Муниципальное учреждение дополнительного профессионального образования
«Информационно-методический центр»
142100, Московская область, Г.о. Подольск, ул. Комсомольская, дом 73
тел: 8 (4967) 63-82 60 E-mail: pimc@inbox.m

КОНФЕРЕНЦИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ «ШАГ В НАУКУ»
СЕКЦИЯ ФИЗИКИ

Исследовательская работа.

Человек – «маятник».
Исследование характеристик математического (нитяного) маятника на примере работы звеньев и частей тела человека.

Автор работы:
Гаврилов Максим, Искандаров Элнур,
обучающиеся 9 В класса
Руководитель работы:
Зданевич Надежда Владимировна
учитель физики
высшая квалификационная категория
8(903)1719914

Г.о. Подольск
2021 г.

Оглавление

Введение.....2-3

Глава 1. Из истории маятников.....3-4

Глава 2. Понятие математического маятника.. 4-5

Глава 2.1. Звенья и части тела человека, как маятники……...5-6

Глава 3. Практическая часть

Исследования №1, №2, №3 …..……..…… 7-8

Заключение 9-10

Список литературы 11

Приложение 1 12

Приложение 2 13

Приложение 3 14

Приложение 4 15

Введение.

Предлагаемая вниманию работа – это еще одна попытка изучить колебательные процессы, которые порождают целый мир волновых явлений, связанных с распространением колебательного процесса в любых материальных средах за счёт взаимодействия структурных элементов среды (атомов и молекул) между собой.

В этом году, изучая тему «Механические колебания», мы рассматривали колебательные движения на примере двух маятников – математического (нитяного) и пружинного. Узнали, какими основными физическими величинами характеризуется колебательное движение: периодом, частотой и амплитудой.

В связи с этим возникла проблема исследования: экспериментально провести опыты, позволяющие убедиться в справедливости формул некоторых характеристик математического (нитяного) маятника и их применение на модели «Человек-маятник.»

Гипотеза: Возможно ли изучить характеристики математического (нитяного) маятника с помощью исследований, поставленных в условиях школы или в домашних условиях?

Цель исследований: Изучить теоретические основы колебательного движения, провести измерения, выявляющие, от чего и как зависит период математического (нитяного) маятника.

Объект исследований: Математический (нитяной) маятник.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели нам необходимо решить следующие задачи:

- Изучить учебную литературу о колебаниях.
- Проследить историю маятников.
- Изучить методику проведения исследований.
- Провести исследования и сделать соответствующие выводы.

Методы исследования.

Для решения задач и выполнении работы были использованы следующие методы исследования:

- метод изучения научно-популярной литературы, информационных ресурсов в сети интернет;
- математический метод;
- метод измерений;
- метод сравнения и анализа полученных результатов;

Глава 1. Из истории маятников.

Рассматривая малые колебания, мы еще раз убеждаемся, что они являются одним из ярких физических феноменов и поэтому вполне заслуженно включены в «золотой фонд» науки. Их история связана с именем великого Галилея упомянуто не случайно.

Галилео Галилей(1564-1642) - великий итальянский ученый один из создателей точного естествознания. Родился в городе Пизе. Учился сначала в монастырской школе, а затем в университете. Еще в студенческие годы Галилей увлекся изучением колебаний. Он обнаружил, что колебания маятника не зависят от его массы, а определяются длиной подвеса. Сохранилось предание о том, как молодой студент медицинского факультета Галилео Галилей в одно из воскресений 1583 года с интересом следил за качаниями зажженных лампад в церкви. По ударам пульса он определил время, необходимое для полного размаха лампад. С этого времени медицину пришлось ему оставить и сосредоточиться на физике. Поразительно, как много удалось ему совершить. Достаточно сказать, что принцип относительности, впервые сформулированный Галилеем, входит в качестве основного постулата в специальную теорию относительности, являющуюся неотъемлемой частью современной физики. Он опубликовал исследование колебаний маятника и заявил, что период колебаний не зависит от их амплитуды. Так же было обнаружено, что периоды колебаний маятников соотносятся как квадратные корни из его длины. Эти исследования заинтересовали другого не менее знаменитого ученого Христиана Гюйгенса, который первым предложил использовать маятник в качестве эталона для

регулирования хода часов и первым создал реально действующий образец таких часов (рис.1). Пытался создать маятниковые часы и сам Галилей, однако он умер, не успев закончить эту работу.

