

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа №135»  
с углубленным изучением предметов образовательной области «Технология»

Исследовательско-творческий проект  
**«Установка для изучения законов движения»**

Работу выполнил:  
Учащийся 9 класса  
Баталов Михаил Константинович

Руководители:  
Ершов Михаил Георгиевич,  
учитель физики и черчения  
Тел.: 8-922-301-65-44

Пермь,  
2016 год.

## Содержание

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| Введение.....                                 | 3  |
| Теоретическое обоснование проекта.....        | 4  |
| Описание конструкции установки.....           | 5  |
| Спецификация деталей установки-прототипа..... | 9  |
| Модернизация конструкции.....                 | 10 |
| Экономическое обоснование.....                | 13 |
| Техника безопасности.....                     | 14 |
| Заключение.....                               | 15 |
| Список использованных источников.....         |    |

## Введение

Идея создать этот проект появилась благодаря урокам физики в школе на тему *«Равноускоренное движение»* и *«Свободное падение тел»*.

Во время выполнения лабораторных заданий на уроках мы, используя изученные физические законы, располагали небольшим шарик на наклонной поверхности, измеряли время и расстояние, за которое он скатывается с неё. Затем, по формулам, вычисляли ускорение шарика.

В ходе эксперимента мы всё больше и больше увеличивали наклон поверхности. Позже, нам стало интересно, какое ускорение будет у шара, падающего вертикально вниз?

К сожалению, шар падал слишком быстро, и результаты замеров были неточные.

Для повышения точности измерения у меня появилась идея создания роботизированной установки для изучения движения. Умея работать с робототехническим оборудованием у меня были все необходимые ресурсы для создания установки, способной подсчитать время падения, пройденный путь и другие параметры движения и выдать готовый результат.

Выполненная установка предназначена для использования на уроках физики в качестве демонстрации при объяснении законов движения, а также при её модернизации выполнения нескольких лабораторных работ

на изучение равномерного и равноускоренного движения, а также законов Ньютона.

## Теоретическое обоснование

После детального изучения физических законов и явлений о свободном падении тел, была выделена самая главная информация, необходимая для разработки конструкции.

*Ускорение свободного падения — это ускорение, придаваемое телу силой тяжести, при исключении из рассмотрения других сил. В соответствии с уравнением движения тел в неинерциальных системах отсчёта ускорение свободного падения численно равно силе тяжести, действующей на объект единичной массы.*

На Земле ускорение свободного падения тел приблизительно равно  $9,81 \text{ м / с}^2$ .

*Также необходимо учитывать, что на ускорение падения шара будет влиять сила трения о воздух.*

Из формулы нахождения расстояния при равноускоренном движении

$$\vec{s} = \vec{V}_0 * t + \frac{\vec{a} * t^2}{2},$$

не учитывая трение и, исходя из того, что тело перед началом падения неподвижно, получаем следующую формулу:

$$\vec{a} = \frac{2S}{t^2}$$

*В итоге получаем, что для подсчёта ускорения необходимо точно замерить время падения и высоту, с которой будет падать объект.*

## **Описание конструкции установки**

В нашей школе имеется опыт создания сложных технических устройств в несколько этапов конструирования:

1. Создание действующей модели (прототипа) для проверки основных возможностей конструкции.
2. Разработка и изготовление основной конструкции.
3. Модернизация конструкции с целью увеличения функционала и точности работы.

В качестве материалов прототипа установки для изготовления я решил взять конструктор LEGO Mindstorms, т.к. он содержит необходимый для данной конструкции набор электроники: микропроцессорный блок, датчики для измерения величин, сервоприводы и программное обеспечение. Также при работе с конструктором имеется возможность быстро менять конструкцию и находить более оптимальные решения.

Для уменьшения трения о воздух я подобрал небольшой гладкий металлический шарик диаметром в 15 мм.

В начале работы я создал несколько экспериментальных конструкций, с различным расположением датчиков и различными конструкциями устройства для запуска шарика. В итоге получилась конструкция на основе платформы и балки высотой в 500 мм. На платформе разместил микропроцессорный блок

NXT, поставил внизу датчик касания, укрепил вертикальную балку, чтобы конструкция была менее чувствительной к вибрациям.

Для устройства запуска шарика было решено использовать сервопривод NXT. Благодаря этому, удалось совместить момент начала падения металлического шара и момент запуска программного таймера, что увеличило точность измерения.

Таким образом, установка представляет собой вертикальную конструкцию, в верху которой расположено устройство для запуска шарика, а в низу датчик касания, останавливающий таймер при ударе о него шарика.

