

ГРАВИТАЦИЯ И ЕЁ СВОЙСТВА

Шевчуков Л.Р.

МБОУ «Лицей», 3 класс

Руководитель: Губина М.Н., МБОУ «Лицей», учитель начальных классов

Актуальность проекта. В повседневной жизни мы часто не задумываемся о свойстве предметов, которые нас окружают. С гравитацией, или силой земного притяжения, мы сталкиваемся непрерывно. Для нас это выглядит как само собой разумеющееся, однако, если немного углубиться в данную тему, станет ясно, что гравитация – далеко неоднозначное явление. Поэтому я решил изучить его подробнее.

Итак, тема моего исследования – «Гравитация и её свойства».

Гипотеза исследования: гравитация – основное свойство всех предметов и тел.

Цель проекта: изучить свойства гравитации

Задачи проекта:

1. Расширить свои представления о гравитационном поле земли;
2. Узнать, какие законы физики действуют на предметы;
3. Провести эксперименты для того, чтобы увидеть, как работает сила земного притяжения;
4. Создать видеоролик «Эксперимент: Галилей» и поучаствовать во всероссийском открытом конкурсе видеороликов для школьников «Сам себе учёный» в рамках всероссийской «Недели науки» при поддержке Министерства образования и науки РФ;
5. Сделать модель для демонстрации явления антигравитации.

Объект проекта: гравитация

Предмет проекта: свойства гравитации

Методы исследования: библиографический метод исследования, практический эксперимент.

Продукт проекта: видеоролик «Эксперимент: Галилей».

Практическая значимость проекта: данный проект и видеоролик «Эксперимент: Галилей» можно использовать на уроках физики и занятиях по внеурочной деятельности.

Эксперимент Галилея

С давних пор ученые пытались изучить силу, которая действует на падающие предметы.

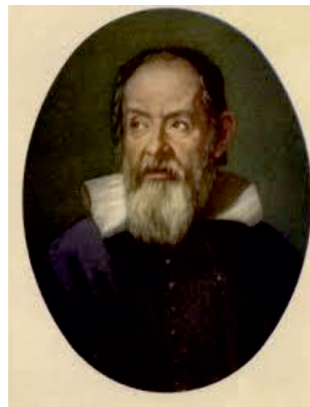
Греческий философ и ученый Аристотель (384 до н.э. – 322 до н.э.) разработал множество гипотез и теорий, основываясь на представлениях того времени о мире.

В частности, он считал, что тела с большей массой падают с высоты быстрее. Гравитация по Аристотелю – это сила, которая двигает предметы к их естественному месту. Аристотель полагал, что каждый элемент тяготеет к своему естественному месту, каким-то образом расположенному относительно центра Земли, а значит и центра Вселенной.



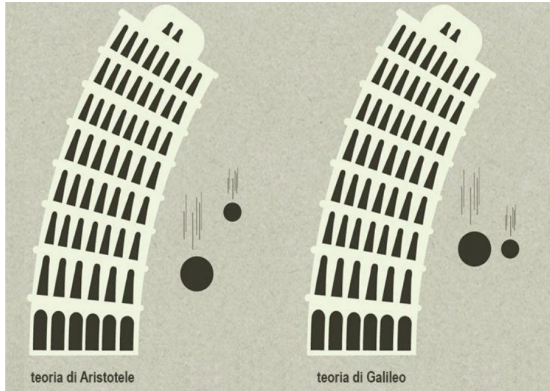
АРИСТОТЕЛЬ
384-322 до н. э.

Спустя несколько веков Галилео Галилей опроверг эту теорию. Итальянский ученый, живший в 16 веке, экспериментально определил, что теория Аристотеля неверна – если сопротивление воздуха устраняется, все тела ускоряются одинаково.



В 1589 году Галилей решил доказать, что два объекта разной величины и веса будут касаться земли одновременно, если они сброшены с большой высоты.

Как было сказано выше, это противоречило широко распространённому мнению Аристотеля, который утверждал, что объекты большего веса падают быстрее, чем легкого.



Чтобы доказать свою теорию, Галилей уронил шар в 10 фунтов и шар в 1 фунт с Пизанской башни. Собралась большая толпа зрителей, которые стали свидетелями того, что шары упали на землю одновременно. Это доказало теорию Галилея, и опровергло теорию Аристотеля.

По аналогии с этим экспериментом, мы можем провести свой.

