

Всероссийский конкурс учебно-исследовательских работ  
старшеклассников по политехническим, естественным, математическим  
дисциплинам для учащихся 9-11 классов

Направление Физика

## **Машина Голдберга**

Епифанов Сергей Павлович,  
Кондратенков Валерий Юрьевич,  
ученики 10 класса  
МБОУ «Плехановская СОШ»

Дарийчук Надежда Евгеньевна,  
учитель физики  
МБОУ «Плехановская СОШ»

Пермь. 2018

# Оглавление

Введение .....	3
Теоретическая часть.....	4
История возникновения .....	4
Применение Машины Голдберга .....	7
Основные законы физики в машине Голдберга .....	10
Практическая часть .....	12
Моделирование .....	12
Конструирование.....	15
Заключение .....	17
Приложение .....	19

## Введение

*«Ты все время говоришь себе: «Я могу это сделать, но не буду», — но это не более чем другой способ сказать, что ты не можешь»*

*Ричард Фейнман*

Наш класс ездил на конференцию по физике, больше всего нас впечатлило выступление о Рубе Голдберге, который создал «Машину Руба Голдберга, или «заумную машину», — это механизм, который выполняет простые действия чрезвычайно сложным путем. Мы задумались, можно ли создать такую машину в домашних условиях? Где и когда была создана первая машина в истории человечества, и какие законы физики используются для построения такой цепочки.

**Гипотеза исследования:** если изучить основные физические законы, на которых основывается действие машины Голдберга, то возможно создать машину в домашних условиях из подручных материалов.

**Объект исследования:** Машина Голдберга.

**Предмет исследования:** принцип устройства и его механизмы.

**Цель работы:** конструирование и создание простейшей машины Голдберга.

**Задачи:**

1. Изучить литературу по данной теме, рассмотреть историю возникновения и развитие;
2. Проанализировать физические принципы действия на данную цепь.
3. Сконструировать и собрать машину Голдберга.

При подготовке к созданию машины мы убедились, что в печатных источниках нет информации о данном объекте. Поэтому при написании работы использовали собственные знания и статьи из сети Интернет.

# Теоретическая часть

## История возникновения

**Машина Голдберга, машина Руба Голдберга, машина Робинсона-Голдберга, Машина Робинсона или заумная машина** — это устройство, которое выполняет очень простое действие чрезвычайно сложным образом — как правило, посредством длинной последовательности взаимодействий по «принципу домино». Эти машины получили своё название от имён американского карикатуриста и изобретателя Руба Голдберга и английского художника Уильяма Робинсона, которые использовали изображения таких машин в своих работах. Иногда это выражение используется для ироничного обозначения любой излишне сложной системы.

В течение всего XX века в различных странах карикатуристы использовали образ очень сложных машин, выполняющих неожиданно простые действия для создания комического эффекта. Как правило, такие механизмы получают в этих странах названия, связанные с изображающим эти механизмы художником.

Голдберг родился в Сан-Франциско в 1883 году прямо в День независимости. Отец очень хотел, чтобы он стал инженером. Мальчик выучился и полгода проработал на благо родного города, а точнее — на благо городской канализации, но его отношения с трубами и коллекторами не сложились, и позже он стал художником в местной газете.

Когда ему исполнилось двадцать четыре, Голдберг уехал покорять Нью-Йорк, где в 1915 году его работами заинтересовались газетные синдикаты. До недавнего времени в США не было всеамериканских газет, но в каждом штате, а иногда и в городе выходили свои газеты. Издатели покупали фотографии, карикатуры и статьи именно у газетных синдикатов.

Работы Голдберга можно разделить на несколько циклов, и самым известным остается цикл изобретений безумного профессора Люцифера Горгонзолы. Автоматическая салфетка, уникальная точилка для карандашей размером с

комнату, первая подушка безопасности, состоящая из таксы и черепахи, — это только некоторые примеры. Эти работы становятся популярными, и уже в 1931 году выражение «Rube Goldberg» включено в словарь Уэбстера как прилагательное, означающее достижение чего-то простого сложными средствами.