Для измерения расстояния было решено использовать ультразвуковой датчик расстояния, который измеряет расстояние по принципу эхолота. Датчик расстояния крепится на уровне датчика касания, а экран отражающий ультразвук на уровне начального положения шарика.

В ходе работы с прототипом установки был отработан весь необходимый алгоритм измерения. Программа также неоднократно изменялась до более оптимального варианта. На модели обнаружилось, что конструкция требует более прочного основания и вертикальной балки.

Подходящим решением этой проблемы оказался прочный штатив с платформой. На него мы поместили саму конструкцию, закрепили основную балку у оси штатива (рис 1).

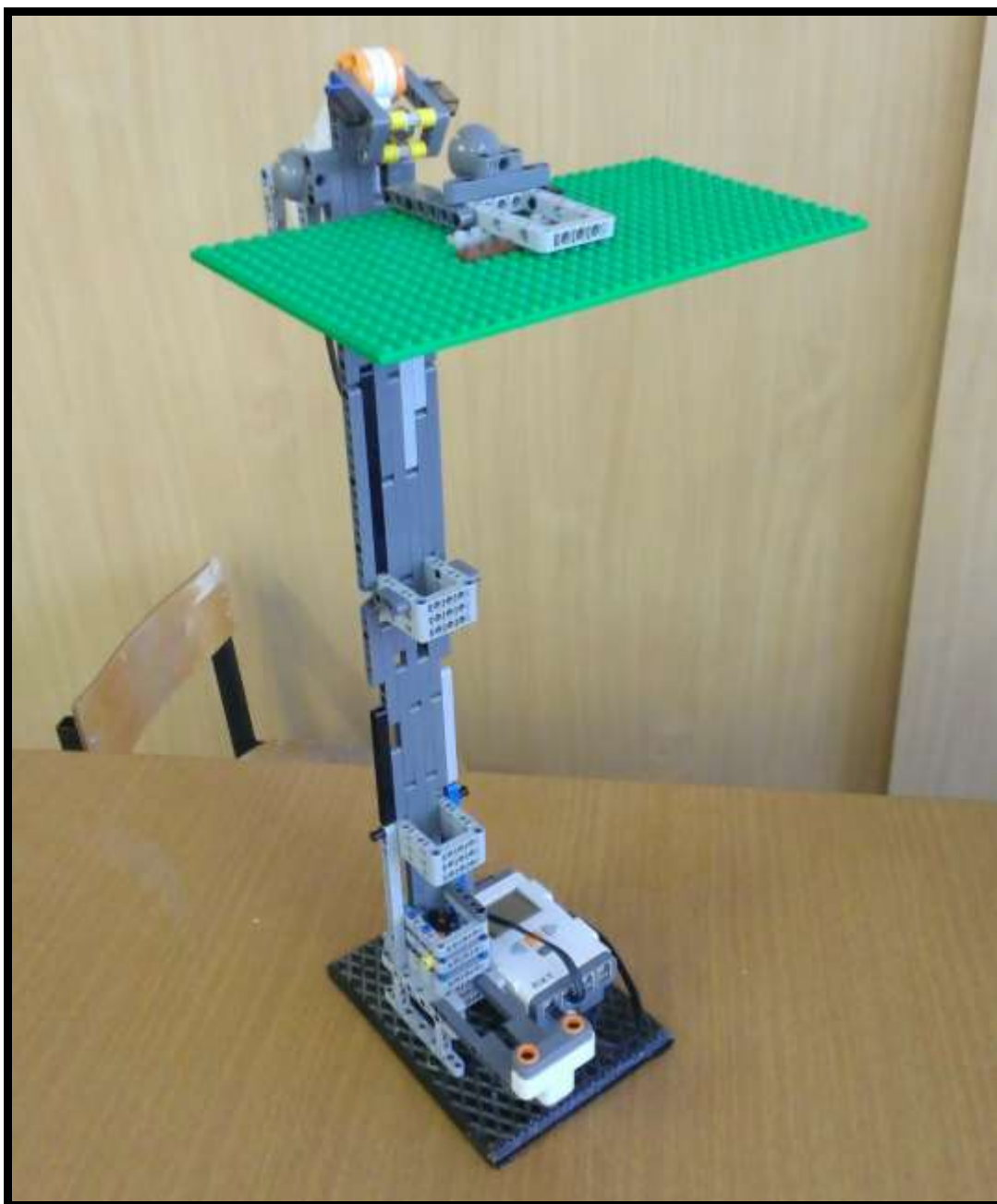


Рис.1

Прототип установки для измерения ускорения свободного падения.

