

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-математических
и естественных наук

Кафедра
«Общая физика
и методика обучения физике»

Направление подготовки 44.04.01 «Педагогическое образование»
Магистерская программа «Физическое образование»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
на тему:
**«ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САМОДЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ
И ПРИБОРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ
И АСТРОНОМИИ В ШКОЛЕ»**

Студент _____ Дунаев Андрей Юрьевич
(подпись, дата) (Ф.И.О. полностью)

Научный руководитель _____ Киндаев А.А.
(подпись, дата) (фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр _____ Киндаев А.А.
(подпись, дата) (фамилия, инициалы)

Рецензент

Директор МБОУ «Гимназия № 44» г. Пензы _____ Кистанов А.В.
(должность, место работы) (подпись, дата) (фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от
_____ № ____)

Заведующий кафедрой _____ Казаков А.Ю.
(подпись) (фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой ____ (протокол заседания ГЭК от
_____ № ____)

Секретарь ГЭК _____ Паскевич Н.В.
(подпись) (фамилия, инициалы)

Пенза, 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА I. САМОДЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПРИБОРЫ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОСНАЩЕНИЯ ШКОЛЬНЫХ КАБИНЕТОВ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ	6
1.1. Самодельные устройства для изучения механики.....	7
1.2. Самодельные устройства для изучения молекулярной физики и термодинамики	12
1.3. Самодельные устройства для изучения электродинамики	14
1.4. Самодельные устройства для изучения оптики	18
1.5. Самодельные устройства для изучения астрономии.....	21
ГЛАВА II. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ САМОДЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПРИБОРОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ В ШКОЛЕ	26
2.1. Совершенствование установок для проведения лабораторных работ и работ физического практикума	26
2.1.1. Машина Атвуда	27
2.1.2. Трибометр	29
2.2. Изготовление устройств и приборов для оснащения занимательных интерактивных физических и астрономических площадок	30
2.2.1. Электрический маятник	32
2.2.2. Гидравлический удар	35
2.2.3. Выигрыш в силе	37
2.2.4. Живая батарейка.....	40
2.2.5. Псевдорентгеновский аппарат	42
2.2.6. Воздушно-водяная ракета	44
2.2.7. Двойная мёртвая петля	46
2.2.8. Странное пламя	47
2.2.9. Удивительный маятник.....	49
2.2.10. Капля в невесомости.....	51

2.2.11. Круговое и колебательное движения	52
2.2.12. Катапульта.....	54
2.2.13. Стойкий штангист.....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	61

ВВЕДЕНИЕ

Физика – один из самых многокомпонентных учебных предметов школьной программы. Эксперименты, точные расчёты, необходимость поиска качественных объяснений происходящим вокруг явлениям, история открытий и изобретений – это лишь некоторые элементы этой дисциплины. Школьный курс позволяет развивать у обучающихся умения решать практические задачи, проявлять себя в ходе теоретических исследований, находить неординарные подходы при изучении физических процессов и явлений.

Современная школа предлагает большое число способов демонстрации опытов при изучении нового материала. Конечно, «умные» доски и специализированные программы позволяют наблюдать за недоступным для восприятия в лабораторных условиях ходом событий. Экономия времени и простота подготовки подобных демонстраций позволяют им закрепиться в качестве основных, часто используемых. Здесь не может возникнуть проблем с нехваткой или отсутствием нужного оборудования, неудачей при проведении опыта, неточностями, приводящими к неправильному пониманию сути физических явлений и процессов. Однако современные мультимедийные средства должны дополнять, а не вытеснять традиционные методы, и в частности, традиционную постановку и проведение демонстрационного и лабораторного эксперимента.

Для правильного формирования инженерно-технического мышления недостаточно работать только с компьютерными идеализированными моделями. Только оперирование с реальными устройствами и приборами позволит обучающемуся правильно понять особенности их устройства и эксплуатации, даст необходимые практические навыки.

Кроме того, самостоятельное конструирование и модернизация имеющихся установок развивает способность к научному творчеству, поиску нетривиальных инженерных решений, созданию новых объектов, позволяет проявить свои скрытые таланты и наклонности.

Объектом исследования магистерской диссертации являются самодельные устройства для изучения физики и астрономии, предметом исследования – использование самодельных устройств и приборов в образовательном процессе по физике и астрономии.

Цель магистерской диссертации: конструирование и изготовление самодельных устройств и приборов для изучения физики и астрономии в школе, а также разработка методических указаний по их использованию в образовательном процессе.

Задачи магистерской диссертации:

- сделать обзор научной и учебно-методической литературы по данной тематике;
- определить перечень известных самодельных устройств и приборов, рекомендуемых к использованию при изучении различных разделов физики, а также астрономии;
- модифицировать некоторые установки для проведения лабораторных работ и работ физического практикума (в частности, машину Атвуда и трибометр);
- разработать конструкцию и изготовить опытные образцы занимательных устройств и приборов, служащих для организации интерактивных площадок по физике и астрономии;
- дать методические рекомендации по использованию изготовленных самодельных устройств и приборов.

ГЛАВА I. САМОДЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПРИБОРЫ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОСНАЩЕНИЯ ШКОЛЬНЫХ КАБИНЕТОВ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ

В современной школе каждый учебный предмет строго определяет перечень требуемых для его изучения вспомогательных инструментов. При этом наибольшее количество лабораторных и исследовательских работ отводится химии и физике – предметам, тесно связанным с окружающим нас миром. Кабинеты физики оснащаются в соответствии с современными образовательными стандартами. В последние годы для проведения уроков стали широко использоваться интерактивные доски, персональные компьютеры, проекторы и другие интеллектуальные устройства. Программа не отменяет и лабораторных принадлежностей прошлого столетия. В результате современные и традиционные вспомогательные инструменты дают учителю и обучающемуся выбор как в проведении, так и в подготовке к занятиям.

Тенденции изменения подходов к образованию определили проектную деятельность одним из основных звеньев подготовки обучающихся, знания, умения и навыки которых отвечают запросам образовательных стандартов. Преимущества проектной деятельности выводят школьника на новые уровни во владении наукой, ораторском искусстве, взаимодействии с наставником. Но далеко не все плюсы работы в проекте. Если рассматривать только физику, то здесь проект скорее будет связан с экспериментом или демонстрацией, ведь точные расчёты хотя и являются неотъемлемой частью данной науки, но чаще они будут дополнением или подтверждением опытных результатов.

Исходя из этого, можно прийти к выводу о том, что создание некоторых устройств, приборов или установок для проведения опытов будет обязательным этапом работы в подготовке проекта обучающимся. Подробное описание принципа работы, предназначения и особенностей подобных устройств можно найти в книгах Л.И. Анциферова, П.В. Албычева и других

авторов. Там же представлены технологические карты, воспользовавшись которыми школьник без труда сможет создать свою физическую установку.

Но это лишь одно из основных преимуществ проектной деятельности. Несмотря на вышеупомянутую оснащённость кабинетов физики, далеко не каждая тема дополнена визуально понятными опытами. Например, определение значения ускорения свободного падения может быть выполнено с помощью машины Атвуда. Не каждая школа имеет в кабинете физики такое устройство, а её приобретение связано с большими материальными затратами. По той или иной причине, учитель часто лишён возможности живой демонстрации.

Выходом из такой ситуации может стать использование самодельных приборов и установок, созданных в рамках подготовки к проектам или индивидуальных и групповых заданий. Создание физического устройства ставит своим результатом не только получение итогового продукта, но и раскрытие потенциала задействованных обучающихся в изучении данного вопроса и конструировании.

1.1. Самодельные устройства для изучения механики

С разделом «Механика» обучающиеся знакомятся на начальном этапе изучения науки. Но элементарность некоторых тем этого раздела физики не делает его простым для изучения. Как и другие разделы, «механика» очень обширна, и в 7 классе изучаются лишь её основы.

Подходящей для демонстраций и самостоятельного изготовления установкой может стать дифференциальный блок, рассмотренный в книге П.В. Албычева «Самодельные приборы по физике». Изготовление такого устройства не требует особых трудозатрат, но при этом является наглядным и интересным с точки зрения науки [1].