Чуть раньше английский художник Уильям Хит Робинсон публикует в газетах карикатуры сумасшедших изобретений, которые сложным и запутанным образом производят до смешного простые результаты, пародируя разнообразные бессмысленные изобретения времён Первой мировой войны. Уильям Хит получил известность, иллюстрируя книги Нормана Хантера о профессоре Брейнстоме — эксцентричном и забывчивом изобретателе сложных механизмов. В Великобритании такие сложные механизмы известны как «машины Робинсона». Именем Робинсона была названа Heath Robinson (codebreaking machine) сложная вычислительная машина, использованная во время Второй Мировой Войны для взлома немецкой шифровальной машины «Лоренц».

В это же время датский художник Роберт Сторм Петерсен, известный под псевдонимом Storm P, создаёт рисунки с подобными сложными машинами. Поэтому в Дании такие механизмы называют «машинами Сторма П».

В Индии юморист и детский писатель Сукумар Рай в своём стихотворении «Странное и случайное» показывает персонажа Дядю, который создаёт абсурдно сложный механизм. В разговорном бенгальском «Дядино изобретение» стало обозначать сложный и бесполезный предмет.

В Испании механизмы, похожие на машины Голдберга, называют «Изобретение ТВО» (исп. Inventos del TBO) или сокращённое «tebeo», названные так из-за журнала комиксов «ТВО», где показывались «великие изобретения профессора Франца из Копенгагена».

В Норвегии карикатурист Челль Аукруст создал мультипликационного персонажа Реодора Фелгена, постоянно создающего из различных подручных средств сложную технику, которая невероятным образом работает.

В Турции такие устройства известны как Zihni Sınır Proceleri, от имени их изобретателя, вымышленного профессора Zihni Sınır (Раздражительный ум),

созданного Ирфаном Саяром в 1977 году для журнала комиксов *Girgir*. Карикатурист позже открыл студию, продающую работающие реализации таких механизмов.

В СССР для детского журнала «Мурзилка» карикатуры с машинами Голдберга долгие годы рисовал художник Александр Семёнов.

В Японии есть близкое понятие — тиндогу, оно включает все малополезные изобретения, вне зависимости от сложности.

## Применение Машины Голдберга

Руб Голдберг устроился в газету «New York Evening Mail». Благодаря таланту и хорошему тиражу издания с рисунками Голдберга быстро стали популярными, а сам художник – богатым и преуспевающим. Среди его комиксов читателям особо запомнился цикл об изобретениях безумного профессора Люцифера Горгонзолы Баттса.

Изобретения Горгонзолы сложны, абсурдны, а главное – практически нереализуемы в реальной жизни, так как среди звеньев механизма часто оказываются такие ненадежные элементы, как живые существа. Но в этом – то и всё очарование. К тому же Голдберг не просто рисовал машину, а снабжал ее подробной инструкцией. К примеру, самый известный механизм под названием: «Самодействующая салфетка» работала так: подняв ложку, профессор натягивает шнур, который дёргает вторую ложку, подбрасывающую печенье. Печенье ловит попугай, чем заставляет вращать жердочку, при этом семена высыпаются в ведёрко. Потяжелевшее ведерко опускается и тянет трос вниз, тем самым поджигая зажигалку. Огонь воспламеняет фитиль ракеты; та взлетая, серпом перерезает верёвку, фиксирующей маятник, который, качаясь, и вытирает подбородок профессора салфеткой.

Разумеется, идею машины Голдберга не могли обойти стороной создатели мультфильмов и кино. Что интересно, чаще всего назначение машины – кого-нибудь накормить. Так, например, работает устройство, показанное в начале фильма «Назад в будущее», - оно готовит завтрак Доку Брауну и накладывает собачьи консервы его псу Эйнштейну. Аналогичная машина кормит Эдварда Руки – ножницы в одноименном фильме Тима Бёртона.

Персонажи мультфильмов очень любят строить машину Голдберга для причинения увечий друг другу. Например, так случилось в эпизоде мультсериала «Том и Джери» и в советском мультфильме «Лето кота Леопольда».