На этапе изготовления основной конструкции были учтены конструктивные особенности установки. На деревянном основании конструкции закреплены металлические шпильки длиной 1000 мм. Электронная часть конструкции реализована так же как на

первоначальной модели. Все электронные компоненты крепятся на металлопластиковых кронштейнах. Общий вид конструкции показан на рисунке 2.

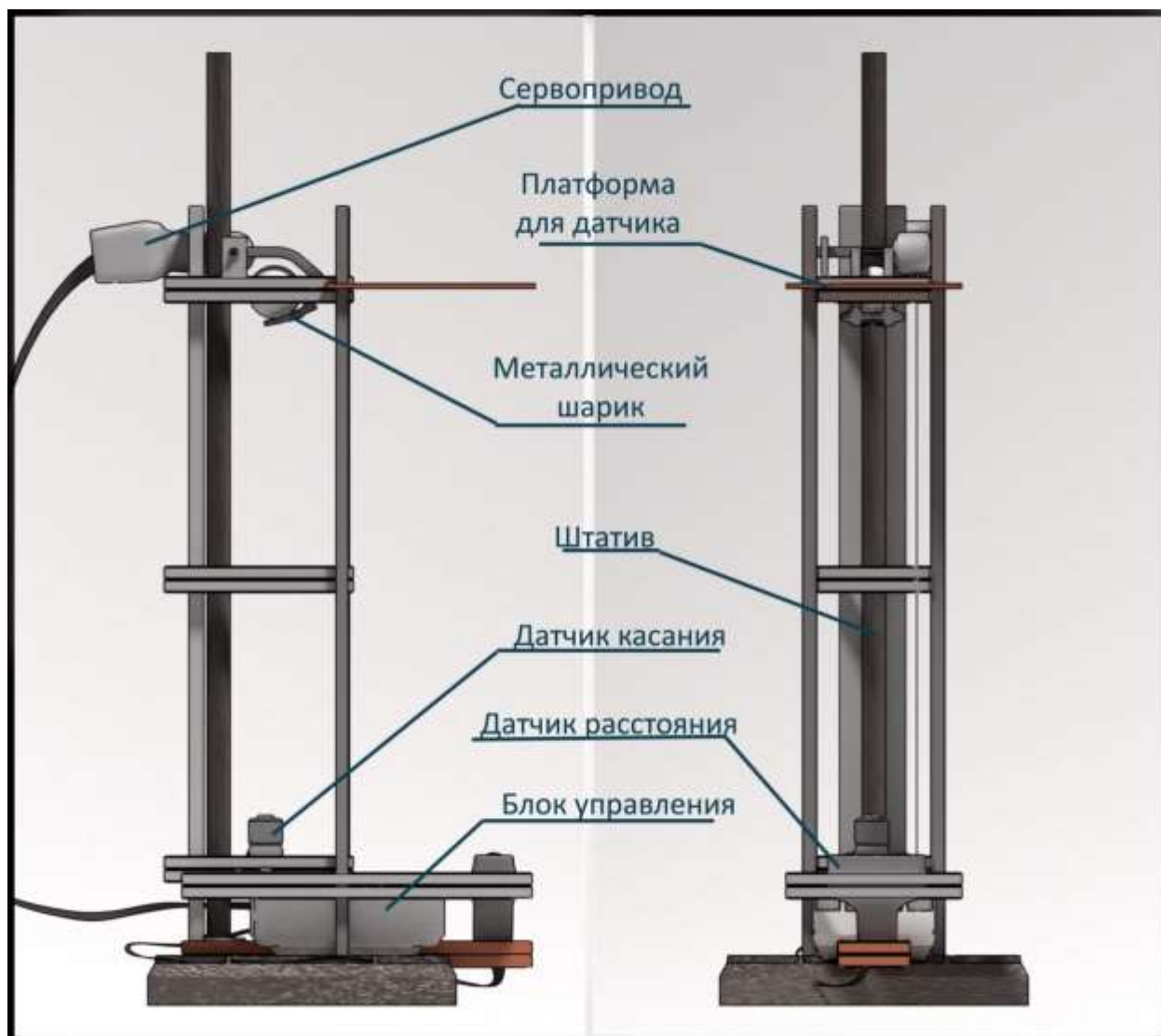


Рис. 2. Общий вид установки

## Спецификация деталей установки-прототипа

| №  | Наименование                                  | Кол-во |
|----|-----------------------------------------------|--------|
| 1  | Балка на 7                                    | 8      |
| 2  | Балка на 9                                    | 5      |
| 3  | Балка на 11                                   | 2      |
| 4  | Балка на 15                                   | 2      |
| 5  | Балка с 4-мя штифтами                         | 4      |
| 6  | Балка угловая с 4-мя штифтами                 | 4      |
| 7  | Балка дважды изогнутая                        | 2      |
| 8  | Балка Г-образная 3x5                          | 4      |
| 9  | Балка на 5                                    | 2      |
| 10 | Балка на 3                                    | 6      |
| 11 | Фиксатор перпендикулярный с двумя отверстиями | 2      |
| 13 | Втулка 1/2                                    | 2      |
| 14 | Втулка                                        | 4      |