Для выполнения эксперимента нам понадобится:

1. Два шара одинакового размера, но разных по весу.
2. Видеокамера, чтобы сделать запись результатов.
3. Штатив для видеокамеры.

Ход эксперимента:

1. Закрепим камеру на штатив и установим ее на твердую поверхность. Проверяем, что камера охватывает весь процесс эксперимента.

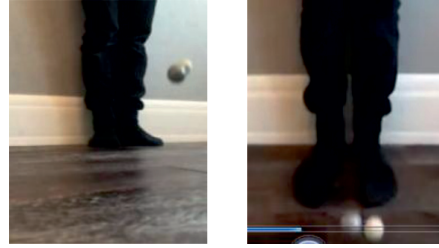
2. Готовимся уронить два шара в одинаковое время. Держим руки на одинаковой длине и расстоянии.



3. Считаем до трех, и отпускаем шары.
4. Повторяем эксперимент несколько раз, чтобы избежать ошибки.

Результат:

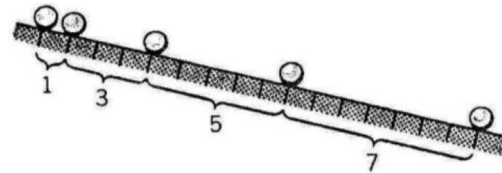
Проведя эксперименты, мы видим, что тяжёлый и легкий шар приземлялись одновременно на землю, доказывая теорию Галилея, что время падения не зависит от массы мяча.



Опыт Галилея с наклонной доской

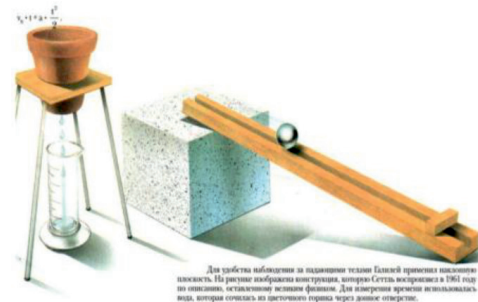
Может показаться, что результаты эксперимента не совсем достоверны, ведь шары падают очень быстро, и глазу трудно уловить действительно ли они упали одновременно.

Сейчас у нас есть камера и возможность замедленного просмотра, но в 16 веке приходилось искать другие способы. Галилей хотел провести опыт с измерением скорости падения шаров, для этого ему нужно было как-то замедлить движение, поэтому он пришел к замечательной идее использовать наклонную плоскость.



Он взял цветочный горшок, из которого сочилась вода, и отсчитывал, сколько капель воды приходится на каждый отрезок пути каждого шарика.

Галилей нашел точную формулу, что за один отрезок времени шар проходит определенное расстояние, а за второй такой же отрезок времени он проходит расстояние втрое больше. Далее – в 5 раз больше, далее – в 7 и так далее.



Для удобства наблюдения за падением шарика Галилей применил специальную конструкцию. На рисунке изображена конструкция, которую Галилей использовал в 1616 году для измерения, установившейся частоты вращения. Для измерения времени использовалась вода, которая сочилась из дельцевого горшка через дырочку отверстие.

Проведем свой эксперимент с наклонной плоскостью.

Для выполнения эксперимента нам понадобится:

1. Два шара одинакового размера, но разных по весу.
2. Секундомер.
3. Лист для записей.

Ход эксперимента:

1. Отпускаем шар и измеряем, за какое время он доедет до первой отметки.
2. Измеряем, за какое время шар доедет до четвертой отметки.
3. Повторяем действия со вторым шаром.
4. Одновременно записываем результаты.



Мы ожидаем, что время на прохождение расстояния до первой отметки и затем от первой до четвертой будет одинаковым. Кроме того, мы ожидаем, что оба шара достигнут 4-й отметки одновременно.

Посмотрим на таблицу с полученными результатами.

| ШАР 1 | Опыт 1 | Опыт 2 | Опыт 3 | Опыт 4 | Общее время | Соотношение |
|-----------|--------|--------|--------|--------|-------------|-------------|
| Отметка 1 | 0.69 | 0.61 | 0.56 | 0.50 | 2.36 | 0.98 |
| Отметка 4 | 0.70 | 0.65 | 0.49 | 0.56 | 2.40 | |

| ШАР 2 | Опыт 1 | Опыт 2 | Опыт 3 | Опыт 4 | Общее время | Соотношение |
|-----------|--------|--------|--------|--------|-------------|-------------|
| Отметка 1 | 0.53 | 0.55 | 0.62 | 0.66 | 2.36 | 0.91 |
| Отметка 4 | 0.59 | 0.62 | 0.63 | 0.75 | 2.59 | |

В ходе эксперимента мы подтвердили гипотезу о том, что время прохождения одинакового расстояния у шаров одно и то же. Кроме того, оказалось, что постепенно шары одинаково набирают скорость. Это явление, описанное Галилеем, получило название ускорение.