Машина довольно часто появляется на телевидении. Многие детские образовательные шоу, появившиеся в США еще в 1960-х, посвящали свои выпуски строительству машин Голдберга, чтобы продемонстрировать в действии простые физические законы.

Не могли пройти мимо такой темы и легендарные «разрушители легенд». Машина также появляется в опенинге телесериала «Элементарно» - вариации на тему Шерлока Холмса.

На основе идеи цепной реакции создано несколько ярких рекламных роликов. Один из самых известных – реклама Honda, снятая в 2003 года. В ней показана машина Голдберга, сделанная из автомобильных запчастей. Другой яркий пример – рекламный ролик, снятый для известной компании в Японии, занимающейся оптоволоконной связью. В нём продемонстрирована машина, которая запускается от света. Хотя в ней не обошлось без металлических шариков, основную роль играют сфокусированные и отраженные световые лучи, которые поджигают тросики и лопают воздушные шары, приводя механизм в действие.

Существует также немало видеоигр, в которых нужно строить машины Голдберга. Одной из первых была игра «The Incredible Machine», созданная Кевином Райном в 1992 году. Игра представляет собой типичную головоломку с физикой – из заданных частей нужно построить машину, которая выполнит любую простую задачу.

В 1949 году между научными братствами «Тетта Тау» и «Триада» университета Пёрдью (Индиана, США) состоялось первое соревнование по созданию Машины Голдберга. Турниры продолжались ежегодно до 1956 года. В 1988-м всё те же братства решили возродить соревнования по голдбергостроению, но уже в рамках национального чемпионата.

Как и любой вид спорта, чемпионат по созданию заумной машины регулируют строгие правила. В соревнованиях принимают участие несколько спортсменов, в том числе и команды детей 11-14 лет. Машина должна не меньше, чем за 20 шагов совершить некое действие – каждый год новое. Результаты

соревнований не раз попадали в книгу рекордов Гиннеса. На соревнованиях 2012 года машина, построенная командой университета Пёрдью, смогла надуть и лопнуть воздушный шарик за 300 шагов (предыдущий рекорд, принадлежащий той же команде, составлял 244 шага).

В декабре 2017 года в школе №77 города Перми состоялся первый школьный Чемпионат Голдберга. Ученики вместе с родителями конструировали механизмы, которые выполняют простое действие сложным путем. Их выстраивают и соединяют определенным образом, чтобы с помощью цепочки разнообразных действий, построенных по принципу домино, выполнить простую задачу, например, включить лампочку или запустить хлопушку. Так, школьники смогут изучить законы физики в непринужденной и ироничной манере.

## Основные законы физики в машине Голдберга

Для изобретения машины учитывается множество законов, такие, например, как: **Закон сохранения и превращения энергии** – общий закон природы: энергия любой замкнутой системы при всех процессах, происходящих в системе, остается постоянной (сохраняется). Энергия может только превращаться из одной формы в другую и перераспределяться между частями системы. Для незамкнутой системы увеличение (уменьшение) ее энергии равно убыли (возрастанию) энергии взаимодействующих с ней тел и физических полей.

**Закон Всемирного Тяготения** – закон тяготения Ньютона: все тела притягиваются друг к другу с силой прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$
, где  $M$  и  $m$  - массы взаимодействующих тел,  $R$  - расстояние между этими телами,  $G$  - гравитационная постоянная (в СИ  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  Н.м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>)

**Закон Гука** – закон, согласно которому упругие деформации прямо пропорциональны вызывающим их внешним воздействиям.

**Закон сохранения импульса** – закон механики: импульс любой замкнутой системы при всех процессах, происходящих в системе, остается постоянным (сохраняется) и может только перераспределяться между частями системы в результате их взаимодействия.