| 15 | Ось на 3                                      | 1      |
| 16 | Длинный штифт                                 | 12     |
| 19 | Штифт                                         | 24     |
| 20 | Блок NXT                                      | 1      |
| 21 | Провод                                        | 3      |
| 22 | Сервопривод                                   | 1      |
| 23 | Датчик расстояния                             | 1      |
| 24 | Датчик касания                                | 1      |
| 25 | Фиксатор перпендикулярный                     | 6      |
| 26 | Металлический штатив                          | 1      |
| 27 | Шарик                                         | 1      |



## Модернизация конструкции

После успешного использования установки в качестве демонстрации на уроке и обсуждения вариантов модернизации появились возможные варианты увеличения функциональных возможностей установки. В частности, можно с помощью дополнительных датчиков продемонстрировать отношение пройденных путей как  $1:3:5:7$  и т.д. за одинаковые промежутки времени. Другой возможностью модернизации является добавления блока и грузиков перекинутых на нити для демонстрации и изучения равномерного движения и равноускоренного движения с ускорением меньше ускорения свободного падения. Схема установки показана на рисунке 3.

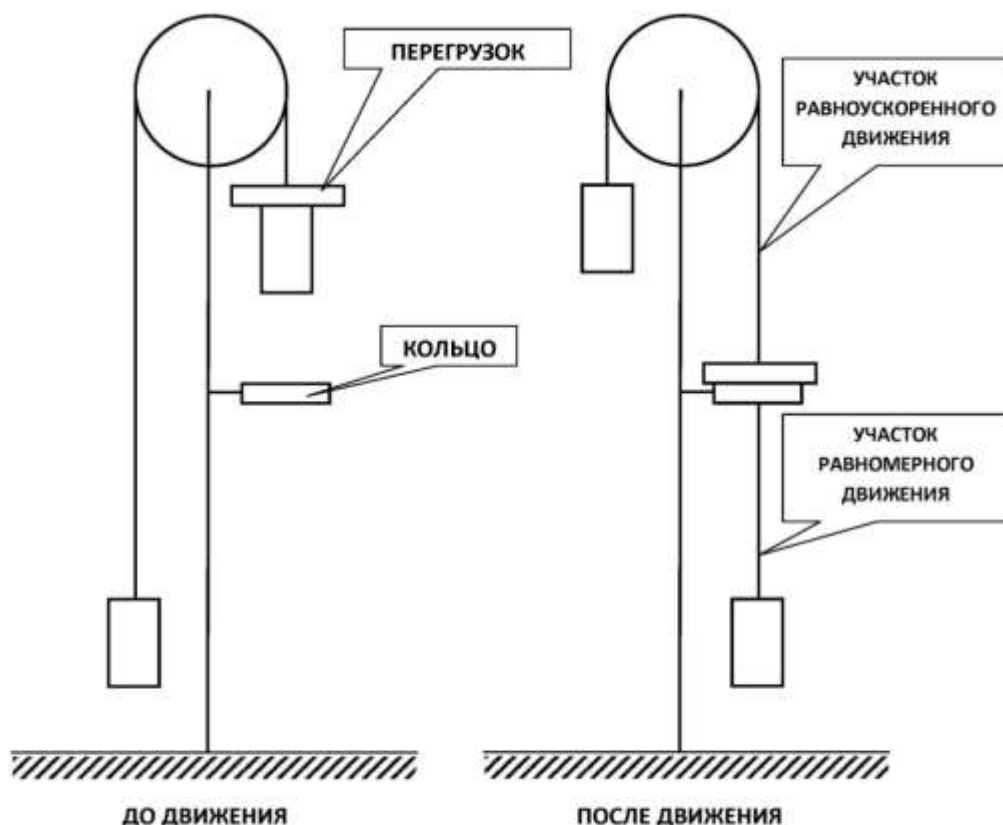


Рис 3. Прототип установки для изучения равноускоренного и равномерного движения.

