

Департамент образования администрации г. Перми
МБОУ «Лицей №1», г. Перми

Учебно-исследовательская работа по физике

Тема: Маятник Максвелла. Построение модели аттракциона на платформе маятника Максвелла.

Работу выполнил ученик 212 группы

Хабиров Арыслан Ряисович

Научный руководитель

Саввина Марина Витальевна

Научный консультант

Преподаватель физики МБОУ «Лицей №1»

Саввина Марина Витальевна.

Annotation

The research enters around the analysis of the pendulum model with the assessment of its key features which later can be used for developing a new assessment park ride. Energy expenses of this ride is compared to that of other similar rides. Conditions of stable pendulum oscillations are defined.

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Описание маятника Максвелла.....	4
§1. Понятие маятника Максвелла.....	4
§2. Разновидности маятника Максвелла.....	5
§3. Затраты энергии предполагаемого аттракциона на платформе маятника Максвелла.....	8
Глава 2. Практическое изучение маятника Максвелла.....	10
§1. Практическое подтверждение закона сохранения энергии на примере маятника.....	10
§2. Зависимость периода и времени затухания маятника Максвелла от различных величин.....	12
§3. Период маятника Максвелла.....	15
§4. Условия стабильных колебаний маятника Максвелла.....	16
Заключение.....	17
Список использованной литературы и сайтов.....	18

Введение

Технический прогресс идет, все больше наращивая темпы. Он служит для различных сфер нашей жизни: быта, работы. Но одну из важнейших ролей в современном мире он играет, решая задачи науки и военной промышленности. Попутно с ними развивается и развлекательная отрасль. Ведь появление новых видов игрушек и аттракционов востребовано в слоях массовой культуры. Причем с каждым днем возникает необходимость более креативного подхода к их производству (в целях завлечения наибольшего количества покупателей) и модернизации (для ведения эффективного бизнеса). Аттракцион, созданный на платформе маятника Максвелла, – это один из тех видов развлечений, которые соответствуют данным подходам.

Целью этого исследования является анализ модели маятника, позволяющий оценить и выявить его ключевые характеристики, которые могли бы в дальнейшем лечь в основу разработки новой модели аттракциона.

Задачи:

- * Проследить зависимость периода и времени затухания от массы диска
- * Проследить зависимость периода и времени затухания от радиуса диска
- * Проследить зависимость периода и времени затухания от длины нитей

Глава 1. Описание маятника Максвелла.

§1. Понятие маятника Максвелла.

«1) Маятник Максвелла представляет собой диск (1), туго насаженный на стержень (2), на который намотаны нити (3) (рис. 2.1). Диск маятника представляет собой непосредственно сам диск и сменные кольца, которые закрепляются на диске.

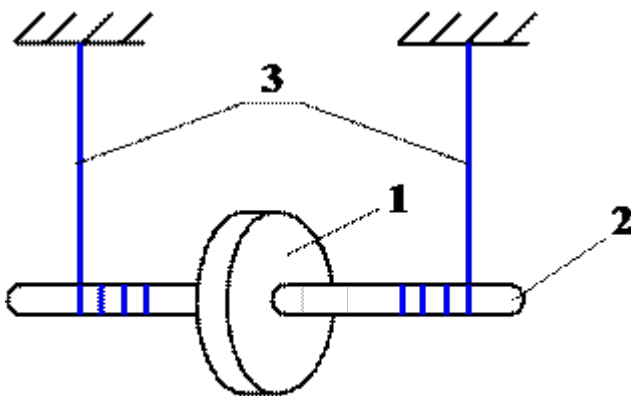


Рис. 2.1

Маятник Максвелла представляет собой массивный диск, насаженный на стержень и подвешенный с помощью нитей к горизонтальной опоре. Если, накрутив нити на концы стержня, поднять маятник на некоторую высоту h относительно положения равновесия o и отпустить, то маятник начнет поступательное движение вниз, одновременно вращаясь вокруг оси симметрии. При этом запасенная им потенциальная энергия будет переходить в кинетическую энергию поступательного и вращательного движения. Достигнув положения равновесия, маятник, у которого потенциальная энергия полностью перешла в

кинетическую, не остановится. Он по инерции будет продолжать вращение, нити начнут наматываться на стержень (уже с другой стороны), и маятник вновь поднимется вверх.