Формула периода колебания этого маятника была выведена именно голландским ученым Гюйгенсом (1629-1695 гг.). Это современник И. Ньютона, который очень увлекался данной механической системой. В 1656 г. он создал первые часы с маятниковым механизмом. Они измеряли время с исключительной для тех времен точностью. Именно это изобретение стало важнейшим этапом в развитии физических экспериментов в практической деятельности.

Глава 2. Математический маятник.

В этой простейшей системе под воздействием периодического возмущения возникает хаос. Только в том случае, когда точка подвеса не двигается, а совершает колебания, у маятника появляется новое положение равновесия. При быстрых колебаниях вверх-вниз эта механическая система приобретает устойчивое положение «вверх тормашками».

Что же мы считаем математическим маятником? Математическим маятником называют материальную точку (тело небольших размеров), подвешенную на тонкой невесомой нерастяжимой нити или на невесомом стержне (рис.2). Если в положении равновесия сила тяжести и сила упругости нити уравновешивают друг друга, то материальная точка находится в покое. При отклонении материальной точки от положения равновесия на малый угол α на тело будет действовать возвращающая сила F, которая является тангенциальной составляющей силы тяжести: $F=mg\sin\alpha$. Эта сила сообщает материальной точке тангенциальное ускорение, направленное по касательной к траектории, и материальная точка начинает двигаться к положению равновесия с возрастающей скоростью. По мере приближения к положению равновесия возвращающая сила и тангенциальное ускорение точки уменьшаются. В момент прохождения положения равновесия угол отклонения $\alpha=0$, тангенциальное ускорение также равно нулю, а скорость

материальной точки максимальна. Как только материальная точка проходит по инерции положение равновесия и, двигаясь далее, сбавляет скорость. В крайнем положении материальная точка останавливается и затем начинает двигаться в обратном направлении. Период колебаний математического маятника не зависит от амплитуды колебаний и массы груза и рассчитывается по формуле:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Глава 2.1. Звенья и части тела человека, как маятники.

Рассмотрим звенья тела человека (рис.3), продолжающие после разгона движение по инерции, и их движение имеет сходство с физическим маятником. Поэтому для них применимы те же формулы, что и для простых механических маятников. К основной характеристике, о которой идет речь – собственная частота колебаний, которая не зависит от массы качающегося тела, но зависит от его длины (при увеличении длины частота колебаний уменьшается). Маятник в поле действия силы тяжести, выведенный из равновесия, сначала под действием момента силы тяжести качается вниз, а далее, затрачивая приобретенную кинетическую энергию, поднимается вверх по инерции. Поэтому формула для определения период качения маятника имеет следующий вид:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mrg}}$$

I - момент инерции маятника относительно оси,

m - его масса,

g - ускорение свободного падения,

r - радиус до центра масс.

Когда мы ведем речь о звеньях и частях тела человека, то колебательные движения можно встретить при выполнении циклических движений, где многократно повторяется одинаковый ряд движений. Это может быть: частота шагов при ходьбе или беге, или гребков при плавании, взмахи руками при ходьбе и беге. При наиболее экономичном сочетании частоты и длины шагов или гребков человек демонстрирует существенный рост работоспособности. Приведем пример: при беге высокий спортсмен имеет большую длину шага и меньшую частоту шагов, чем более низкорослый спортсмен, при равной с ним скорости передвижения. При воздействии на упруго-вязкую систему циклической нагрузки амплитуда отклика системы будет зависеть от соотношения между частотой воздействия и собственной частотой системы. Максимальную амплитуду перемещения системы можно наблюдать, если частота действия силы будет равна собственной частоте колебания мышечного компонента биомеханической системы. В этом случае значение силы, необходимой для получения заданной амплитуды, будут минимальными. Известны собственные частоты колебания отдельных частей тела человека (Гц): глаза 12-17, горла – 6-27, грудной клетки – 2-12, рук и ног 2-8, головы – 8-27, живота 4-12 и т.д.

Глава 3. Практическая часть.

В работе мы решили проверить: если тело человека как в целом, так и отдельные части тела имеет сходство с математическим (нитяным) маятником, то для расчета характеристик будем применять те же формулы, что и для простых механических маятников.

Исследование №1.

Нахождение роста с помощью математического маятника по формуле:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

1. Подойти к двери или стене, приложить карандаш и сделать отметку.
2. Затем отрезаем нитку такой же длины, что и рост, прикрепляем к ней грузик и подвешиваем с помощью скотча в дверной проём или к стене.