Прототип этой установки также был выполнен с использованием набора Lego Mindstorms (рис. 4)

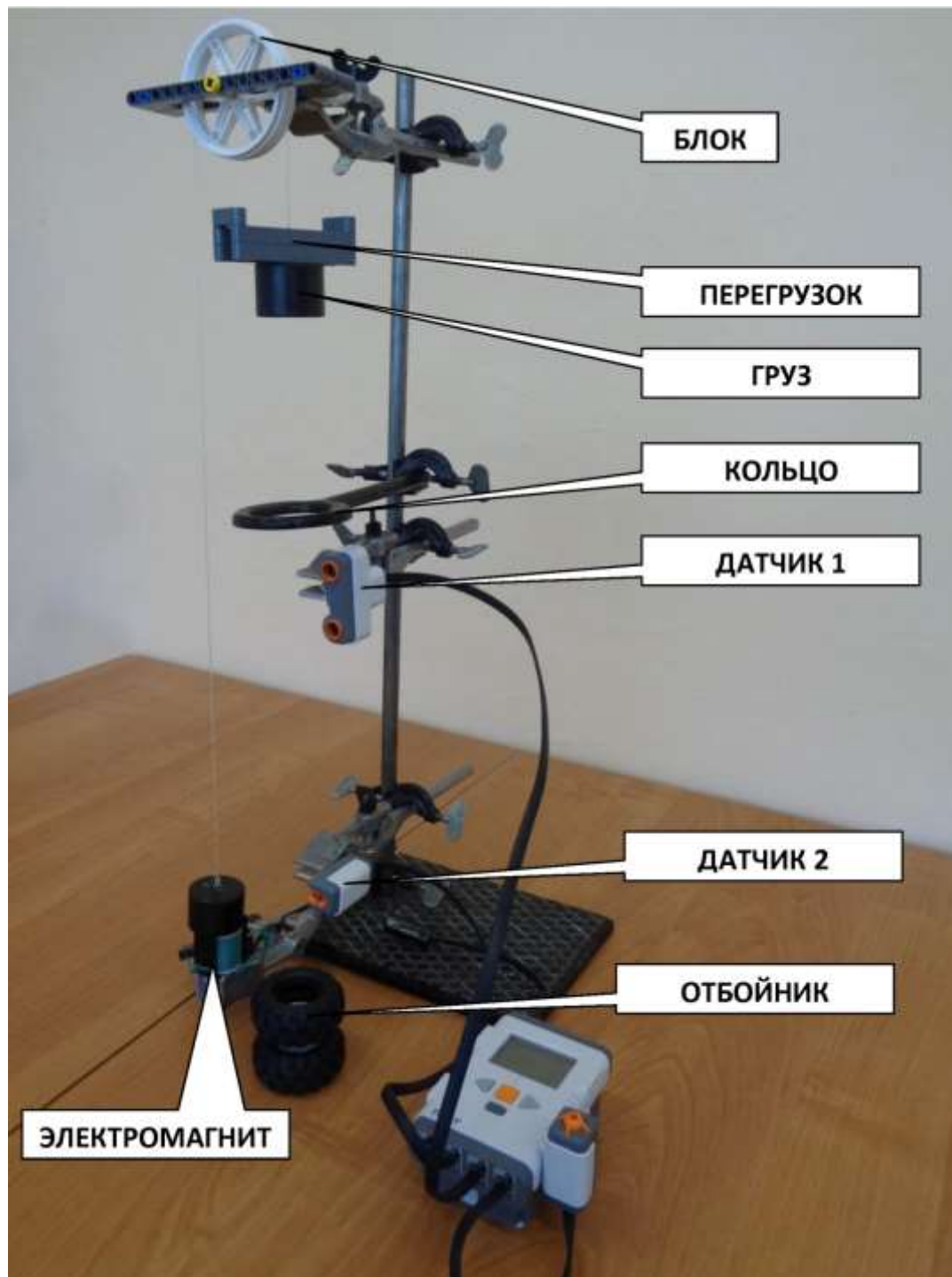


Рис.4 Общий вид установки для изучения равномерного и равноускоренного движения.

На данном этапе установка для изучения законов движения находится в стадии модернизации, которая заключается в объединении двух прототипов в одной конструкции.

Микроэлектронное оборудование конструктора Lego Mindstorms не является единственно возможным в данной конструкции. Мы считаем, что электронную часть установки более оптимально выполнить на основе платы Arduino, датчиков и сервопривода, совместимых с ней. Это позволит полностью освободиться от электроники конструктора, что удешевит конструкцию.