Внешне этот блок представляет собой сдвоенный шкив, размещённый на неподвижной оси. В книге предлагается использовать фанеру для его изготовления, но может подойти любой схожий по прочности и толщине

листовой материал. Части шкива должны иметь различные диаметры. На нити под шкивом подвешивается подвижный блок с массивным грузом, при этом концы нити перебрасываются через канавки блока в противоположных друг к другу направлениях. На концах нити подвешиваются грузы, уравнивающие систему. При этом суммарная масса двух грузов будет меньше массы груза, подвешенного посередине.

Отношение работающей силы к весу поднимаемого груза в идеализированной системе будет равно:

$$\frac{Q}{P} = \frac{R-r}{2R},$$

где Q – работающая сила, P – вес груза, R и r – радиусы частей шкива. Подбирая грузы опытным путём, можно достичь равновесия системы.

При изучении темы «Взаимодействие тел» наглядной будет работа прибора для демонстрации кажущегося изменения веса тела при падении. Эта небольшая установка включает в свою конструкцию постоянный магнит, закреплённый на отрезке тонкой доски и якоря. Магнит желательно использовать дугообразный. Якорем может выступать кусок металла, расположенный на горизонтальной полке под магнитом. Якорь должен быть расположен таким образом, чтобы магнит не мог его притянуть к себе в спокойном состоянии. Но это расстояние и не должно быть слишком большим, чтобы в определённый момент магнит смог подействовать на якорь с нужной силой.

Сам опыт проводится на свободном пространстве и заключается в следующем. Вся конструкция ориентируется вертикально и размещается на некоторой высоте над поверхностью. Также возможно наличие направляющей штанги или проволоки, определяющей траекторию и конечное положение установки. Без дополнительных приспособлений она просто поднимается вверх и отпускается. После начала движения установки вниз раздаётся щелчок, возникающий в момент соединения магнита с якорем. При проведении опыта несколько раз, можно заметить, что высота подъёма

установки над поверхностью не влияет на время, которое проходит от момента начала движения установки вниз до соприкосновения магнита с якорем. Это говорит о том, что ускорение свободного падения на данной высоте изменяется незначительно.

Зная, что оба тела имеют одинаковое ускорение, можно предположить, что конструкционные особенности якоря, не закреплённого на основании, практически не влияют на его скорость относительно магнита. Следовательно, только уменьшение некоторой силы могло повлиять на итог опыта. Приходя в движение, система теряет вес, именно этот фактор всё же даёт возможность магниту притянуть якорь к себе. Подобный эффект можно наблюдать во время поездки в лифте. Если спускаться вниз с массивным грузом в руке, можно почувствовать, как он становится легче.

Достаточно наглядным устройством является «Диск с отвесом», представленный в книге Л.И. Анциферова «Самодельные приборы для физического практикума в средней школе». Такая самодельная установка хорошо показывает поведение тела при движении по окружности. Её изготовление будет целесообразным при изучении в 10 классе темы «Движение тела по окружности» [2].

Установка состоит из основания, горизонтально закреплённого на нём плоского диска, свободно вращающегося на вертикальной оси, и маятниками на кронштейне. По окружности диска предусматривается канавка или под ним на той же оси размещается шкив. Предполагается соединение диска с двигателем посредством ременной передачи. Если нет возможности использовать электропривод, можно задавать скорость системе толчком руки. В таком случае ожидаемый результат будет отличаться лишь более кратковременным эффектом, которого тоже достаточно для наблюдений и выводов.

Основным элементом установки является кронштейн с подвешенными на нём маятниками. В их роли могут выступать обыкновенные металлические шары, подвешенные на тонких нитях. Один подвес

размещается точно над центром диска, второй – над центром радиуса, третий – ближе к краю диска. При запуске диска можно наблюдать максимальное отклонение крайнего шара и неподвижное состояние шара над центром диска. Из этого можно сделать вывод: чем ближе к центру расположена часть вращающегося тела, тем более скомпенсированы силы, действующие на него.

Для изучения закона Гука можно изготовить установку, описанную в книге Глазырина А.И. «Самодельные демонстрационные приборы по физике и опыты с ними». Такое устройство поможет определить физические характеристики, например, металлической проволоки [3].

Для изготовления физического устройства потребуется отрезок доски, который станет основанием. С одного из концов доски крепится небольшой деревянный брусок с привинченной сверху металлической пластиной, предназначенной для фиксации исследуемой проволоки. Во второй стороне основания предусматривается продольная прорезь. С той же стороны фиксируются два металлических уголка, которые удерживают поперечный вал. На вал крепится фанерный шкив, диаметр которого по дну канавки в 10 раз больше диаметра вала.

К шкиву крепится бумажный диск, на который наносится шкала. Чтобы точно разметить шкалу нужно измерить длину окружности вала и поделить длину окружности на число целых миллиметров и десятых долей. После этого каждый участок между целыми значениями нужно разбить минимум на 5 равных частей. Вычислить длину окружности вала можно двумя способами: воспользовавшись штангенциркулем, узнать диаметр и высчитать по формуле; плотными витками обмотать вал проволокой 10 раз, после этого выпрямить проволоку, измерить длину линейкой и поделить на 10 получившееся значение.

Для точного снятия показаний потребуется жестяная стрелка, которая жёстко крепится сбоку от круговой шкалы. Стальная проволока диаметром 0,3 мм крепится одним концом под пластиной, вторым – фиксируется на валу.

На шкив наматывается прочная нить с крючком на конце для возможности подвешивания грузов.

Перед началом опыта несколькими оборотами натягивается проволока на вал, к шкиву подвешивается груз массой 100 г. Установка прочно фиксируется на столе для предотвращения возможного опрокидывания. Нужно помнить о том, что на вал действует сила в 10 раз большая, чем приложенная к шкиву, а одно деление на шкале соответствует увеличению длины проволоки на 1 мм. Микрометром требуется измерить диаметр проволоки в нескольких местах. Длина проволоки измеряется от зажима до центра вала.

После снятия измерений на крюк последовательно подвешиваются одинаковые по массе грузы. После подвешивания каждого последующего груза записывается значение нагрузки на шкив, увеличенное в десять раз, и фиксируется удлинение проволоки после остановки движения стрелки. Во время проведения эксперимента можно наблюдать, что каждый из равных по массе грузов удлиняет проволоку на одинаковое значение в миллиметрах. Груз, удлинивший проволоку больше остальных, становится последним в эксперименте. Теперь деформация струны перестаёт быть упругой, образец начинает разрушаться.

Затем следует воспользоваться динамометром до 300 г. Его подвешивают к последнему грузу и фиксируют значение удлинения каждые 25 г. Перед разрывом проволоки можно наблюдать медленное изменение положения стрелки. Во время разрыва проволоки фиксируются значения нагрузки и длины.

По зафиксированным данным можно построить график. На оси ординат откладывается нагрузка, на оси абсцисс – приращение длины. Зная диаметр проволоки, по формуле определяется поперечное сечение. Разделив нагрузку разрыва на поперечное сечение, можно узнать напряжение, при котором сталь данного сорта разрывается. Разделив нагрузку у предела

пропорциональности на сечение проволоки узнают максимальное напряжение в пределах упругой деформации при растяжении.

1.2. Самодельные устройства для изучения молекулярной физики и термодинамики

Большинство обучающихся на уроках физики могли познакомиться с опытом, когда нагретый металлический шар не мог пройти сквозь кольцо до момента понижения своей температуры. Существует большое количество демонстрационных экспериментов, нацеленных на подтверждение теории о расширении тел при нагреве. И если учитель не имеет в распоряжении упомянутой выше установки, он может прибегнуть к изготовлению «Прибора Дубровского». Такое название он получил в честь российского педагога-физика К.В. Дубровского, занимавшегося изготовлением самодельных физических устройств. Принцип работы так же заключён в поведении металла при изменении температуры в большом диапазоне, когда это становится заметным для невооружённого глаза.