Сопrotивление и гравитация

Выше мы описывали эксперименты, которые проводил Галилей в 16 веке. Однако, очевидно, что его теория не работает с телами, которые имеют разный объем и вес.

Возьмем, к примеру, кардинально разные по размеру и весу объекты.

Что будет если уронить одновременно с большой высоты молоток и перо? Не нужно проводить эксперимент, чтобы понять, молоток упадет в разы быстрее пера.



Почему так происходит? Виной этому – сопротивление воздуха.

Интересно, а что будет, если сопротивление воздуха будет равняться нулю?

В домашних условиях такой эксперимент провести, к сожалению, не удастся.

Ученые NASA провели эксперимент с шаром для боулинга и пером в вакуумной камере, которая используется для проверки космических кораблей в условиях, приближенных к реальным.

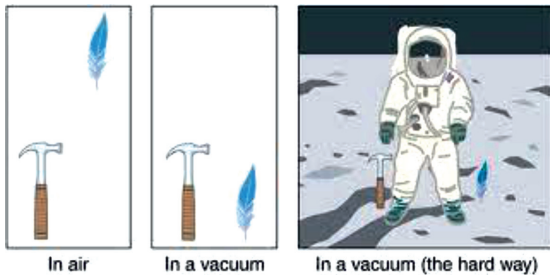
Камера содержит приблизительно 30 тонн воздуха, для откачки которого требуется целых 3 часа, после чего внутри остается всего 2 г воздуха и условия можно считать практически идеальными.



Сначала ученые провели эксперимент в обычных условиях, а затем – в вакууме. В это трудно поверить, но мяч для боулинга и перо падают синхронно в подобных условиях, что можно увидеть на замедленной съемке.



Такой же эксперимент был повторен на Луне участником миссии Apollo 15 Дэвидом Скоттом в 1971 году. Тогда для эксперимента использовали молоток и перо.



Как мы видим, действительно, молоток и перо упали одновременно, благодаря условиям, приближенным к вакууму.

Вернемся к теме гравитации. Как дальше ученые изучали это явление?

Исаак Ньютон и закон всемирного тяготения

Закон всемирного тяготения в 17 веке сформулировал английский математик, физик и астроном Исаак Ньютон.

Считается, что к открытию его подтолкнуло наблюдение яблока, которое упало с ветки, когда он гулял по саду.



В это самое время он работал над законами движения, и уже знал, что яблоко упало под воздействием притяжения Земли. Знал он и о том, что Луна не просто висит в небе, а вращается по орбите вокруг Земли, а значит, на нее воздействует какая-то сила, которая удерживает ее от того, чтобы она сорвалась с орбиты и улетела в открытый космос. Ему пришло в голову, что, возможно, это одна и та же сила заставляет и ябло-

ко падать на землю, и Луну оставаться на околоземной орбите.

До Ньютона учёные считали, что имеются два типа гравитации: земная гравитация (действующая на Земле) и небесная гравитация (действующая на небесах). Такое представление прочно закрепилось в сознании людей того времени.

Прозрение Ньютона заключалось в том, что он объединил эти два типа гравитации. С этого момента разделение Земли и остальной Вселенной прекратило своё существование.

Результаты ньютоновских расчётов называются законом всемирного тяготения Ньютона. Согласно этому закону, между любой парой тел во Вселенной действует сила взаимного притяжения.

Значение открытия этого закона для науки огромно.

Формулировка закона

- “Все тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними”.

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Проще говоря, все материальные тела притягивают друг друга, причём величина силы тяготения не зависит от химических и физических свойств тел, от состояния их движения и от свойств среды, в которой они находятся.

С помощью этого закона астрономы с большой точностью определяют положение небесных тел на небосводе на многие десятки лет вперед и вычисляются их траектории.

Также всемирного тяготения применяется в расчетах движения искусственных спутников Земли и межпланетных автоматических аппаратов. При помощи закона всемирного тяготения можно вычислить массу планет и их спутников.