## Экономическое обоснование

| Название материала         | Кол-во | Цена, руб. | Стоимость, руб. |
|----------------------------|--------|------------|-----------------|
| Микропроцессорный блок NXT | 1      | 9500       | 9500            |
| Сервомотор NXT             | 1      | 660        | 2640            |
| Датчик касания             | 1      | 1000       | 1000            |
| Датчик расстояния          | 1      | 3000       | 3000            |
| Шпилька (D=10 мм)          | 2      | 50         | 100             |
| Краска                     | 1      | 160        | 160             |
| Гайка                      | 16     | 4          | 64              |
| Шайба                      | 16     | 2          | 32              |
|                            |        |            |                 |
|                            |        |            |                 |
|                            |        |            |                 |
| ИТОГО:                     |        |            | 16846           |

Деревянное основание и кронштейны выполнены из подручных материалов.

## **Техника безопасности**

1. Работу выполнять в рабочей одежде: халат, головной убор, перчатки.
2. При обработке заготовку необходимо надежно и прочно закреплять в верстаке (тисках).
3. Нельзя проверять остроту инструмента пальцами.
4. Резать инструментом нужно строго от себя, в верстаке, а не на весу или на коленях.
5. Нельзя останавливать патрон сверлильного станка руками.
6. Запрещается оставлять работающий станок без присмотра.
7. Начинать сверление только после того, как двигатель станка наберет полные обороты.
8. Заготовку при сверлении обязательно придерживать рукой в перчатке или плоскогубцами.
9. По окончании работы стружку смести щеткой, а инструмент убрать на соответствующие места.
10. При покраске изделия аэрозольной краской направлять баллончик от себя, проветривать помещение после покраски.

## **Заключение**

После изготовления изделия и частичной модернизации было проведено успешное испытание на уроках физики, по результатам которого были обнаружены и устранены некоторые недостатки.

Знание технологии работы с конструкционными материалами, соблюдение техники безопасности и достаточная материальная база помогли успешно изготовить конструкцию. Кроме этого мне, помог курс черчения, пройденный в 8 классе и краткосрочный курс по системе автоматического проектирования Компас.

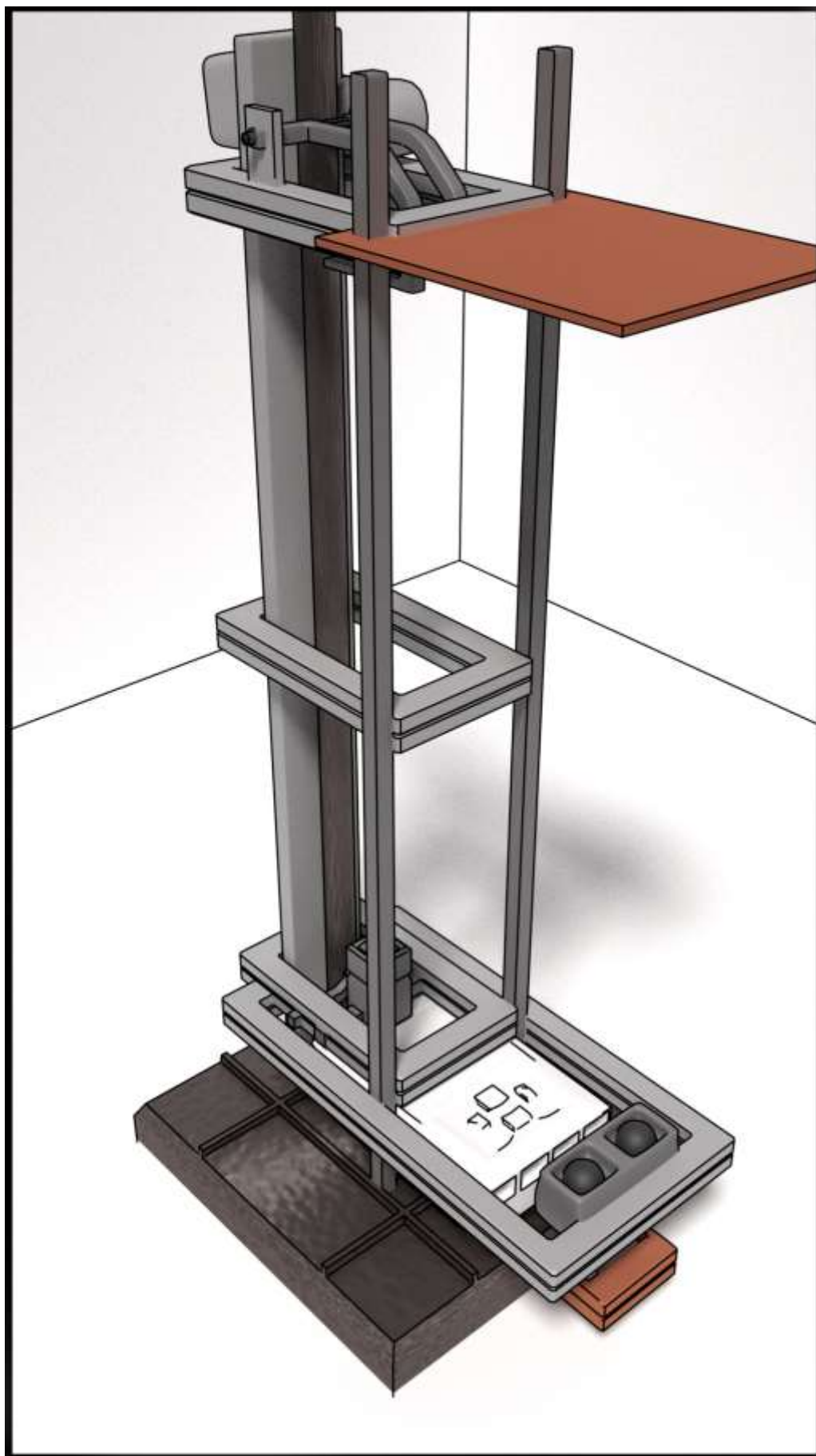
На установке поочерёдно можно изучать равномерное и равноускоренное движение, а также свободное падение тел.