Основными частями установки являются подставка с вертикальной стойкой и металлическая пластина, горизонтально закреплённая на стойке. Для опыта требуется металлическая монета любого номинала. Важен лишь диаметр монеты, ведь именно он будет определять ширину прорези в пластине. Прорезь должна иметь ширину большую толщины монеты. Длину прорези следует подобрать таким образом, чтобы монета с небольшим трением под собственным весом проходила сквозь неё при комнатной температуре. После нагрева монеты на спиртовке и размещении её в прорези, можно наблюдать её неподвижное положение. Но спустя некоторое время монета остынет и, уменьшившись в размерах, упадёт на подставку. Изготовление такой установки будет под силу школьнику, имеющему элементарные навыки в работе с древесиной и листовым металлом. Данное устройство рассмотрено в книге Л.И. Анциферова «Самодельные приборы для физического практикума в средней школе» [2].

Универсальным устройством для опытов по термодинамике можно назвать специальную камеру с нагревателем. Она может служить для изучения зависимости некоторой физической величины от температуры. Это толстостенный прямоугольный сосуд, выполненный из текстолита. На поверхность выводятся две клеммы от спирали. Часть спирали от электроплиты мощностью 600 Вт и сопротивлением 10 Ом размещается внутри камеры. Прибор при использовании подключается к источнику тока в 27 В. С одной стороны камеры предусмотрено смотровое окно, на одном краю которого нанесены деления, определяющие уровень жидкости в камере. Сверху проделывается два отверстия диаметром 10 и 16 мм. Прямоугольное основание камеры изготавливается из цельной заготовки. С двух сторон размещаются пластины и стягиваются с основанием винтами. Под пластины подкладываются резиновые прокладки. На обратной стороне камеры крепятся уголки для дальнейшей её фиксации на штативе.

В книге Глазырина А.И. «Самодельные демонстрационные приборы по физике и опыты с ними» подробно описано создание механической модели броуновского движения, изучаемого школьниками в 7 и 10 классах. Основанием для этой установки является прямоугольный отрезок органического стекла. В центре проделывается отверстие, в которое монтируется стальной стержень. На стержне крепится пружинная лента, свёрнутая в кольцо диаметром 50-60 мм. Пружина должна располагаться параллельно основанию на расстоянии примерно в 2 мм от основания. Это расстояние должно быть минимальным, но при колебании пружина не должна задевать поверхности основания [3].

Из листового металла толщиной 1,5-2 мм следует изготовить два уголка, которые закрепляются на края основания. Уголки служат опорами для горизонтального вала с насаженным на него зубчатым колесом. На одном из концов вала должна находиться Г-образная рукоять для вращения колеса. Уголки крепятся заклёпками или винтами к основанию. Для обоих типов крепления требуется просверлить отверстия в оргстекле, но для винтов

понадобится нарезать резьбу соответствующего размера. Зубчатое колесо должно расположиться таким образом, чтобы при вращении оно задевало верхнюю часть пружины зубцами, чем провоцировало бы её колебание.

Для проведения эксперимента потребуется примерно 10 небольших металлических шариков и пробковый кубик со стороной примерно в 1 см. Шарик и кубик помещаются в центр пружинного кольца и производится вращение рукоятки. Под действием ударов шариков по разным сторонам пробки, она приходит в хаотичное движение. Скорость передвижения пробкового кубика намного меньше скорости шариков.

Проводя аналогию с броуновским движением, которое впервые наблюдал Роберт Броун в 1827 году, можно догадаться, что роль частиц пылицы выполняет пробковый кубик, а металлические шарик – это невидимые молекулы. Сдвинуть с места столь большую частицу маленькой молекуле вещества помогает её большая скорость. При этом в момент удара о частицу векторы скоростей молекулы могут быть сонаправленными или находиться в небольшом угловом секторе. Это усиливает действие молекул по отношению к частице.

1.3. Самодельные устройства для изучения электродинамики

При изучении раздела «Электродинамика» обучающиеся знакомятся с электромагнитным полем и взаимодействием его с телами, обладающими зарядом. Вместе с этим производятся измерения и расчёты различных физических величин, связанных с данным разделом. Для изучения, например, зависимости сопротивления проводника от температуры школьники могут изготовить медный проводник, предназначенный для подобных исследований. Описание устройства, способа изготовления и принципа действия описано в книге Л.И. Анциферова «Самодельные приборы для физического практикума в средней школе» [2].

Для изготовления данного устройства потребуется алюминиевая трубка длиной 160 и диаметром 10 мм. На расстоянии 5 см от одного из концов

трубки проделываются отверстия диаметром 3-4 мм, в которые при помощи эпоксидной смолы вклеиваются пластмассовые пробки. Перпендикулярно оси, проходящей через пробки, в трубке проделывают продольные окна размером 10×4 мм, предназначенные для конвекционных потоков воды. На трубку надевается резиновая трубка диаметром 16 мм. Из текстолита толщиной 5 мм вырезают заготовки размером 25×60 мм. В одной из пластин проделывается центральное отверстие диаметром 10 мм и два отверстия 4 мм по краям. Во второй пластине сверлят только боковые отверстия. После склейки пластин друг с другом между ними сверлят продольный канал. Конец алюминиевой трубки, выступающий из пробки, вставляется в отверстие пластины, предварительно смазанное эпоксидным клеем. После высыхания эпоксидного клея (примерно, через сутки) в пластмассовых пробках проделывают отверстия диаметром 1-1,5 мм, через которые пропускают концы зачищенного провода и пропаивают их. Другие концы проводов, пропустив по каналу и через отверстия, подводят под шайбы клемм. К выводам на пластмассовых пробках припаивают концы медного эмалированного провода диаметром 0,35 мм, который наматывают на трубку виток к витку в два ряда. В этом случае сопротивление будет составлять 3-3,5 Ом.

Для проведения лабораторной работы или опыта с данным самодельным устройством, его нужно поместить в камеру для нагревания жидкости и производить измерения показателей через небольшие интервалы времени. С помощью полученных данных можно определить, какая зависимость существует между температурой проводника и значением его сопротивления.

Ещё одним интересным для изготовления и использования устройством из этой же книги является колебательный контур. Он предназначен для изучения резонанса и определения физических величин резонансным методом. Такая установка может стать составной частью простейшего радиоприёмника.

В таком колебательном контуре катушка наматывается на каркас диаметром 17 мм и длиной 150 мм. Она должна содержать 180 витков провода диаметром 0,7 мм. Каркас должен быть с каналом диаметром не менее 10 мм. Конденсатор переменной ёмкости может быть любого типа. Четыре гнезда в корпусе служат для короткозамкнутой вилки и перемычки с неоновой лампой или лампой накаливания.

Градировку шкалы конденсатора следует выполнять при помощи фарадометра. Можно воспользоваться методом замещения или мостовой схемой. Эти способы не являются сложными, но конденсаторы должны быть порядка сотен пикофард с малым отклонением по параметрам.

Если в колебательном контуре используется конденсатор переменной ёмкости, то его можно смонтировать между двумя текстолитовыми пластинами толщиной 2-3 мм, которые скрепляют стойками. Катушку к верхней части пластины крепят винтами, пропущенными через её концы. Для шкалы изготавливается диск диаметром 50 мм из оргстекла или текстолита толщиной 4-6 мм. Диск одновременно служит ручкой для ротора конденсатора. Такое устройство служит для изучения резонанса, для определения физических величин резонансным методом и методом мостика Уитсона.

Но этот прибор лучше изготавливать в старшей школе. Для начала изучения электродинамики можно изготовить электромагнит, представленный в книге Смирнова В.А. «Опыты и самоделки по физике». Электромагнитом можно назвать прибор, у которого под воздействием электрического тока появляются свойства магнита [4].

Катушку для электромагнита можно изготовить из картона (втулка) и фанеры (крышки). К одной из крышек крепятся три небольших крючка. Части катушки склеиваются между собой и остаются до полного высыхания. Только после хорошей просушки можно продолжить сборку катушки. В качестве сердечника, усиливающего магнитные свойства, лучше подойдёт мягкое чистое железо. Такое железо быстро размагничивается при

прекращении воздействия электрического тока. Можно взять кровельное железо, но его предварительно требуется обжечь до появления на поверхности окалины. После остывания железа окалину нужно сбить, а железо нарезать прямоугольными полосками и уложить стопкой во втулку. Железо должно плотно заполнять пространство внутри неё. С краёв катушки должно выступать по 2 мм сердечника.