Первый закон Ньютона

Стоит упомянуть еще одно важное открытие Ньютона – первый закон механики (закон инерции). Его смысл в следующем – если на тело не действуют силы или их действие скомпенсировано, то данное тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

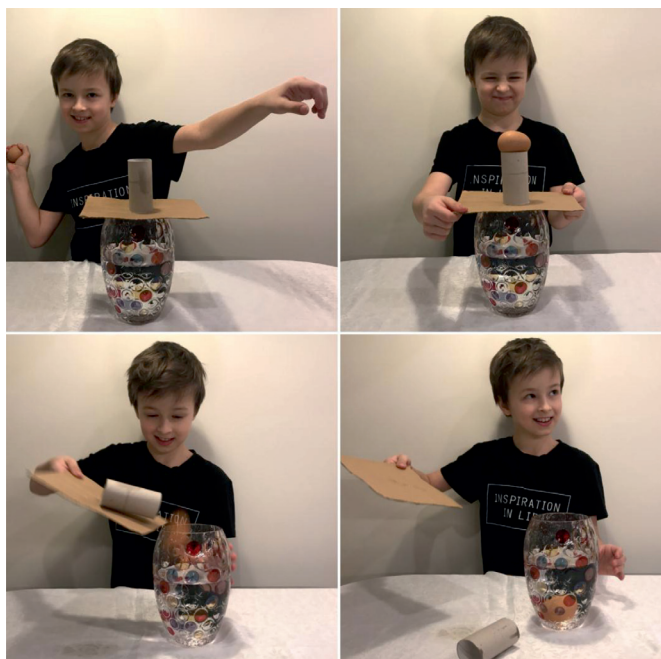
Интересно продемонстрировать как работает Закон всемирного тяготения в паре с Первым законом Ньютона.

Для выполнения эксперимента нам понадобятся:

1. Чистая, пустая стеклянная банка.
2. Вода.
3. Пищевой краситель.
4. Квадратный кусок картона.
5. Картонная трубочка от бумажного полотенца (туалетной бумаги).
6. Яйцо.

Ход эксперимента:

1. Наполним сосуд наполовину водой и добавим три капли пищевого красителя.
2. Положим кусок картона на банку.
3. Поместим картонную трубочку вертикально прямо по центру банки.
4. Положим яйцо на трубочку.
5. Удерживаем банку с одной стороны и быстро вытаскиваем картон.



В результате эксперимента картонная трубочка отлетает в сторону, а яйцо опускается в сосуд с водой.

Почему так происходит? Первый закон Ньютона (закон инерции) гласит: «Объекты в покое хотят оставаться в покое, и объекты в движении хотят остаться в движении». Неподвижное яйцо хочет оставаться в покое, но как только поддержку вытащили из-под него, сила тяжести тянет яйцо прямо в банку с водой.