**Законы Ньютона** – три закона, лежащие в основе ньютоновской классической механики. 1-й закон (закон инерции): материальная точка находится в состоянии прямолинейного и равномерного движения или покоя, если на нее не действуют другие тела или действие этих тел скомпенсировано. 2-й закон (основной закон динамики): ускорение, полученное телом, прямо пропорционально равнодействующей всех сил, действующих на тело, и обратно пропорционально массе тела ( $a = \frac{F}{m}$ ). 3-й закон: две материальные точки взаимодействуют друг с другом силами одной природы равными по величине и

противоположными по направлению вдоль прямой, соединяющей эти точки ( $F_1 = -F_2$ ).

**Принцип Относительности** – один из постулатов относительности теории, утверждающий, что в любых инерциальных системах отсчета все физические (механические, электромагнитные и др.) явления при одних и тех же условиях протекают одинаково. Является обобщением Галилея принципа относительности на все физические явления (кроме тяготения).

## Практическая часть

### Моделирование

Для создания собственной машины мы решили воспользоваться подручными материалами. Каких-либо чертежей по данной теме мы не нашли, поэтому проявили собственную фантазию.

Для изготовления использовались следующие материалы:

- Домино (40 шт.)
- Детали Lego (10 шт.)
- Деревянная рейка (2 шт.)
- Металлическая рейка(4 шт.)
- Металлические, пластмассовые и резиновые шарики (8 шт.)
- Машина из Lego (1 шт.)
- Подвижный блок
- Линейка с опорой (2 шт.)
- Скотч (1шт.)
- Коробка (1 шт.)
- Одноразовый стакан (10 шт.)

Для сборки машины Голдберга мы выполняли действия по следующему плану:

- 1) Мы взяли металлическую рейку, поставили её так, чтобы она была под наклоном.
- 2) Привязали нить к машине и закрепили её
- 3) От рейки расставили домино так, чтобы последняя деревянная доминошка упала и стянула нить с машины (приложение 1)
- 4) Затем мы сконструировали подставку из лего, где опорой был металлический шарик, и поставили на неё скотч.
- 5) К подставке мы прикрепили нить, привязанную к деревянной доминошке с одной стороны, а с другой к металлическому шарiku. После того, как будет произведен первый шаг, то машина собьёт

деревянную доминошку: тем самым столкнет шарик, после столкновения будет нарушено равновесие и скотч покатиться. (Приложение 2)

- 6) Следующим нашим шагом была сборка трека для металлического шарика. Мы сделали трек при помощи двух деревянных реек, скрепили их между собой, под наклоном и поставили шарик возле данной конструкции. После предыдущего действия, скотч столкнет металлический шарик на трек.
- 7) Далее из лего мы сделали подставку для подвижного блока.
- 8) После мы взяли нить и к ней с одной стороны приделали одноразовый стакан, а с другой стороны привязали к пластмассовому шарiku. Данную нить мы перекинули через подвижный блок.
- 9) После того, как скотч уронит металлический шарик, шарик покатиться вниз по треку, затем он закатиться в стакан и перевесит пластмассовый шарик. (Приложение 3,4)
- 10) После мы сконструировали, при помощи коробки, дощечки и деревянных доминошек, строение, которое покатиет металлический шарик. Действие происходит так: когда металлический шарик перевешивает пластмассовый шарик, который является так же и опорой для деревянной дощечки, нарушается равновесия дощечки и она наклоняется, при этом действие металлический шарик, который первоначально находился на дощечке, начинает катиться вниз. (Приложение 5)
- 11) От конструкции мы расставили домино так, что последняя доминошка роняет деревянную линейку с опорой, а та в свою очередь начинает ронять другие доминошки. Это действие начинается с металлического шарика, который упал на домино с предыдущего строения.
- 12) Из металлической рейки мы сделали трек, который находится под наклоном, для пластмассового шарика, держащегося за счет магнита на нити. Нить закреплена к последней доминошке (из предыдущего

действия). После падения, домино оттягивает нить, и мячик начинает катиться вниз. (Приложение 6)