Следующая операция – намотка проводника. Он должен быть медным и в изоляции, диаметром 0,2-0,3 мм. Перед намоткой через отверстие в крышке следует выпустить около метра провода. Намотку нужно производить ровными и плотными витками. Нельзя перегибать провод, так как это может привести к его порче, петли и перегибы также нежелательны. После того, как будет намотан первый слой сверху до низа, следует произвести намотку в противоположном направлении. Таких слоёв должно быть 6-8. По окончании намотки провода свободный конец длиной 1 м нужно пропустить через отверстие в нижней крышке катушки. Желательно всю поверхность обмотки покрыть лаком и просушить. Подключив зачищенные концы провода к источнику питания, можно наблюдать, как электромагнит притягивает металлические предметы.

В этой же книге представлена самая простая версия электромагнита, изготовленного из болта и проволоки. На болт виток к витку наматывается около 400 витков проволоки. Сверху и снизу предусматриваются ограничители из картонных пластин. Подключив такой электромагнит к источнику тока, можно убедиться в том, что он может притягивать достаточно тяжёлые металлические предметы, но после размыкания цепи происходит моментальное размагничивание сердечника. Железо размагничивается быстро, а сталь способна сохранять свойства магнита и после размыкания электрической цепи [4].

1.4. Самодельные устройства для изучения оптики

Изучая данный раздел физики, обучающиеся погружаются в ознакомление природы окружающих нас явлений. Всё, что мы можем наблюдать, сопряжено с законами оптики. Воспользовавшись даже обыкновенной призмой, можно бесконечно проводить эксперименты, узнавать новое, делать сравнительный анализ и т. д. Также существует ряд более интересных приборов, изготовить которые можно самостоятельно. Например, рефрактометр, прибор для определения показателя преломления вещества, способен изготовить даже школьник, воспользовавшись инструкцией из книги Л.И. Анциферова «Самодельные приборы для физического практикума в средней школе» [2].

Сам рефрактометр состоит из визирного приспособления и коллиматора, объединённых одним основанием. Коллиматор представлен двумя плоскими пластинами. Пластины устанавливаются параллельно друг другу на расстоянии 1 мм друг от друга. В специальное гнездо устанавливается трёхгранная призма, в которую попадает свет, проходя через щель. Материал, из которого изготовлена призма, определяет дальнейшее направление распространения света. Свет проходит в одном из возможных направлений шкалы визирного приспособления. Шкала имеет верхний и нижний пределы, равные соответственно 1,3 и 1,7 единицы. Вдоль шкалы может передвигаться визир. Перед щелью предусматривается бортик, позволяющий крепить фильтры различных цветов (синий, красный, зелёный и т. д.). Для прибора используются фильтры и призмы, предусмотренные списками обязательного школьного оборудования в кабинетах физики. Чтобы исследовать преломление света в жидкости, требуется изготовить наливную призму из тонколистового оргстекла.

В книге Попова Б.В. «Самодельные оптические и электрохимические приборы» рассмотрен способ изготовления двояковыпуклых и плоско-выпуклых линз. Существует способ получения двояковыпуклых линз методом склеивания пары плоско-выпуклых линз, изготовить которые

намного проще. Но этот способ достаточно сложен, так как при застывании наполнителя могут появляться трещины на стекле из-за разности коэффициентов расширения стекла и наполнителя [5].

Чтобы результат был более предсказуем, нужно изготовить несложный прибор, названный электрическим стеклорезом. Для изготовления линз потребуется резать лампы накаливания, но такой стеклорез способен резать бутылки, банки и трубки маленького и большого диаметра. Действие прибора основано на том, что коэффициент расширения стекла незначителен, и оно служит хорошим изолятором электрического тока. Спираль же – режущий орган электрического стеклореза – обладает высоким сопротивлением и раскаляется при пропускании через неё электрического тока.

Электрический стеклорез монтируется на обычной бельевой прищепке, губки которой опиливаются и обкладывают негорючим асбестом. Асбест предварительно размачивают и придают ему нужную форму, после этого высушивают. Спираль придают форму охватываемого предмета, а концы фиксируют в губках прищепки, не соединяя друг с другом. Подойдет отрезок спирали от электроплитки на 127 Вт. На свободные концы спирали надевают фарфоровые бусы. После этого нужно соединить спираль с проводниками алюминиевыми скобами, способными обеспечить хороший контакт участков цепи. Подходящим для резания стекла цветом спирали считается красно-коричневый.

Для изготовления чашечки потребуется лампа накаливания, надпись со дна которой нужно стереть раствором, и электрический стеклорез. Спираль стеклореза размещается на лампе и производится её подключение к питанию. После быстрого нагрева спирали будет слышен характерный щелчок, указывающий на завершение процесса. Для двояковыпуклой линзы потребуется две такие чашечки. Их края можно обработать наждачной бумагой или надфилем.

Также потребуется листовая резина или резиновая трубка. Диаметр кольца из резины должен быть немного меньше диаметров чаш. Если не

удалось подобрать резиновое кольцо нужного размера, нужно вырезать тонкую полосу листовой резины, свернуть кольцом и сверху внахлест приклеить ещё один отрезок резины. Таких кольца потребуется два – для каждой чаши. Кольца закрепляются на чашечках, подготавливается ещё одна, более широкая, полоса резины. Чаши погружаются в дистиллированную воду и соединяются. После заполнения линзы водой, нужно повернуть её на бок и проверить на наличие в ней пузырьков воздуха. На конечном этапе стык между половинами линзы проклеивается широкой полоской резины.

Для наилучшего результата линзу можно наполнить глицерином. Такие линзы пригодны для использования только при положительных температурах. Для заполнения линз, применяемых при отрицательных температурах, следует воспользоваться незамерзающими жидкостями (например, спиртом).

В этой же книге рассмотрено изготовление прибора под названием эпидиаскоп. Он предназначен для увеличения и проецирования изображения на экран. Конечно, использование такого устройства в практических целях уже потеряло свою актуальность, но установка вполне интересна с точки зрения работы над её созданием и изготовлением [5].

Для изготовления эпидиаскопа требуется подготовить два комплекта осветителей, состоящих из рефлектора, источника света (можно взять 100-ваттную лампу накаливания) и конденсора (подойдёт колба с водой). Для определения основных размеров эпидиаскопа нужно разместить источники света таким образом, чтобы их световые пятна хорошо освещали рисунок. Напротив рисунка устанавливается линза так, чтобы рисунок резко проецировался на экране. Осветители в это время должны быть затемнены сверху и с боков непрозрачными ширмами. Теперь остаётся снять получившиеся размеры и изготовить корпус эпидиаскопа. Внутри корпуса размещаются осветители, а в задней стенке прорезается окно для установки изображений. В передней стенке прорезается круглое отверстие, в которое устанавливается тубус с линзой. Он станет объективом. Внутреннюю часть

корпуса следует покрасить в белый цвет или оклеить белой бумагой. В устройстве следует предусмотреть отверстия для циркуляции воздуха и охлаждения. Фотографии и рисунки следует устанавливать вверх ногами. По законам оптики изображения на экране будут проецироваться прямыми.

1.5. Самодельные устройства для изучения астрономии

Астрономия как наука имеет неразрывную связь с физикой. Нельзя представить покорение человеком космического пространства без теоретических знаний, в основу которых положены физические законы и расчёты. Невесомость, реактивное движение, естественный вакуум – все эти понятия относятся к недостижимому пространству. Но, несмотря на расстояние, модели космических явлений могут быть созданы и на земле. Более того, упрощённые их формы доступны для изготовления школьникам. Даже если у учителя есть возможность продемонстрировать на уроке красивый современный фильм о космосе, эксперименты и опыты на соответствующую тематику будут куда более интересными.