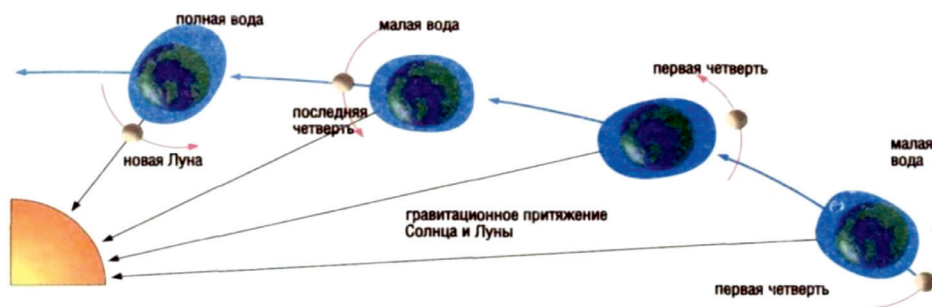
Приливы и отливы

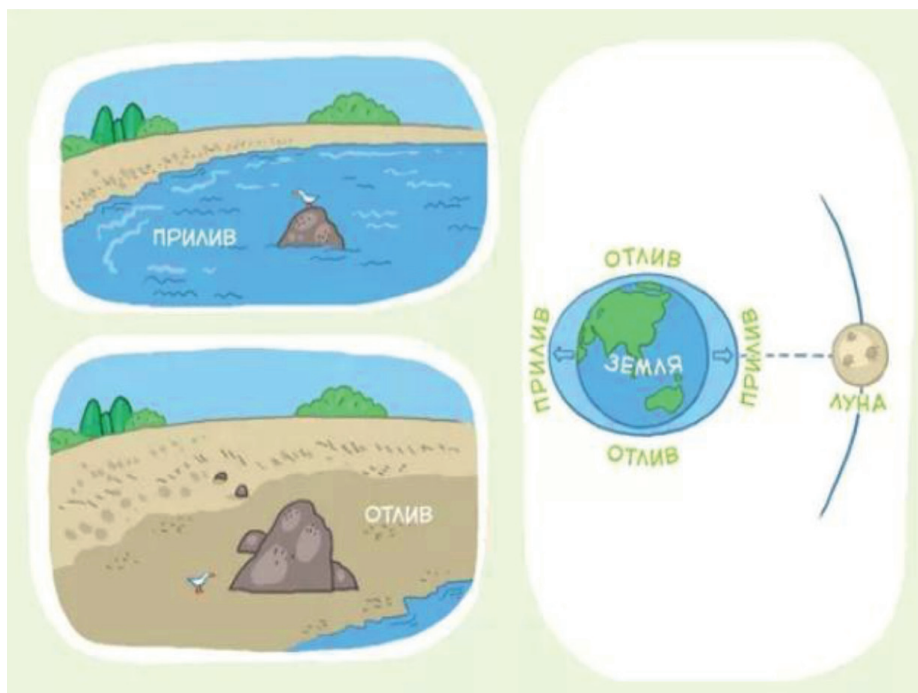
Тот, кто живет на берегу океана или моря, может наблюдать такое явление, как прилив

и отлив. 2 раза в сутки океан наступает на берег, затем постепенно отходит назад.

Виной всему Луна. Луна и Земля притягиваются друг к другу. Притяжение Луны настолько сильно, что под его воздействием вода Мирового океана выгибается ей навстречу. Но Луна не стоит на месте, она вращается вокруг Земли, а вместе с ней движется и приливная волна.

Приблизится Луна к берегу – наступает прилив, удалится – вслед за ней уходит от берега и вода. Максимальный уровень воды (во время прилива) называется полной водой, а минимальный (во время отлива) – малой водой.





Вода поднимается на стороне Земли, обращенной к Луне, и на противоположной стороне, образуя приливные выступы. Там из-за этого возникает излишек воды. За счет этого в то же самое время снижается уровень воды в точках Земли, находящихся под прямым углом к точкам прилива – здесь наступает отлив.

Почему выпуклостей в Мировом океане образуется две? Гравитационный поток от Луны вытягивает океаны Земли в эллипс с Землей в центре. Эффект принимает форму двух выпукло поднятых уровней моря относительно Земли. Один ближе всего к Луне и один самый дальний от неё.

Кстати, Солнце тоже вызывает приливы и отливы, ведь оно тоже притягивает к себе Землю. Но из-за того, что Солнце гораздо дальше от Земли, приливные силы Солнца меньше приливных сил Луны в 2,2 раза.

Открытие планеты Нептун

Самым ярким примером роли этого закона для науки является история открытия планеты Нептун.

Начнем с другого открытия, которое предшествовало этому событию.

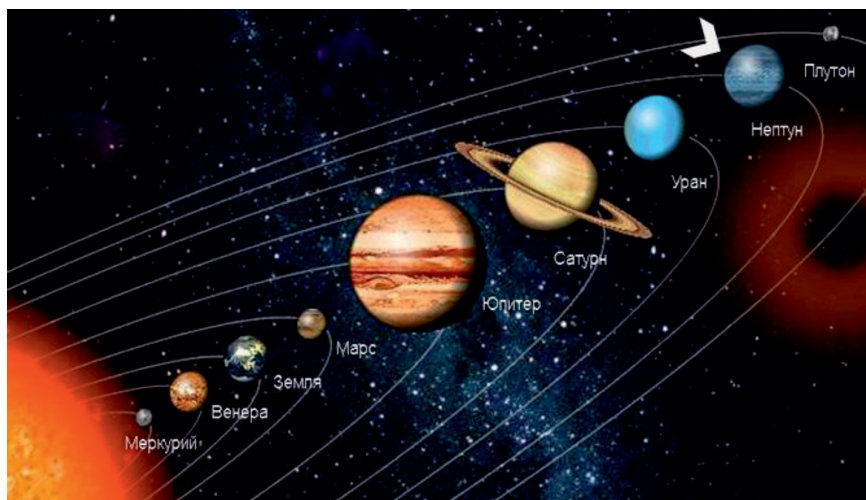
В 1781 году английский астроном Вильям Гершель при наблюдении звезд в созвездии Близнецов, заметил объект, который он сначала принял за комету, о чем и сообщил в Королевское научное сообщество Англии. Однако позже самого Гершеля смутил тот факт, что орбита объекта оказа-

лась практически круглой, а не эллиптической, как это бывает у комет. И только когда это наблюдения было подтверждено другими астрономами, Гершель пришел к выводу, что на самом деле открыл планету, а не комету, и открытие, наконец, получило широкое признание.