- 13) Мы сделали конструкцию из линейки, штатива, деревянной доминошки, резинового шарика и металлической рейки. Суть в том, что линейка, установленная на штативе, уравновешенная при помощи опоры и резинового шарика, который лежит на металлической рейке, рейка находится под наклоном. При скатывании (из предыдущего шага) пластмассовый шарик сталкивает опору, тем самым нарушает равновесие, за счет этого резиновый шарик начинает катиться по металлической рейке. (Приложение 7)
- 14) Затем мы сделали из одноразового стаканчика и металлических реек механизм. После того, как резиновый шарик скатиться по металлической рейке (предыдущий шаг), он попадет в стаканчик, который будет без дна (так мы сделали, для того, чтобы мячик сбросил скорость и не вылетел) и дальше продолжит движение по металлической рейке. (Приложение 8)
- 15) Скатившись с рейки, мячик ударяется в картонную стенку, при этом стенка отклоняется и нарушает равновесие шаров, которые начинают свое движение вдоль коробки. (Приложение 8)
- 16) Шарики наберут достаточную скорость, чтобы сбить конструкцию из одноразовых стаканчиков, за которой будет находиться стрелка, направленная на экран. (Приложение 9)

## Конструирование

- 1) Металлическая рейка
- 2) Домино
- 3) Нить с машинкой
- 4) Скотч
- 5) Платформа
- 6) Деревянная домино с нитью, нить привязана к металлическому шарiku
- 7) Металлический шарик и трек из деревянных реек.
- 8) Блок с нитью
- 9) Деревянная платформа с шариком
- 10) Домино
- 11) Линейка с опорой
- 12) Пластмассовый шарик с нитью, которая приделана к домино
- 13) Металлическая рейка
- 14) Линейка, на деревянных домино
- 15) Штатив с муфтой
- 16) Металлические рейки, одноразовый стаканчик
- 17) Платформа из коробки с шариком
- 18) Конструкция из одноразовых стаканчиков
- 19) Резиновый шарик.

Шарик скатывается по наклонной плоскости, передаёт импульс домино, которое с помощью своей массы обрывает нить и машинка начинает движение

Машина набирает скорость и сбивает преграду, которая удерживает шарик, держащий равновесие опоры. Цилиндр при нарушении равновесия опоры, начинает движение и передает импульс следующему металлическому шарiku.

Металлический объект начинает двигаться вниз по наклонной плоскости. Снизу его ждет механизм, работающий по принципу весов. Нить перекинута

через подвижный блок, справа закреплен стакан, который должен поймать металлический шарик, а левая часть служит опорой для следующего элемента. Когда шарик попадет в стакан, стакан увеличит свою массу и выдернет левую часть весов. То есть нарушит равновесие дощечки, на которой расположен другой элемент.

Так как угол дощечки изменился, шарик, находящийся на ней, начнет свое движение и передаст импульс ряду из домино.

Последняя доминошка привязана нитью к магниту, который удерживает пластмассовый шарик на металлической рейке. После падения доминошки, магнит выдергивается, и шар начинает движение.

Пластиковый шар движется к следующему элементу, который выглядит так: линейка опирается на штатив горизонтально, так, что получается рычаг. Причем левое плечо короче правого. Левый конец линейки удерживает мяч на треке, а правый уравновешен с помощью опоры. Когда пластмассовый шар собьет опору, то под воздействием силы тяжести правое плечо перетяжелит левое. И левое плечо отпустит резиновый мяч.

Мяч начнет движение по рейке и попадет в стакан, который уменьшит его скорость, за счет ударов о стенки стакана, и не позволит выскочить с трека. После этого шар приобретет ту же скорость, двигаясь по рейке, и передаст импульс картонной стенке, на которой закреплены два керамических шарика. После того как картонная стенка отклонится, шары приобретут ускорение и разобьют пирамидку за которой скрыт указатель.

## Заключение

В этой исследовательской работе мы познакомились с Машинной Голдберга. Данная работа помогает нам понять принципы законов физики.

Гипотеза, выдвинутая в начале работы, оказалась доказана – владея знаниями законов физики можно сконструировать рабочую машину Голдберга, используя при этом подручный материал.