Первыми попытками более детального изучения космического пространства были наблюдения в специальные увеличительные трубы, или телескопы. С тех пор прошли столетия, но это занятие осталось не менее привлекательным как для учёных, так и для заинтересованных школьников. Даже сегодня, когда технологические процессы изготовления отдельных частей телескопов многократно ускорились и удешевились, не каждая школа может позволить себе их приобретение. Если даже не использовать телескоп по прямому назначению, он всё равно будет являться очень ценным астрономическим и физическим устройством. На примерах видов телескопов можно изучать законы оптики, проводить опыты по определению основных характеристик телескопа. Подобная работа в рамках проекта или группового задания подойдёт для обучающихся при изучении оптики на уроках физики или на уроках астрономии в 10 классе.

Подробное описание процесса изготовления телескопа описано в книге

Новикова И.Д. «Самодельные астрономические инструменты и наблюдения с ними». Кратко рассмотрим основные части самодельного телескопа и предложенный вариант их исполнения [6].

Изготовление телескопа начинается с окулярной трубы. Для её изготовления понадобится цилиндр, диаметр которого будет равен диаметру трубки, заключающей окулярное стекло. Далее идёт процесс обмотки цилиндра бумагой с равномерным её промазыванием клеем. Слоёв бумаги нужно столько, чтобы свет не проникал внутрь трубки и она была достаточно прочной. Внутреннюю поверхность трубки предлагается окрасить в чёрный цвет. Для этой процедуры лучше всего подходит сажа, разбавленная спиртом. Вместо этого можно воспользоваться лаком. Окрашивание трубки нужно для исключения возможного отражения лучей света от внутренних стенок. В конце этапа работы должна получиться ровная и прочная трубка, не имеющая складок. Её длина должна составлять около 0,5 м. В один из концов трубки вставляется увеличительное стекло.

Следующим этапом создания телескопа будет изготовление главной трубы. Она также изготавливается из бумаги. Её длина должна быть около 0,7 м, а диаметр должен равняться поперечнику объектива или кольца, в которое он вмонтирован. Формирование главной трубы происходит посредством накатывания слоёв бумаги на окулярную трубку. Внутренняя поверхность трубы затемняется тем же способом, что и окулярная трубка. Самой основной задачей на этом этапе является качественная подгонка труб друг к другу. Если после завершения работы внутренняя труба свободно ходит во внешней, это требуется устранить путём добавления нескольких слоёв бумаги на поверхность окулярной трубки. В конечном итоге внутренняя трубка должна с небольшим трением перемещаться внутри основной, не выпадая из неё под своим весом. В свободный торец трубы монтируется увеличительное стекло.

Потребуется ещё две трубки, изготовленные тем же способом. Одна из них (№ 3) должна быть длиной около 15 см с внутренним диаметром равным

внешнему диаметру основной трубы. Длина второй трубки (№ 4) должна составлять 6 см, её внутренний и внешний диаметры должны соответствовать параметрам основной трубы. Трубка № 3 фиксируется на конце телескопа, в неё вставляется трубка № 4 и затемняется изнутри.

Для испытания телескопа в работе лучше воспользоваться некоторой опорой для его устойчивого размещения (для регулярного использования будет практичнее изготовить специальный штатив). Выбрав в качестве наблюдаемого объекта любой наземный предмет, находящийся на достаточно большом расстоянии, смотрим поверх телескопа и поворачиваем его в нужную сторону. Продольная ось телескопа на своём продолжении должна встречаться с выбранным объектом. После этого выдвигаем внутреннюю трубку так, чтобы длина телескопа составляла около метра. Перемещением окулярной трубки вдоль основной трубы настраиваем чёткость изображения. Полученная картинка будет перевёрнутой, согласно законам оптики. Телескоп требует настройки при изменении расстояния до наблюдаемого наземного объекта. Настройка телескопа остаётся неизменной при наблюдении звёзд, поэтому рекомендуется сделать отметку на окулярной трубке для быстрой регулировки. Чем больше увеличение телескопа, тем меньший участок неба можно захватывать при его наблюдении. Если увеличение телескопа мало, то, например, увеличенную Луну можно видеть полностью. При большей увеличительной способности телескопа можно наблюдать участок Луны с увеличенными кратерами. Захватываемый участок неба называют полем зрения. Чем больше увеличение телескопа, тем поле зрения уже.

Подходящим для самостоятельного изготовления прибором также являются экваториальные солнечные часы. Их создание и изучение будут актуальными при рассмотрении тем в астрономии, связанных с особенностями движения планет вокруг Солнца. Также в принципе работы таких часов заложены законы прямолинейного распространения света. В книге Новикова И.Д. «Самодельные астрономические инструменты и наблюдения с ними»

описано, как с незначительными затратами можно самостоятельно изготовить подобное устройство [6].

За основу предлагается взять два отрезка нетолстой доски или фанеры размером 22×22 см. На одном из отрезков вычерчивается окружность радиусом 10 см. В центре окружности прodelывается отверстие, в которое вставляется шпунт длиной 13 см. шпунт должен располагаться строго вертикально относительно плоскости своего основания. Окружность разбивается на 24 равные части и нумеруется. Каждое получившееся деление рекомендуется разбить ещё на 4 или 6 частей для более точного определения времени.

Соединение двух основных частей производится с помощью шарниров или петель. При этом место соединения должно проходить вдоль стороны с числом 12 или цифре 6, если сравнить получившийся циферблат с обычными часами. Наиболее ответственным этапом является ориентация одной пластины относительно другой. Угол между ними должен равняться $90^\circ - \varphi$, где φ – широта положения наблюдателя. Например, в Пензе этот угол будет равняться $90^\circ - 53^\circ = 37^\circ$. Разворот составных частей фиксируется подставкой в нужном положении. Для начала работы необходимо установить солнечные часы так, чтобы проекция линии, проходящей через отметки 0 и 12, на основание точно совпадала с направлением полуденной линии. Если все этапы работы выполнены согласно инструкции, то по тени, отбрасываемой шпунтом можно определить достаточно точное время. В апреле-сентябре тень будет падать на верхний циферблат, с октября по март – на нижний.

Для лабораторных работ или дополнительных заданий по астрономии может быть использована одна из разновидностей телескопов-рефлекторов, имеющих в своей конструкции вогнутую оптическую поверхность, – гелиоскоп, телескоп для наблюдения Солнца.

В качестве отражающего оптического объекта можно выбрать круглое очковое стекло, обратив его вогнутой стороной к солнцу. Фокусное расстояние этого стекла должно быть в диапазоне от 40 до 100 см. Определить фокусное расстояние стекла достаточно просто. Для этого нужно направить его

вогнутой стороной к Солнцу и расположить рядом, например, лист белой бумаги. Изменяя положение листа, следует добиться изображения на нём маленькой точки, образованной отражённым пучком лучей. Нужно помнить о том, что такое стекло даст ещё одно фокусное изображение, образованное лучами, отражёнными от внешней поверхности стекла. Но это изображение будет размещено ближе к стеклу и не мешает наблюдениям.

Окуляр может быть таким же, как и для телескопа-рефрактора, рассмотренного выше. Для отражения и перенаправления изображения можно воспользоваться небольшим плоским зеркалом. Оно размещается под углом в 45° относительно оси трубы гелиоскопа. Изготовление трубок производится таким же способом, как и при изготовлении обычного телескопа. Ещё одним отличием будет размещение главной и окулярной трубок относительно друг друга. Угол между ними должен быть прямым. Для более надёжного ослабления лучей рекомендуется использовать гелиостат, представляющий из себя поворотное зеркало, крепящееся перед объективом на специальном штативе.

ГЛАВА II. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ САМОДЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПРИБОРОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ В ШКОЛЕ

2.1. Совершенствование установок для проведения лабораторных работ и работ физического практикума

Физика, являясь экспериментальной наукой, в школьной программе предусматривает большое количество лабораторных работ. Приборы и принадлежности для их проведения обычно входят в перечень оборудования кабинета. Также для демонстрации явлений, процессов, свойств часто использовались самодельные наглядные установки. Сегодня часть установок такого рода вытеснены более удобными для демонстрации современными аналогами.