3. Отсчитываем время за 10 или 15 колебаний.
4. Делаем расчет по формуле: T= t/N
5. Рассчитываем длину (рост) по формуле: $L = (T^2g)/(4\pi^2)$

Расчеты для наших случаев приведены в таблице №1 (прил.№3).

Исследование №2.

Рассмотрим на первый взгляд привычные для нас движения руками при ходьбе. «Нормальным» маятником исследователи называют перемещение левой руки вперед, на шаг правой ноги вперед, и наоборот. Маятниковые движения рук около неподвижного корпуса – это тоже маятник. Попробуем рассчитать период и амплитуду движения руки.

1. С помощью фито-браслета определяем: количество шагов и время.
2. Отсчитываем время за 10 и 20 взмахов (колебаний).
3. Делаем расчет по формуле: T= t/N
4. Определяем расстояние при взмахе рукой по формуле: S= (4A)(t/N)

Расчеты для наших случаев приведены в таблице №2 (прил.№3).

Исследование №3.

Ну и наконец: на первый взгляд движения руками при ходьбе не имеет смысла, зачем лишние движения? Исследователи измерили энергию у людей, которые двигались по-разному, размахивая руками. Движение рук уменьшает общее количество энергии, необходимое для ходьбы, но двигая руками синхронно, левая нога вперед левая рука вперед, увеличивает расход энергии на 26 процентов. Быстрые движения ногами требуют достаточно быстрых движений рук. Прямые затраты энергии будут, следовательно, увеличиваться. Это еще и хороший способ для сжигания лишних калорий. Процесс ходьбы и бега – это однотипные повторяющиеся движения нашего тела. При ходьбе перенос центра тяжести происходит в горизонтальной плоскости с опорой на обе ноги. При беге мы совершаем прыжки. Перенос центра тяжести осуществляется в вертикальной плоскости с приземлением на одну точку опоры. В этом случае наш организм

должен максимально координировать деятельность скелетных мышц и конечностей. Этот процесс требует больших затрат энергии.

Чтобы определить сколько калорий сжигается при ходьбе, воспользуемся следующими вычислениями:

$$E=0,007 * V^2 + 21$$

где V -скорость ходьбы в м/мин, Е—расход энергии (кал/кг/мин).

Например, при ходьбе со скоростью 6 км/час за 1 мин преодолевается 100 м, тогда $E = (0,007 * 100^2)+21 =91$ кал/кг/мин (расчет на 1 кг массы). Для человека с массой тела 70 кг расход энергии составит $E =[(0,007*100^2)+21]x70кг=6370$ кал/мин (6,37 ккал/мин), или 380 ккал/час (6,37 * 60 мин).

Чтобы определить сколько сжигается калорий при беге, произведем вычисления по формулам:

$$E =18,0 * V – 20$$

где V—скорость бега (км/час), Е—расход энергии (кал/кг/мин).

Рассчитаем расход энергии для человека весом в 70 кг, бегущего со скоростью 10 км/час: E = [(18,0 * 10) - 20] x 70 кг = 11200 кал/мин = 11,2 ккал/мин. Соответственно за час расход энергии составляет 672 ккал (11,2 x 60 мин).

Расчеты, проведенные нами, приведены в таблице №3 (приложение №4).

Глава 3. Заключительная часть. Выводы.

Заключение.

В результате мы получили следующие выводы:

1. Проведение исследований подтвердило, что с помощью маятника можно определить свой рост. Такое применение расчета длина подвеса может очень широко использоваться в быту. Например, если у Вас вдруг не найдется под рукой

сантиметра, то можно применить для расчета формулу из наших вычислений.

2. Возможно применять характеристики математического маятника к звеньям и частям тела человека, так как движение отдельных частей тела, как и само тело совершает маятниковые движения. Используя формулы для вычислений можно узнать амплитуду движения руки, период движения руки. Эти характеристики важно учитывать, когда идет речь о энергии, которую мы теряем (расходуем) при движении рук и какова их амплитуда. В ходе наших экспериментов была установлена следующая зависимость:

- чем чаще мы делаем взмахи рукой, тем больше расходуем энергии
- чем больше амплитуда взмаха, тем больше расход энергии телом.

3. И еще один вывод из наших исследований, который заключается в расчете энергии, которую мы затрачиваем при ходьбе и беге. Конечно бег является наиболее интенсивным методом затрат энергии или как мы привыкли выражаться сжигания калорий. Но ходьба, а в последнее время мы часто слышим название этой ходьбы- скандинавская или финская. Финская ходьба для похудения задействует 90% мышц тела. Во время тренировки работают ноги, руки, ягодицы, мускулатура спины и брюшного пресса. Верхняя и нижняя часть тела находятся в постоянном тонусе. Финская ходьба с палками – это аэробная тренировка, которая повышает пульс и запускает процессы жиросжигания.