Однако из-за убыли механической энергии, вследствие трения нитей о стержень и сопротивления воздуха, расстояние, пройденное маятником при подъеме, окажется меньше, чем при спуске. Поэтому колебательное движение маятника (движение вниз и вверх) оказывается затухающим. Если трение нитей о стержень мало (колебания медленно затухают), им можно пренебречь и считать, что во время движения как при спуске, так и при подъеме на маятник действуют постоянные по модулю и направлению силы: сила тяжести mg и удвоенная сила натяжения одной нити $2F_n$. В таком случае можно считать, что маятник движется с постоянным линейным ускорением a .» [1].

§2. Разновидности маятника Максвелла

«Вместо обычного маятника Максвелла для вращения можно использовать и другие тела.

1. Так существует, например, физическая игрушка (есть и аналогичные ей), повторяющая принцип действия маятника Максвелла. Это разноцветный попугайчик, закрепленный, 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.



2. Уже многие годы существует и еще одна разновидность маятника Максвелла - **Сизифов-маятник** с намагниченной осью вращения.

Точно по середине 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) закреплены на основании в вертикальном положении таким образом, что расстояние между ними внизу чуть больше длины оси с диском. К верху 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 ее.

Притягиваясь к железу, намагниченная ось с диском под действием силы тяжести начинает сначала медленно, а затем все 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.

3. **«Волшебный маятник»** – это еще 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» [1].



§4. Затраты энергии аттракциона на платформе маятника Максвелла.

Как уже было описано выше, маятник Максвелла демонстрирует превращения энергий: из потенциальной в кинетическую (вращения и поступательного движения) и наоборот. Поэтому можно качественно оценить количество потребляемой энергии предполагаемого аттракциона и сравнить его с ресурсами, потребляемыми другими аппаратами развлекательной сферы.

Энергия, затраченная на то, чтобы подготовить «аттракцион Максвелла» к эксплуатации, будет расходоваться на подъем пассажирской кабинки на необходимую высоту (Откуда будет происходить запуск), где ее следует зафиксировать. Таким образом, работа тока, совершаемая для подъема, будет произведена лишь раз, в то время как сам процесс колебаний будет происходить только под действием силы тяжести.

Действие же большинства прочих аттракционов основано на принципе периодического добавления энергии в колебательную систему.

Например:

1) «Емеля» (Г. Пермь).



2) «Super spin» (Г. Пермь)



Имеет место отметить, что аттракцион на платформе маятника Максвелла будет потреблять энергии меньше, чем другие, подобные ему установки. А значит и его обслуживание (Например финансовые затраты), будет требовать меньших вложений.

Глава 2. Практическое изучение Маятника Максвелла.

§1. Практическое подтверждение закона сохранения энергии на примере маятника.

На некоторой высоте h вращательная система имеет максимальную потенциальную энергию $E(п)$, которая равна mgh .

Где g - ускорение свободного падения, m - масса вращательной системы

После начала вращения и поступательного движение вниз маятник приобретает кинетическую энергию вращения $E(кв) = \frac{J\omega^2}{2}$ (где J - момент инерции диска, ω - угловая скорость диска) и кинетическую энергию поступательного движения $E(кд) = \frac{mv^2}{2}$ (где m - масса диска, v - скорость поступательного движения).

На минимальной высоте, в которой маятник прекращает свое поступательное движение, энергия вращения становится максимальной, то есть

$$mgh = \frac{J\omega_{max}^2}{2},$$
$$\rightarrow mgh = \frac{mr^2\Delta f^2}{4\Delta t^2} \quad [1]$$

(Где Δf – угол, на который диск повернулся в нижней точке, Δt – время, за которое диск повернулся на Δf).