Кроме того, конечно, любой опыт можно продемонстрировать в так называемом виртуальном виде. Это целесообразно, когда реальное наблюдение затруднено или вовсе невозможно (в случае микропроцессов, процессов, протекающих с большой или очень малой скоростью, опасных процессов и т. п.). Но эксперименты, проведение которых возможно в условиях кабинета физики, всё-таки лучше оставлять «живыми».

С учётом того, что в последнее время появляются новые способы и приборы для измерения физических величин, некоторые физические устройства можно назвать устаревшими. Это, естественно, не говорит об их абсолютной непригодности. Скорее всего, приборы, которые использовались в прошлом веке, так же точно способны выполнять свою работу и сейчас, но являются менее удобными для проведения экспериментов. Существуют способы модернизации и совершенствования различных устройств с целью улучшения их работы методом повышения точности, скорости их работы и простоты использования. Вероятнее всего, что установка требует замены или улучшения всего одного рабочего узла для повышения своей пригодности при проведении опытов по физике. Модернизированы могут быть как

фабричные, так и самодельные устройства. Ниже рассматривается усовершенствование установок на примере машины Атвуда и лабораторного трибометра.

2.1.1. Машина Атвуда

Это устройство, предназначенное для изучения поступательного движения с постоянным ускорением, впервые было сконструировано в 1748 английским математиком и физиком Джорджем Атвудом. Установка представляет собой вертикально закреплённую планку, имеющую на верхнем торце вращающийся шкив. Через шкив перебрасывается лёгкая нить с подвешенными на её концах грузами одинаковой массы. Шкала, нанесённая на планку, позволяет определять расстояние между площадками, которые проходят грузы, и пройденный грузами путь.

Первые машины Атвуда не имели электрических или электронных узлов, поэтому время отсекалось ручным секундомером. Это добавляло погрешность в расчётах. Установка, модифицированная в ходе выпускной квалификационной работы, была дополнена оборудованием *L*-микро: оснащена электромагнитом, отключаемым посредством соответствующего программного обеспечения с одновременным запуском секундомера.

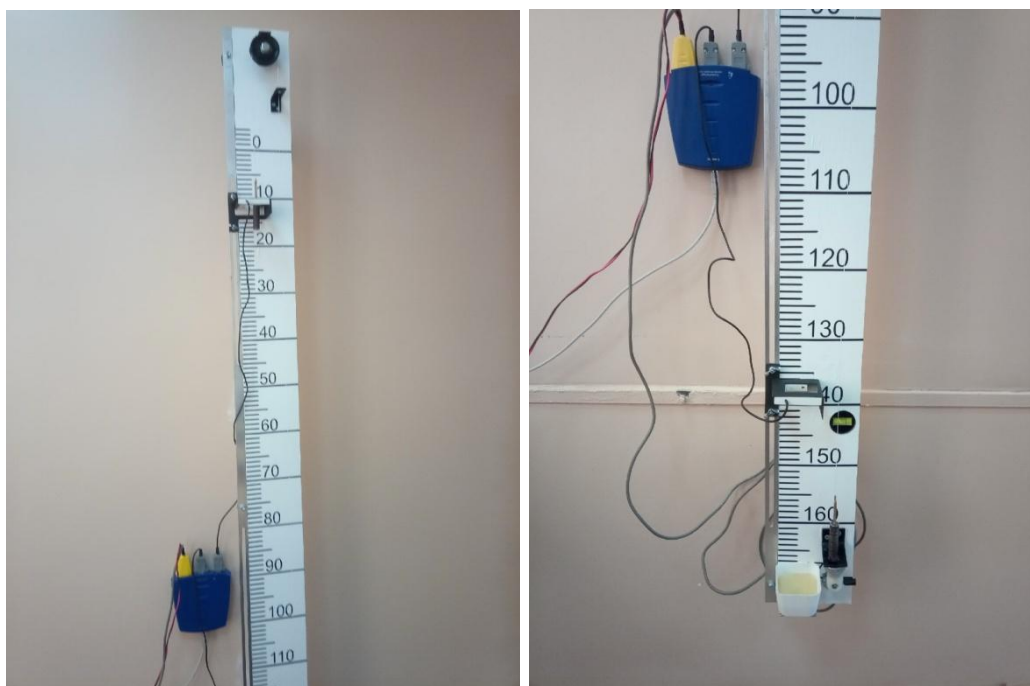


Рис. 1. Машина Атвуда

В ходе модификации установки на направляющей планке были установлены оптоэлектронные датчики. При прохождении грузом датчиков на мониторе компьютера визуализируются соответствующие интервалы времени. Электронный секундомер позволяет определять время с точностью до сотых долей секунды. Мягкая платформа, служащая для остановки груза, позволяет избегать сброса нить со шкива и делает опыты более безопасными.

Кроме того машина Атвуда снабжена уровнем для правильной её установки в вертикальном направлении.

Установка обеспечивает высокое качество проверки законов равноускоренного движения, второго закона Ньютона, определения ускорения свободного падения. Например, при исследовании зависимости пути от времени при равноускоренном движении из состояния покоя данная машина даёт экспериментальные результаты, хорошо аппроксимирующиеся квадратичной зависимостью (см. рис. 2).

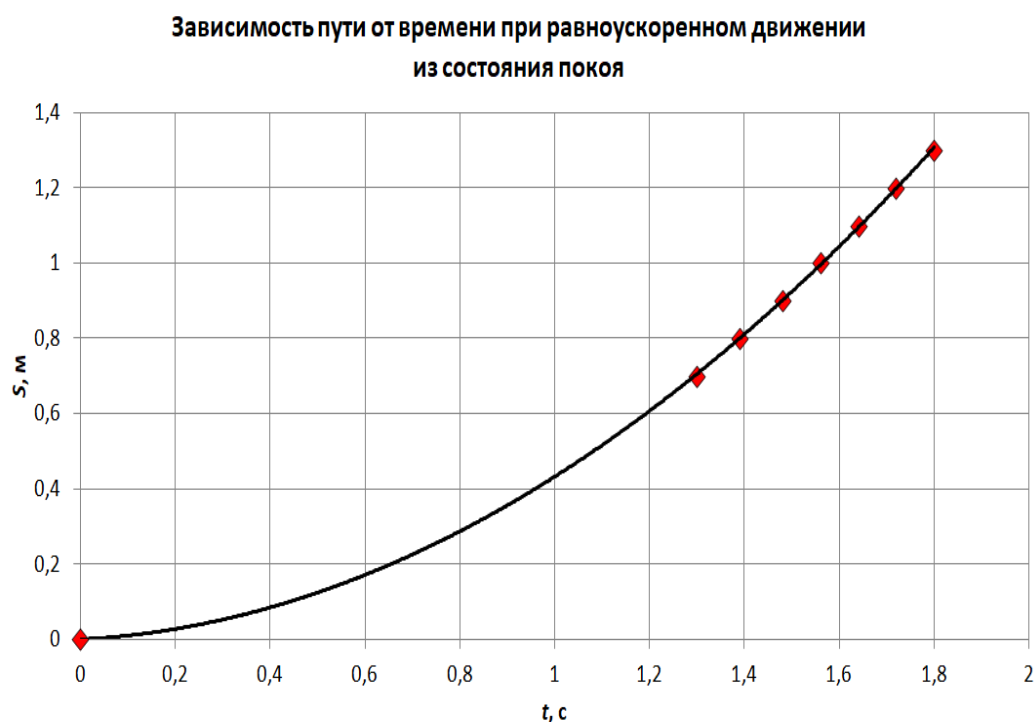


Рис. 2. Исследование зависимости пути от времени при равноускоренном движении из состояния покоя на машине Атвуда

Подобная установка может быть изготовлена обучающимися под руководством учителя. Использование дорогостоящих материалов здесь не предусмотрено, а оптоэлектронными датчиками в последние годы оснащались практически все школьные кабинеты физики. Приобретение же готовых машин Атвуда сопряжено с большими финансовыми затратами, поэтому их самостоятельное изготовление является вполне целесообразным.