В октябре 2016 года установка демонстрировалась на экспозиции музея Н.Г. Славянова в качестве экспоната технического творчества школьников.

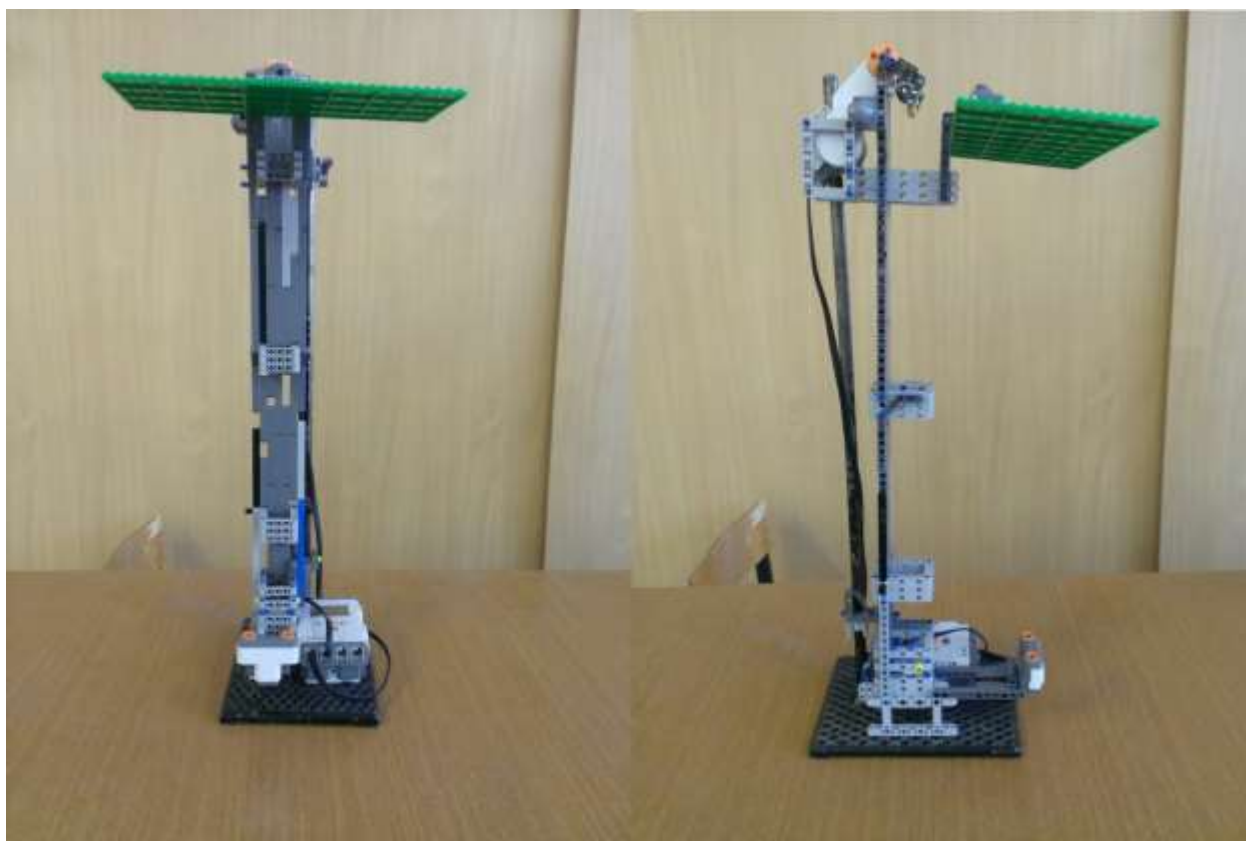
## **Список использованных источников**

1. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Комплекс Государственных стандартов, определяющих правила и положения по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации. Основные положения — ГОСТ 2.001-70...2.034-83.;
2. Единая система технологической документации (ЕСТД). Комплекс Государственных стандартов, устанавливающих единые требования к оформлению документов, применяемых при разработке технологических процессов производства машино- и приборостроения. Основные положения — ГОСТ 3.1001-81;
3. Физика в школе и дома [электронный ресурс]. [http://school-physics.spb.ru/tiki-index.php?Page=atwood\\_machine](http://school-physics.spb.ru/tiki-index.php?Page=atwood_machine)
4. Машина Атвуда [электронный ресурс]. Доступ к источнику: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Машина\\_Атвуда](https://ru.wikipedia.org/wiki/Машина_Атвуда)
5. Изучение динамики простейших систем с помощью машины Атвуда [электронный ресурс]. Доступ к источнику: <http://genphys.phys.msu.ru/rus/lab/mech/opis101/mex101.htm>

## Приложение 1



## Приложение 2



### О проекте

**Цель проекта:** создать устройство, с помощью которого можно подсчитать ускорение свободного падения тел.

Данная установка используется для демонстрации физических явлений и законов, доказывает, что все тела на Земле падают практически с одинаковым ускорением и помогает наглядно продемонстрировать это.

В ходе разработки проекта были выдвинуты следующие требования к конструкции:

- **Эстетичность, простота в восприятии.**

*Вся конструкция должна быть наиболее упрощённой и наглядной, чем проще конструкция – тем проще будет понять всю суть установки и физического явления.*

- **Простота в сборке.**

*Конструкция не должна быть из труднодоступных материалов и деталей, все детали должны быть взаимозаменяемыми, а конструкция – расширяемой.*