Как оказалось, для того, чтобы собрать данную цепь, нужно учитывать все воздействующие силы. Сам процесс создания был весьма увлекателен. Самое трудное в нашей работе было: сконструировать данную цепь; рассчитать, куда поедет машина; подобрать шарики по размеру и массе; расставлять домино.

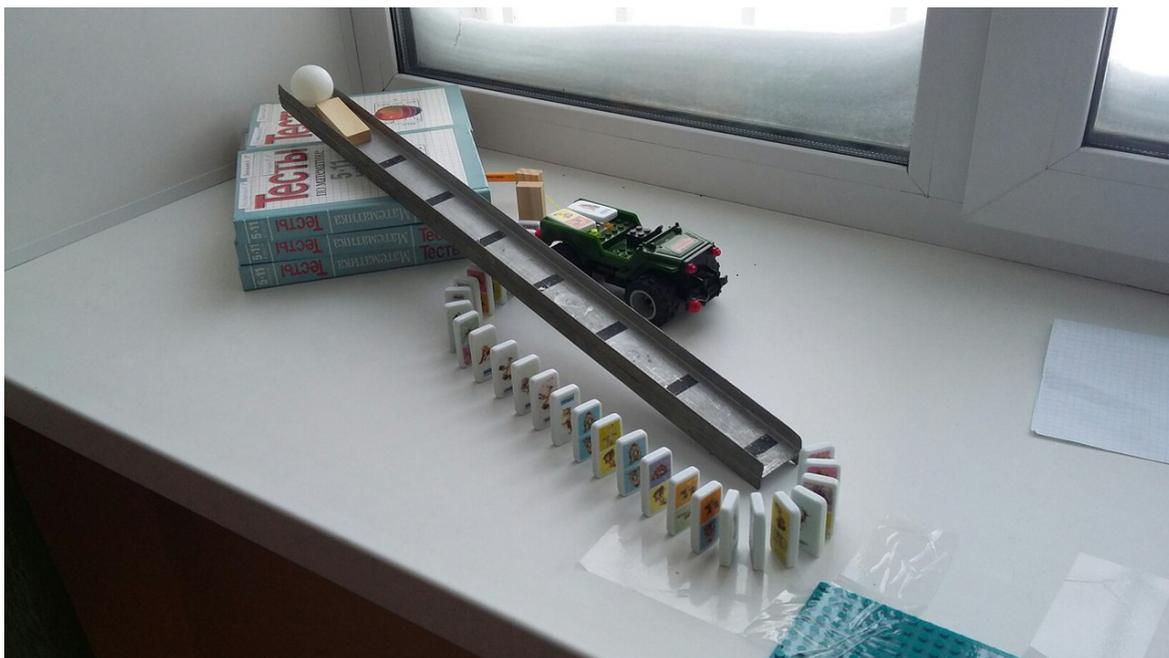
Проверяли нашу цепь большое количество раз. Мы выполнили цель нашей работы, сконструировали, и собрали простейшую машину Голдберга. Для её выполнения мы изучили литературу по данной теме, рассмотрели историю возникновения и развития. Проанализировали физические принципы действия на данную цепь.

Данная работа имеет большую практическую ценность. Ведь, как сказал Джордж Бернард Шоу «Деятельность - единственный путь к знанию». Мы считаем, что именно создание машины очень много дало в изучении физики.