Значения, которые были получены опытным путем:

h, м.	r, м	Δf , рад.	Δt , сек.

0,42	0,052	2π	0,08
------	-------	----	------

Подставим их в исходное уравнение [1] и получим:

$$10 * 0,42 = \frac{0,052^2 * \pi^2}{0,08^2}$$

$$\rightarrow 4,2 \text{ (примерно)} = 4,16$$

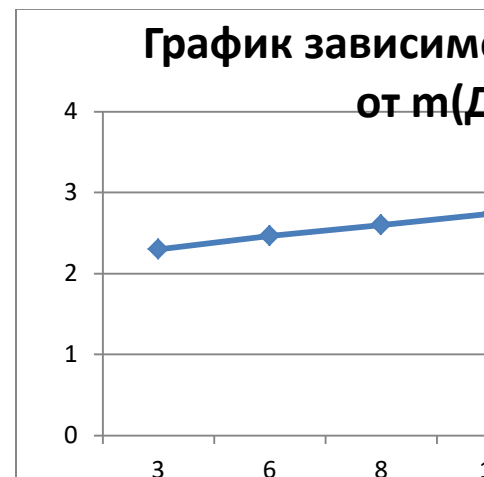
Закон подтвержден.

§2. Зависимость периода и времени затухания Максвелла от различных

величин.

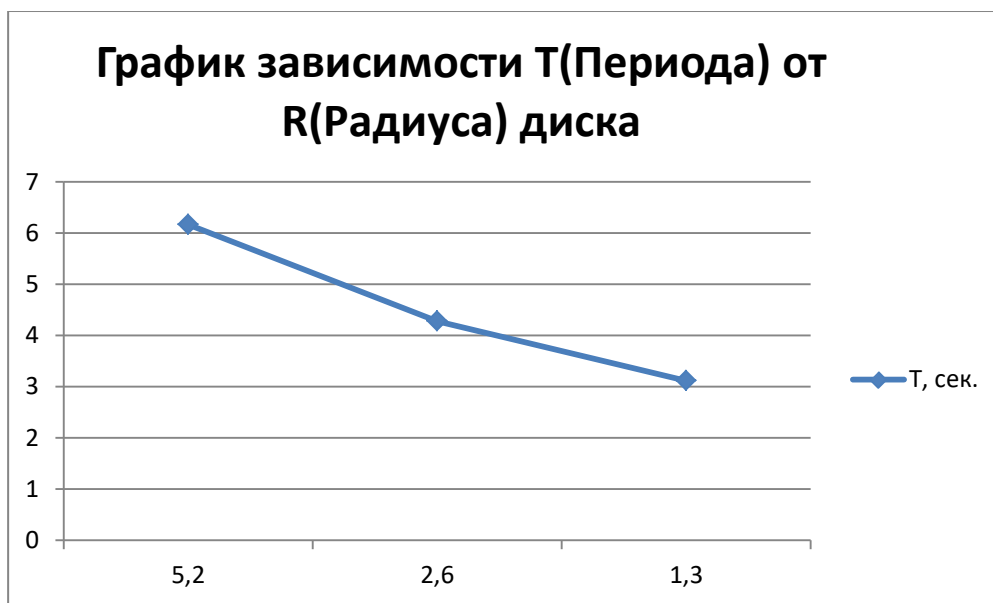
1. Зависимость от массы диска.