- **Надёжность.**

*Нельзя допускать, чтобы конструкция разваливалась и шаталась – это отразится на точности измерений.*

Чтобы выполнить требования, необходимо решить такие задачи, как:

- Проанализировать доступные источники информации.
- Спроектировать и собрать изделие.
- Испытать изделие и исправить недостатки.

Для точного измерения расстояния было решено использовать ультразвуковой датчик расстояния. Но учитывая, что показания датчика приблизительные ( $\pm 2$  см), был разработан вариант использования более точного датчика.

## **Достоинства**

1. Используются взаимозаменяемые детали
2. Используются дешёвые детали
3. Наглядность

*Нет ничего лишнего*

4. Простота в использовании

*Для работы программы нужно нажимать на одну кнопку, все результаты замеров и подсчётов выводятся на экран*

5. Расширяемость

*Конструкцию можно удлинить для получения более точных результатов*

## **Недостатки**

1. Недостаточная точность

*Используемый способ измерения требует высокоточных датчиков.*

2. Дополнительное позиционирование

*Для работы установки, необходимо, что она стояла ровно вертикально.*

3. Высокая стоимость датчиков и блока управления

## **7. Оценка изделия**

После изготовления было проведено испытание изделия, по результатам которого были обнаружены и устранены несоответствия с требованиями Заказчика.

Знание технологии работы с конструкционными материалами, соблюдение техники безопасности и хорошая материальная база помогли успешно изготовить конструкцию. Кроме этого, помог курс черчения, пройденный в 8 классе и краткосрочный курс по системе автоматического проектирования Компас.

Положительные стороны:

- Цель достигнута;
- Материалы общедоступные;
- Технология изготовления проста и доступна;
- Технические требования соблюдены;
- Стоимость изделия достаточно низка;
- Отходы производства изделия не нанесли вреда природе.

Вместе с тем, испытание подтолкнуло на расширения функционала конструкции и изготовление нового изделия.

Изделие прошло успешное испытание на уроках физики.