Скандинавская техника для похудения в 2–3 раза эффективнее бега и обычной ходьбы. За 1 час интенсивной тренировки сжигается 400–500 ккал. Укрепляется и умеренно наращивается мышечная ткань, что увеличивает расход калорий в спокойном состоянии. Это ускоряет процесс снижения веса за счет жировой массы.

Проделанная работа позволяет утверждать, что эта тема может быть разработана и с применением современных технологий и точного расчета параметров с использованием компьютерного моделирования. Такие исследования непременно найдут свое применение в науке и технике недалекого будущего.

Эта тема актуальна, так как ее можно использовать нам и для дальнейшего изучения физических процессов и их применения на практике и создания новых научно-исследовательских проектов.

Список литературы:

1. Блудов М.И., Беседы по физике. М.: Просвещение, 2001 г.
2. Кабардин О.Ф., Факультативный курс физики 8 класс. М.: Просвещение, 2009.
3. Перельман Я. П., Знаете ли вы физику? Домодедово «ВАП», 2000г.
4. Перышкин А.В., Физика 9 класс. М.:Дрофа 2014г
5. Пинский А.А., Физика и астрономия. М.: Просвещение, 2010 г.
6. Рабиза Ф., Простые опыты. М.: Детская литература 2009 г..

Приложение 1.

Рисунок 1: Часы с циклоидальным маятником (сконструированные Гюйгенсом):