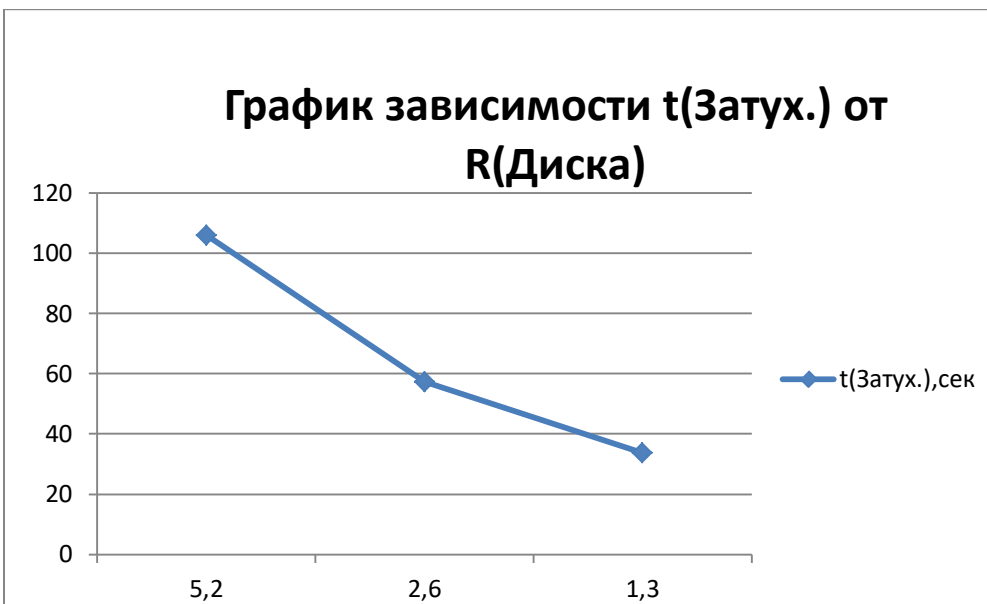
	m, кол-во дисков	T, сек.	t (Затухания), сек
1	3	2,3	31,53
2	6	2,46	42
3	8	2,6	49,4
4	11	2,74	59
5	13	2,9	65



2. Зависимость от **радиуса** диска.

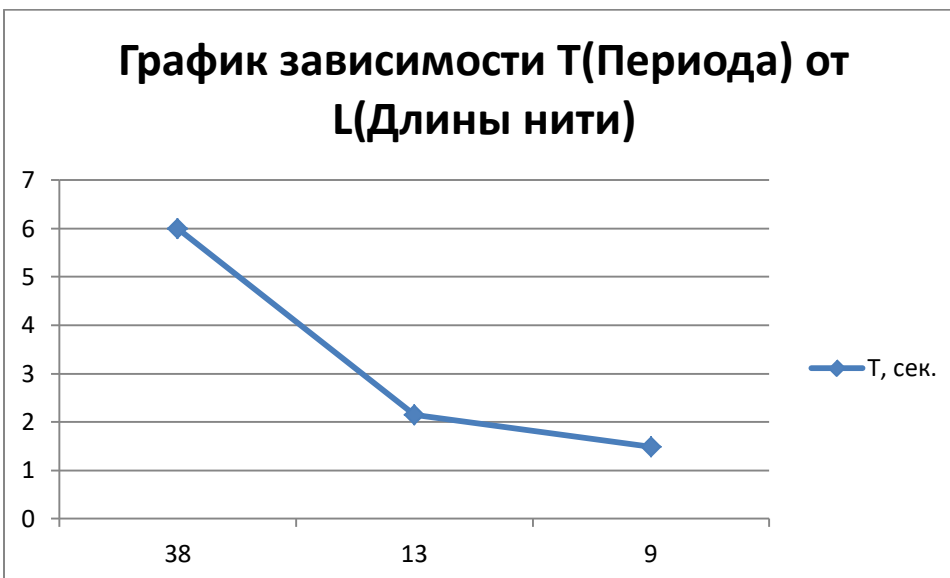
	R, см	T, сек.	t (Затухания),сек
1	5,2	6,17	106
2	2,6	4,28	57,3
3	1,3	3,12	33,65