Таким образом, была открыта планета Уран. Была вычислена ее орбита и составлена таблица положений этой планеты на много лет вперед. Однако проверка этой таблицы показала, что Уран движется не совсем так, как было рассчитано. Ученые предположили, что существует планета еще дальше, чем Уран.

Была выдвинута гипотеза, что отклонение в движении Урана вызвано притяжением неизвестной планеты, находящейся еще дальше от Солнца.



Почти через сто лет, зная отклонения от рассчитанной траектории, англичанин Адамс и француз Леверрье, вычислили положение этой неизвестной планеты на небе. Адамс раньше закончил вычисления, но наблюдатели, которым он сообщил свои результаты, не торопились с проверкой. А тем временем Леверрье, закончив вычисления, указал немецкому астроному Галле место, где надо искать неизвестную планету.

В первый же вечер, 28 сентября 1846 г., Галле, направив телескоп на указанное место, обнаружил новую планету! Ее назвали Нептуном. Это была первая планета, которую открыли не в ходе наблюдений за небом, а в результате математических вычислений (как говорят, «на кончике пера»).

Таким же образом в 1930 году был открыт Плутон.

Антигравитация

Иногда сила притяжения земли слабее другой силы, влияющей на предмет. Интересен эксперимент, который демонстрирует, как работает антигравитация.

Для выполнения эксперимента нам понадобится:

1. Гвоздь
2. Нитка

3. Скотч
4. Картонная коробка
5. Магнит

Ход эксперимента:

1. Привязываем нитку к шляпке гвоздя
2. Крепим магнит в основание коробки снаружи
3. Привязываем нитку с гвоздем в противоположной стороне коробки так, чтобы в итоге между гвоздем и магнитом был картон, но гвоздь притягивался к магниту.



В результате эксперимента мы видим, что сила магнита оказалась сильнее силы притяжения.



Результаты работы и выводы

В результате выполненной работы мы смогли убедиться, что гравитация, или сила земного притяжения, неотъемлемая часть нашей жизни. Она везде, поскольку представляет собой физическое свойство, которое есть у всех предметов и тел.

С помощью проведённых экспериментов, мы смогли увидеть, как она работает.

Кроме того, мы узнали, что гравитация – это существующая между двумя объектами сила притяжения. Она зависит от двух факторов: массы предметов и расстояния между ними. Чем меньше масса предмета, тем слабее его сила тяготения. Поэтому для тел с небольшой массой она просто незаметна.

Но когда речь идёт о планетах и звёздах, сила их тяготения настолько велика, что может удерживать их на своих орбитах. Именно благодаря этой силе, планеты занимают своё место в солнечной системе и не улетают прочь.

Зависимость силы тяготения от расстояния проявляется в том, что чем дальше предметы друг от друга, тем слабее они притягиваются друг к другу.

Проследив развитие научной мысли от Аристотеля до Ньютона, мы смогли увидеть, как именно учёные шли к познанию силы притяжения земли, но очевидно, этот путь ещё не окончен, и нас ждут интересные открытия учёных в этой области.



Итак, цель проекта достигнута, а так же создан продукт проекта – видеоролик «Эксперимент: Галилей», который вошёл в список десяти призёров всероссийского открытого конкурса для школьников «Сам себе учёный» в рамках всероссийской «Недели науки» при поддержке Министерства образования и науки РФ [6].

Список литературы

1. Ньютон. Гравитация в действии. Под редакцией Истоминной Е. («Эксмо», Москва, 2018 год).
2. Перельман Я.И. Занимательная физика («Мещерякова ИД», Москва, 2016 год).
3. Качур Е. Увлекательная физика («Манн, Иванов и Фербер», Москва, 2017 год).
4. Воллиман Д. Профессор Астрокот и его путешествие в космос («Манн, Иванов и Фербер», Москва, 2015 год).
5. Википедия
6. <https://www.britishcouncil.ru/events/scienceweek-school-competition-i-scientist>