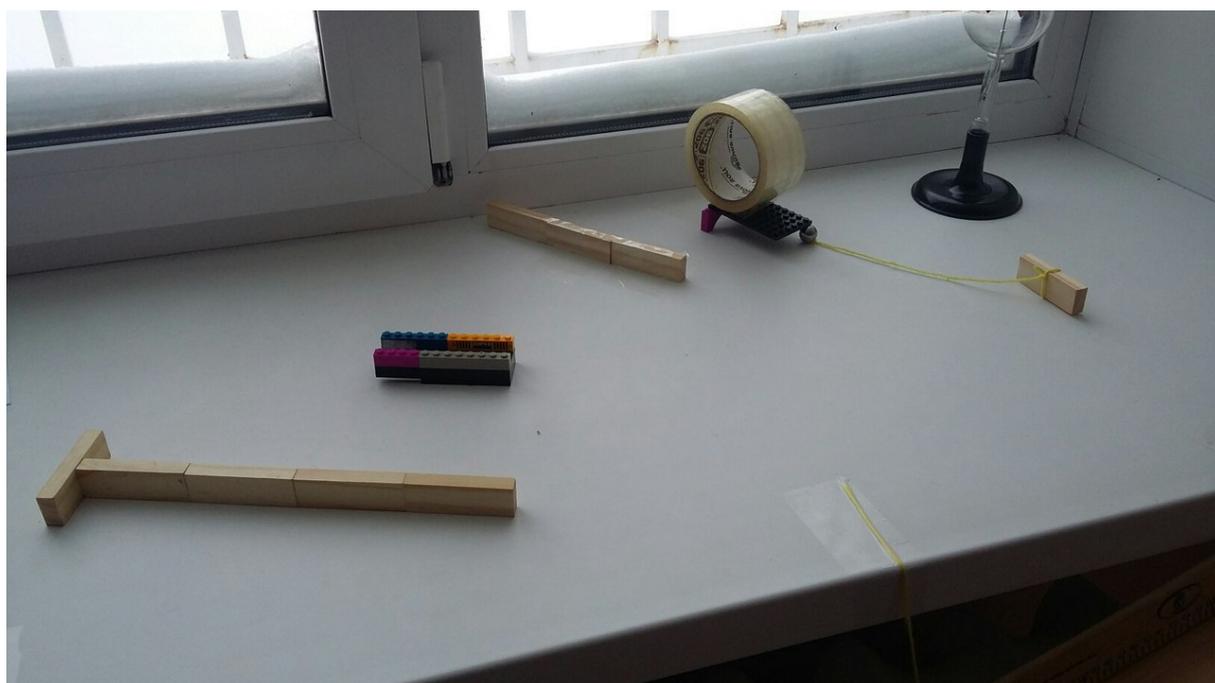
## Список литературы

- 1) [https://ru.wikipedia.org/wiki/Машина\\_Голдберга](https://ru.wikipedia.org/wiki/Машина_Голдберга)
- 2) <https://moris-levran.livejournal.com/91280.html>
- 3) <http://www.novate.ru/blogs/030611/17791/>
- 4) <https://www.mirf.ru/>
- 5) [https://artchive.ru/news/2689~Neverojatnye\\_mashiny\\_Goldberga\\_na\\_vystavke\\_zn\\_amenitogo\\_karikaturistaizobretatelja](https://artchive.ru/news/2689~Neverojatnye_mashiny_Goldberga_na_vystavke_zn_amenitogo_karikaturistaizobretatelja)
- 6) <https://www.a-news.com/p/61371846-cto-takoe-mashina-goldberga/>
- 7) <https://www.youtube.com/watch?v=MCNW0TNASO0>