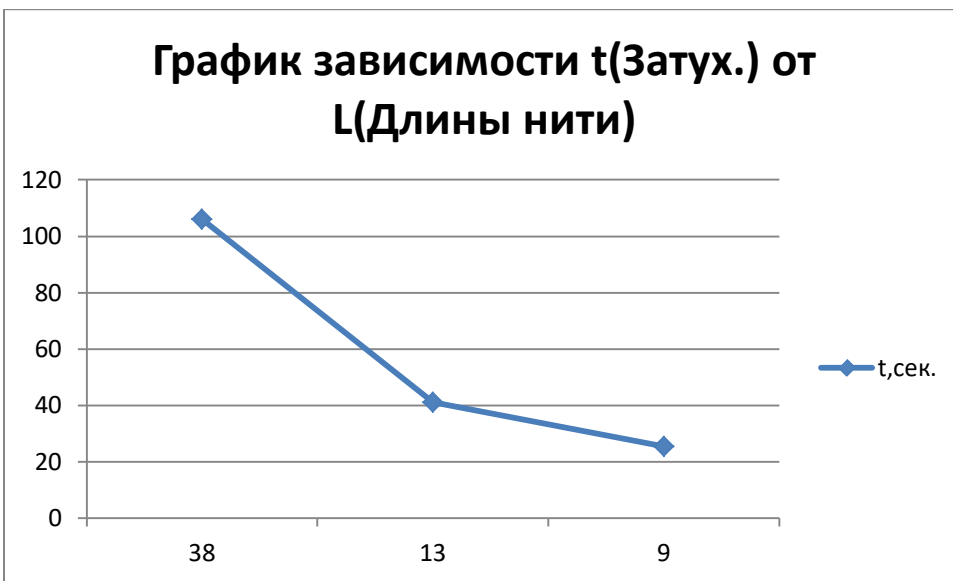




3. Зависимость от длины нитей.

	$L, \text{ см.}$	$T, \text{ сек.}$	$t, \text{ сек.}$
1	38	6	106
2	13	2,15	41,1
3	9	1,48	25,1





§3. Период маятника Максвелла.

Период маятника Максвелла определяется по формуле:

$$T = 2 \sqrt{\frac{2l}{g} \left(1 + \frac{J}{mr^2} \right)}$$

где l — длина нити, r — радиус оси диска, J — момент инерции.

Оценивая данные зависимости и сопоставляя их с результатами практических наблюдений, можно сделать вывод, что для увеличения периода следует:

*Увеличить длину нитей

*Увеличить радиус диска

*Увеличить массу диска

Таким образом, нетрудно предположить, что регулирование длительности колебаний предполагаемого аттрактора, в зависимости от предпочтений клиентов, возможно и может быть реализовано тремя перечисленными методами.

§4. Условия стабильных колебаний маятника Максвелла.

В ходе практического изучения маятника выявились следующие требования, которые необходимо соблюдать, чтобы избежать дестабилизации процесса его колебаний:

1. Расположение нитей маятника:

*Нити должны быть параллельны между собой

*Нити одинаковой длины должны быть перпендикулярны прямой, проходящей через точки крепления нитей к опоре

*Нити должны быть перпендикулярны к стержню

*Нити неодинаковой длины могут быть не перпендикулярны к прямой, проходящей через точки крепления нитей к опоре, но обязаны быть перпендикулярны стержню

2. Опора:

*Прямая, проходящая через точки крепления нитей к опоре, должна быть параллельна земле

3. Диск и стержень:

*Угол между плоскостью диска и прямой стержня равен 90 градусов

Заключение

Подводя итоги практического исследования, можно сделать вывод, что аттракцион, созданный на платформе маятника Максвелла, может быть достаточно выгоден и практичен.

Зависимость от массы, радиуса диска и длины нитей такова, что при их уменьшении, сокращаются и период, и время затухания маятника. Поэтому, для достижения наибольшей периодичности и продолжительности действия аттракциона, требуется взять такие его составляющие, характеристики которых были бы наибольшими.

Список использованных веб-сайтов:

1. [1]- https://studopedia.ru/17_119486_mayatnik-maksvella.html
2. [2] - <http://class-fizika.ru/ni-max.html>

