёлое, то придётся поискать точку общего центра тяжести системы). А приседая и поднимаясь, т.е. перемещая центр тяжести тела вверх или вниз, мы меняем «длину нити» маятника!

А от длины нити маятника многое зависит: и период колебания маятника, и частота колебания маятника, и ... т. д., только начни писать формулы!

Перемещая центр тяжести тела, человек меняет длину нити маятника, т.е. параметры колебательной системы.

Параметрические незатухающие колебания можно пронаблюдать и на обычном нитяном маятнике. Если нить, пропущенную через неподвижное кольцо, периодически подтягивать, когда маятник проходит через положение равновесия, и отпускать в положениях максимального отклонения маятника, то амплитуда колебаний маятника будет возрастать.

Увеличение амплитуды колебаний четко говорит о возрастании энергии маятника.

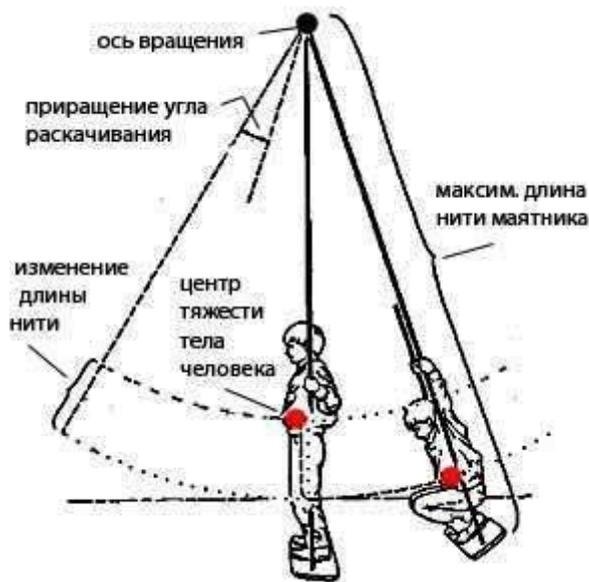
Здесь энергия колебательного движения маятника будет поддерживаться за счёт работы, совершаемой рукой при изменении длины нити.

В этом случае наблюдается параметрический резонанс.

Раскачка качелей также обусловлена параметрическим резонансом, возникающем при приседании и вставании человека на качелях.

Что же делает человек, приседая и вставая? Он совершает работу. В этом случае потери механической энергии качелей на трение и сопротивление воздуха компенсируются работой сил человека, изменяющих параметры системы.

Каждый, кто сам качался на качелях, знает, как легко присесть «наверху» и как трудно выпрямиться «внизу»! Чтобы увеличить механическую энергию колебаний качелей, человек должен вставать, когда для этого необходимо приложить максимальное усилие, т.е. в нижней точки траектории, при этом будет совершена максимальная работа. Если уменьшать длину «нити» качелей в нижнем положении и увеличивать в крайних положениях, то работа силы человека за период колебаний будет положительной, и ам-



плитуда колебаний будет возрастать, т.е. совершение человеком работы при вставании будет восполнять потери механической энергии качелей.

Интересно, что возбуждение параметрических колебаний может происходить, если параметр будет меняться даже при редком воздействии, например, при приседании и вставании всего один раз за период колебаний или даже реже.

Максимальное же раскачивание качелей произойдёт, когда частота изменения параметра в два раза превысит собственную частоту колебаний качелей – за один период (одно качание «туда – обратно») нужно дважды присесть и дважды встать. Возникнет параметрический резонанс. В отличие от вынужденных колебаний он наступит в том случае, когда частота изменения параметров системы станет в два раза больше собственной частоты колебаний системы.

Ну, а если Вы не настолько легкомысленны, чтобы качаться на качелях стоя?

В режиме «сидя» всё происходит аналогично. Периодически откидываясь назад или усаживаясь вертикально и поднимая ноги, Вы меняете положение центра тяжести тела... а об остальном мы уже говорили!

Чем же с точки зрения физики незатухающие параметрические колебания отличаются от незатухающих вынужденных колебаний, когда заботливая мама сама раскачивает качели с ребенком?

– А видом внешнего воздействия! При вынужденных колебаниях периодически действующая «мамина» сила, поддерживающая незатухающие колебания, задана извне, и параметры системы при этом остаются постоянными.

Вот так, все формулы и теоретическое обоснование данного явления можно найти на страницах учебников «Теоретическая физика». А мы с Вами просто обратили внимание на то, что при качании на качелях «не все так просто»!

Правда, хочется сесть на качели и проверить всё в действии?..



По материалам интернета