# Приложение



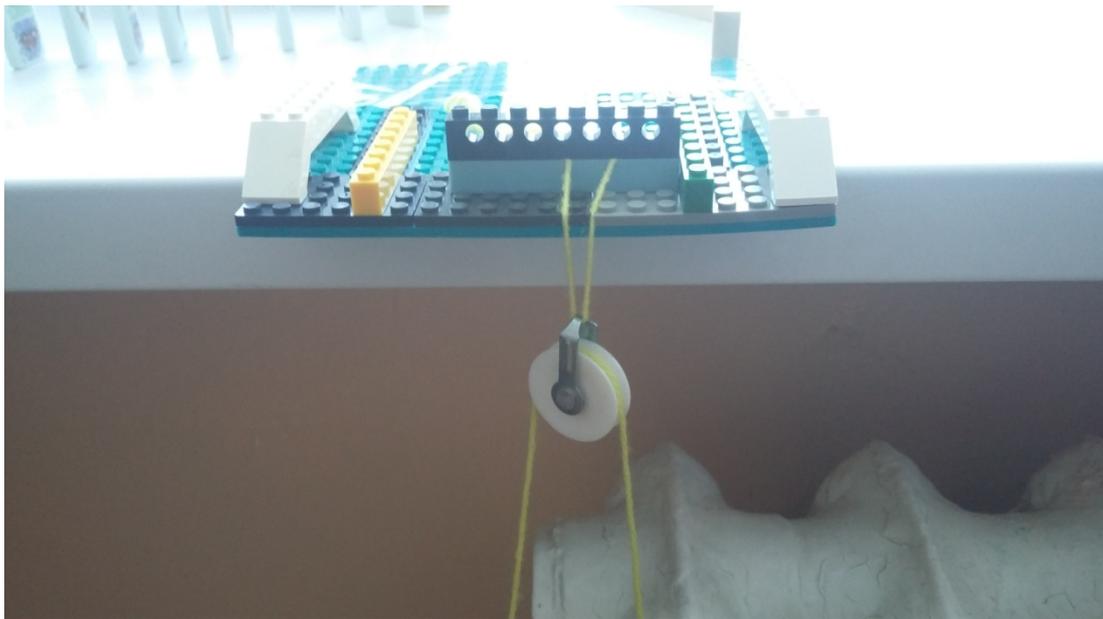
Приложение 1



Приложение 2



Приложение 4



Приложение 5



Приложение 6



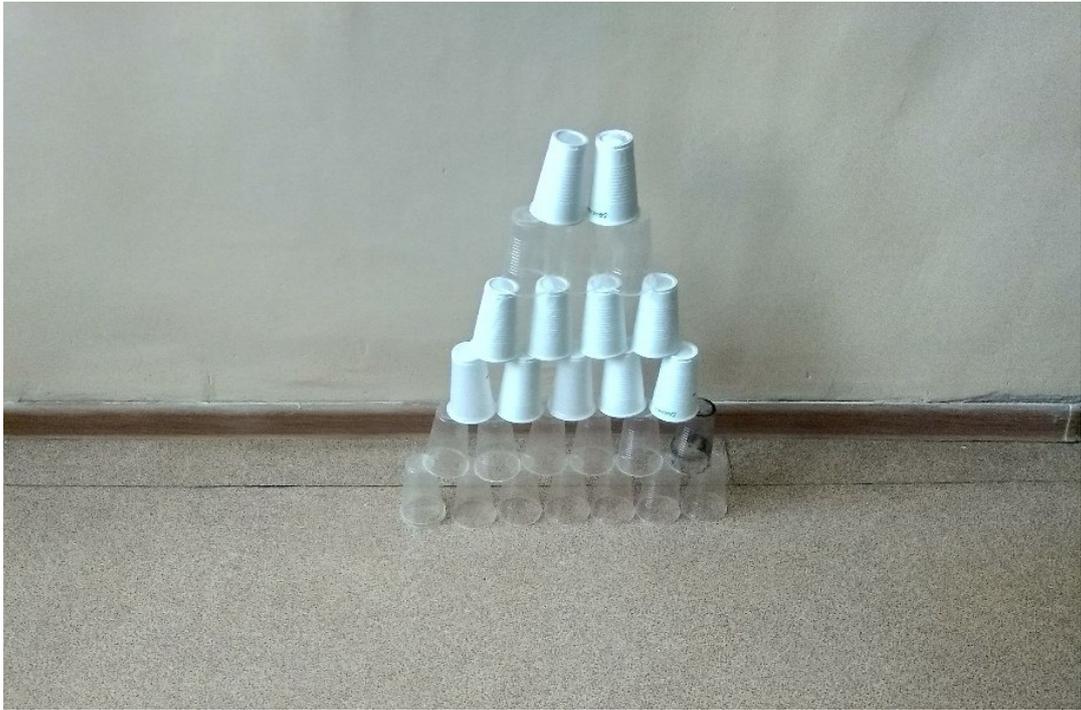
Приложение 7



Приложение 8



Приложение 9



Приложение 10