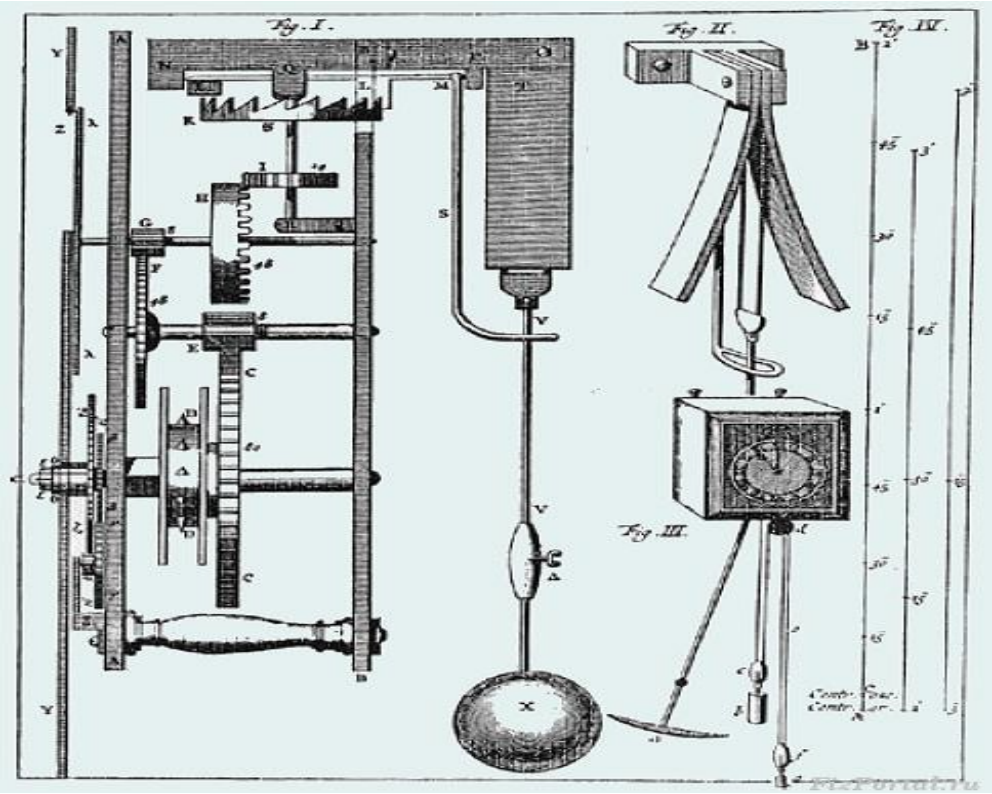
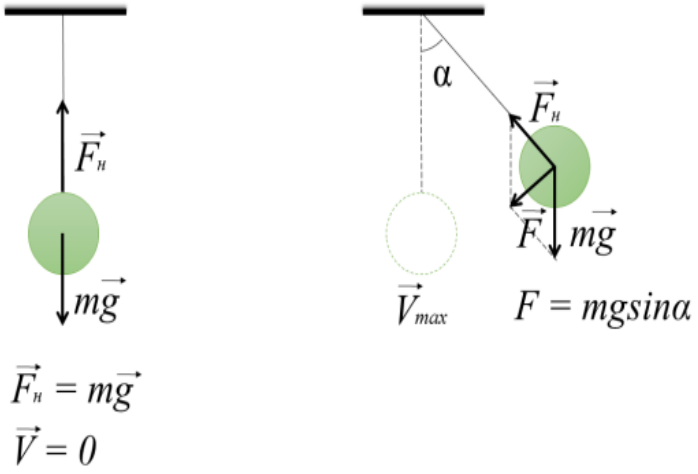
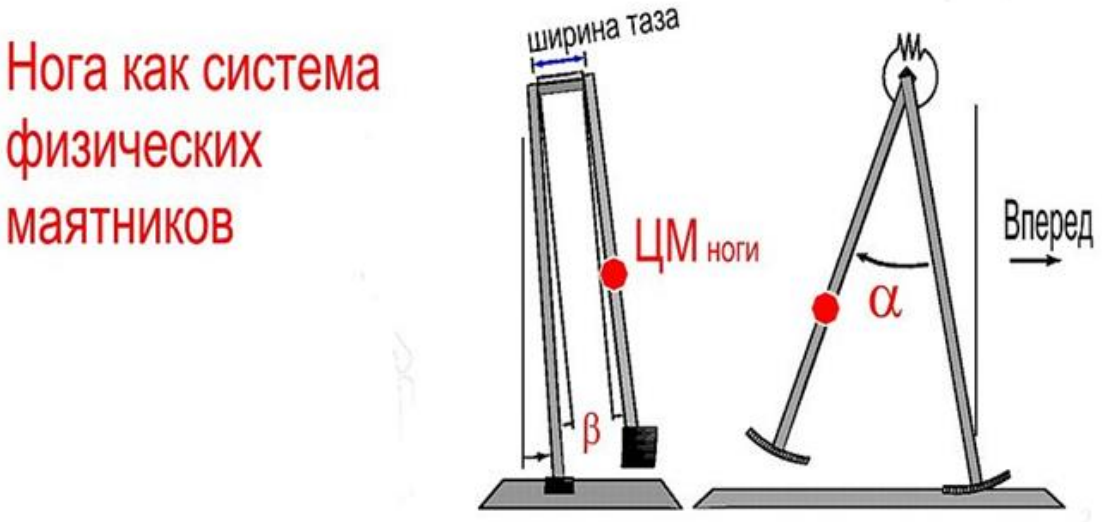


Рисунок 2: Устройство математического маятника, с учетом сил:



Приложение 2.

3. Ходьба с позиции физического маятника.



Приложение 3.

Таблица №1

Расчет роста человека, с помощью формул математического маятника:

№	t	N	T= t/N	$L = (T^2g)/(4\pi^2)$
1	26 с	10	2,6 с	1,67 м
2	52 с	20	2,6 с	1,73 м
3	10,4 с	4	2,6 с	1,72 м

Таблица №2

Расчет маятниковых движений рук и амплитуды их колебаний:

№п/п	Количество шагов	Время (с)	Число взмахов рукой	Амплитуда взмаха (м)	Период (с)	Расстояние при полном взмахе рукой (м)
1	250	128	125	0,17	1,104	0,75072
2	260	155	130	0,19	1,192	0,90592
3	340	226	170	0,24	1,329	1,27584

При увеличении числа и амплитуды взмаха руками, увеличивается и расстояние при полном взмахе рукой.

Приложение 4.

Таблица №3

Расчет расхода энергии при ходьбе:

№ п/п	Расчет скорости движения	Энергия при ходьбе
1	200 м - 0,96 м/с	0,44 ккал/мин на кг
2	400 м – 1,43 м/с	0,6253 ккал/мин на кг
3	800 м – 2,28 м/с	0,9199 ккал/мин на кг

Расчет расхода энергии при беге:

№ п/п	Расчет скорости движения	Энергия при беге
1	200 м – 0,61 м/с	0,6388 ккал/мин на кг
2	400 м – 0,91 м/с	0,9628 ккал/мин на кг
3	800 м - 1,38 м/с	1,4704 ккал/мин на кг