2.1.2. Трибометр

Трибометрами называют приборы, предназначенные для исследования трибологических величин материалов. К ним относятся коэффициент трения, сила трения, объём износа. Трибометр был изобретён голландским учёным в XVIII в. Мюссенбруком.

Трибометр, который был нами усовершенствован, первоначально имел двоякое основание, верхняя часть которого могла менять угол наклона. Также на основании были закреплены две металлические дуги, позволяющие определять угол наклона плоскости и фиксировать её в определённом положении. На торце крепился неподвижный блок. Через блок перекидывалась нить с корзиной для грузов, а свободный конец нити крепился к бруску, характеристики которого требовалось исследовать.

После усовершенствования установка приобрела ряд полезных отличий (см. рис. 3). Пузырьковые колбы, расположенные в двух горизонтальных осях, и винтовые опоры помогают строго горизонтально разместить установку на любой поверхности. Это помогает быстро настроить трибометр на новом месте. Также на верхней площадке были закреплены два оптоэлектронных датчика, а на исследуемом бруске – «антенна», при прохождении которой через датчики компьютерная программа визуализирует соответствующие временные интервалы.

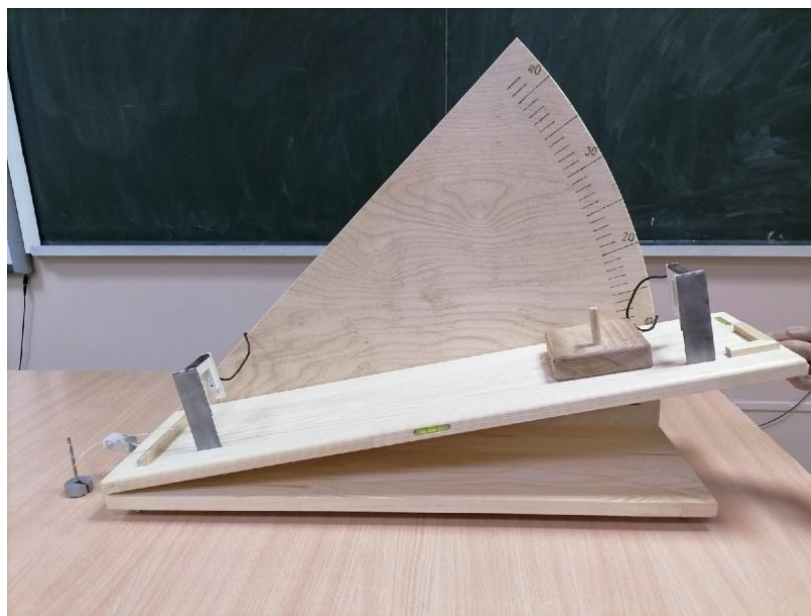


Рис. 3. Трибометр

Модернизированный трибометр позволяет определять коэффициент трения скольжения одного тела по поверхности другого в случае использования различных материалов с большей точностью. Автоматическое измерение времени устранило ошибку, связанную со скоростью реакции экспериментатора, ранее вручную измерявшего время.

Изготовление или модернизация такого устройства возможны в школе на факультативных занятиях или в рамках проекта. Опыты и лабораторные работы с данной установкой проводятся при изучении силы трения.

2.2. Изготовление устройств и приборов для оснащения занимательных интерактивных физических и астрономических площадок

Современная школа требует от учителя использования не только традиционных способов изложения материала, но и ежедневного поиска новых методов и приёмов подачи информации.

Одним из таких способов является организация в школе интерактивных занимательных площадок. Причём эти площадки могут быть организованы силами самих обучающихся под руководством учителя. Даже если на начальном этапе занимательных устройств будет совсем небольшое

количество, это станет толчком для дальнейшего непрерывного развития данного направления образовательной деятельности.

Классный уголок с набором физических устройств и приборов, вызывающих у школьников интерес и новые вопросы, будет являться хорошим дополнением, новым инструментом, пробуждающим интерес к физике и астрономии. Конечно, школа не всегда может обеспечить подобные уголки покупным дорогостоящим оборудованием. В этом отношении самостоятельное изготовление физических устройств и приборов имеет очевидные преимущества. Нужно отметить, что зачастую из подручных материалов можно изготовить установку, пригодную как для проведения опытов и лабораторных работ, так и для дальнейшей работы с ней в рамках проектной деятельности.

Что касается самого процесса изготовления физических устройств, то здесь не всё зависит только от заинтересованности учителя физики (астрономии). Начиная с 5-го класса, обучающиеся овладевают базовыми знаниями и навыками по работе с конструкционными материалами на уроках технологии.

Распространённые и недорогие материалы являются основой для изготовления различных устройств, внешний вид которых при аккуратном исполнении не будет отличаться от вида фабричных фирменных экспонатов. Стоит напомнить, что разница между ценой купленного устройства и его себестоимостью при самостоятельном изготовлении может отличаться во много раз.

Сложности, возникающие при изготовлении деталей из труднообрабатываемых материалов, могут быть устранены родителями, учителем физики, учителем технологии. Здесь они могут выступать в роли наставников или кураторов. При этом популярность набирает объединение школьных предметов в рамках сопряжённых тем. Например, задание, полученное обучающимся на уроке физики, может выполняться на уроке технологии под руководством учителя, если способы обработки материалов в

этом случае уже известны школьнику. В этом случае процесс работы контролируется и корректируется опытным учителем. К тому же работа, выполненная учеником или группой, может быть оформлена в виде проекта по технологии и по физике одновременно.

Ниже приводится описание ряда устройств для оборудования занимательных интерактивных уголков физики и астрономии, даются рекомендации по их использованию.

2.2.1. Электрический маятник

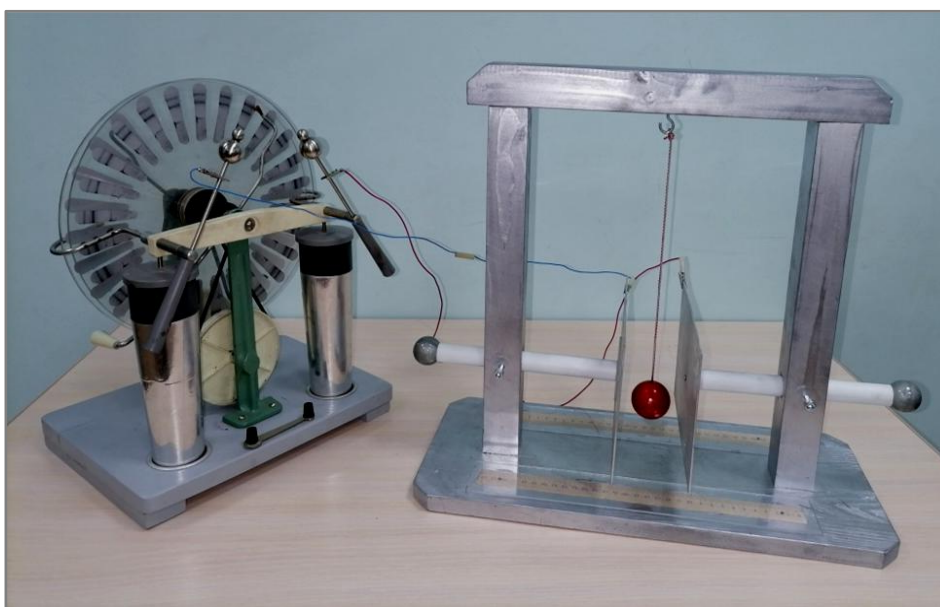


Рис. 4. Электрический маятник

Данная установка служит для демонстрации условий существования электрического тока.

Установка включает в свою конструкцию неподвижную рамку на плоском основании со шкалами, позволяющими выставлять металлические пластины на равноудалённом расстоянии от поверхности шара с двух его сторон. Пластины, параллельно расположенные относительно друг друга, закреплены на диэлектрических подвижных кронштейнах, фиксирующихся винтами в стойках рамки устройства. К перекладине рамки на нити подвешен токопроводящий полый шар. Расстояние от поверхностей пластин до шара подбирается опытным путём. Оно выбирается равным примерно 2 см. Это

позволяет добиваться колебаний шара с почти постоянной частотой.

Дополнительно для работы экспоната требуется электрофорная машина, традиционно входящая в перечень оборудования кабинета физики. Её разрядники соединяются проводами с пластинами «электромаятника». Важно, чтобы перед началом эксперимента кондукторы электрофорной машины были сведены. Это обеспечит уверенность в отсутствии накопленного на банках заряда.

При вращении ручки электрофорной машины металлические пластины получают разноимённые заряды. Если шар расположен достаточно близко к пластине, то можно увидеть так называемый пробой диэлектрика, в нашем случае им является воздух, это повлечёт последующие колебания шара. В случае с остающимся в покое шаре, можно слегка самостоятельно отклонить его, коснувшись нити, например, карандашом. В этом случае опасаться не стоит, нить не проводит электрический ток.

В момент соприкосновения шара с пластиной происходит передача части заряда с пластины на шар. Шар заряжается одноимённым с пластиной зарядом и отталкивается от неё. Если установка настроена правильно, то шар во время своего дальнейшего движения коснётся противоположной пластины, зарядится одноимённым с ней зарядом, снова оттолкнётся и возвратится к первой пластине. Возникнут колебания.

При вращении ручки электрофорной машины с постоянной скоростью можно наблюдать колебания с постоянной частотой. Здесь также прослеживается прямая зависимость скорости вращения ручки машины и частоты колебаний шара: больше скорость вращения ручки – выше частота колебаний подвешенного между пластинами шара, и наоборот.

Прекратив вращать ручку электрофорной машины, можно наблюдать затухание колебаний шара и полную его остановку через короткое время. Это связано с прекращением работы источника тока, расходом энергии электрического поля на упорядоченное движение шара, преодоление силы трения (шара о воздух, внутренней силы трения деформирующейся нити при

движении) и как следствие выделение теплоты.

При работе с данной установкой следует помнить, что разность потенциалов, создаваемая электрофорной машиной, может быть очень высокой, поэтому во время работы касаться токопроводящих частей нельзя. После завершения опыта следует свести кондукторы электрофорной машины друг с другом для её полной разрядки.

Вариант использования данной установки на уроке физики в школе может выглядеть следующим образом.

«Чтобы существовал электрический ток необходимо: первое – наличие свободных носителей тока; второе – наличие электрического поля, которое заставляло бы упорядоченно двигаться указанные носители тока.

Более того, чтобы ток существовал длительное время, необходимо восполнять затраты энергии на это упорядоченное движение.

Как вы думаете, какой объект будет выступать в роли свободного носителя тока в нашей установке?.. Это шар, подвешенный на нити. В движение привести его достаточно легко.

С помощью чего мы будем создавать электрическое поле?.. С помощью электрофорной машины, разрядники которой уже подключены к металлическим пластинам.

Начнём вращать ручку машины, зарядим пластины... Пластины зарядились, электрическое поле создано. Почему же шар не движется?.. Потому, что он не является носителем заряда, он не заряжен, т. е., другими словами, нарушено первое условие существования электрического тока.

Дотронемся шаром до одной из пластин. Видим, что шар начал совершать упорядоченное движение. Как объяснить такое поведение шара?.. При соприкосновении с пластиной шар получает от неё такой же по знаку заряд, отталкивается от неё, касается другой, заряжается одноимённым с ней зарядом, снова отталкивается, и т. д.

Видим, что если ручку электрофорной машины не вращать, электрический маятник останавливается. Почему?.. Всё дело в том, что

колебательная система неизбежно теряет свою энергию, часть её превращается в тепловую, например, из-за нагрева проводников и трения. Что нужно сделать, чтобы заставить шар снова интенсивно двигаться?.. Нужно восполнить затраты энергии, привести в действие электрофорную машину. Таким образом, чтобы ток существовал длительное время необходимо не только наличие свободных носителей тока и электрического поля, но и источника тока.

И в заключение вопрос: а мог ли шар прийти в движение без соприкосновения его с пластиной в самом начале опыта?.. Мог, если бы мы дождались искры – пробоя воздуха, при котором шар получил бы заряд без нашей помощи».

2.2.2. Гидравлический удар

Данный экспонат (см. рис. 5) для удобства мы кратко называли «гидроударом» (более точное название – «Установка для наблюдения гидравлического удара в водопроводной сети»).

Установка выполнена в виде части водопроводной системы, состоящей из резервуара, полипропиленовых труб и шаровых кранов. Трубы спаяны таким образом, что вертикальное и горизонтальное ответвления перекрываются независимо друг от друга. Внешняя часть крана, отвечающего за вертикальный отвод, оснащена специальной насадкой, имеющей внутренний диаметр во много раз меньший диаметра трубы системы. Для вытекающей жидкости предусмотрен специальный лоток, располагаемый под горизонтальным отводом.

Для начала опыта водой наполняется верхний сосуд. Открыв вертикально расположенный кран, можно наблюдать фонтан. Можно заметить, что согласно законам физики струя фонтана поднимается на высоту меньшую высоты размещения ёмкости с водой. Затем открывается горизонтальный кран и наблюдается равномерное вытекание воды с прекращением действия фонтана. Если в этот момент резко перекрыть

горизонтальный кран, струя воды из вертикального крана поднимется гораздо выше ёмкости с водой.

С помощью этого устройства можно наглядно продемонстрировать значительное повышение давления в водопроводе при закрывании крана.



Рис. 5. Гидравлический удар

Опыт рекомендуется проводить на открытом воздухе. Если данная установка используется в помещении, следует убедиться в наличии достаточного пространства над ней. Также важно разместить установку на достаточном расстоянии от электроприборов и открытых участков электропроводки.

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Начнём с вопроса: «Зачем нужен вентиль, если краном открывать и закрывать воду гораздо быстрее и удобнее?»... Всё дело в том, что при быстрой остановке потока воды с помощью крана возникает явление гидроудара, т. е. сотрясения водопроводной сети вследствие резкого повышения давления со стороны жидкости, из-за чего водопровод может выйти из строя. В вентиле же остановка течения воды осуществляется плавно и гидроудара не возникает.

Давайте понаблюдаем, что при резком закрывании крана давление внутри водопроводной сети действительно увеличивается. Откроем верхний кран. Видим, что из него бьёт струйка небольшой высоты – ниже уровня воды в верхнем сосуде. Откроем нижний кран. Из верхнего – вода почти не идёт. Резко закроем нижний кран. Видим, что струя из верхнего бьёт гораздо выше уровня жидкости в широком сосуде, что свидетельствует о повышении давления в нашем мини-водопроводе, т. е. о явлении гидроудара. Повторим это несколько раз...

Попытаемся объяснить увиденное явление. Всё дело в том, что вода хоть и малосжимаема, но всё же сжимаема. Когда мы её останавливаем резким закрыванием крана, то на передние частицы начинают напирать по инерции задние и вследствие сжатия у крана возникает повышенное давление. Далее, жидкость, как бы распрямляясь подобно пружине, посылает отражённую волну повышенного давления в обратную сторону. И эта первая волна повышенного давления опасна не только у крана, но и в наиболее слабых местах и соединениях, в которых может возникнуть течь или даже разрушение. Поэтому, эксплуатируя водопроводные сети, всегда нужно помнить о явлении гидравлического удара».

2.2.3. Выигрыш в силе

Данный экспонат (см. рис. 6) получил краткое название «Выигрыш в силе» (более точное название – «Установка по наблюдению получения выигрыша в силе»).

С помощью этого устройства можно наглядно продемонстрировать, как на практике достаточно оригинальным образом можно получить выигрыш в силе.

Основные части данной установки крепятся к горизонтальному основанию. Стойки, через которые проходит проволока, должны быть неподвижны. На одной перекладине крепится неподвижный блок, через который перекидывается проволока. Второй конец проволоки фиксируется на

торце свободной стойки таким образом, чтобы была возможность осуществления точной регулировки её длины. К проволоке крепится массивный груз, в данном случае это 1 кг.

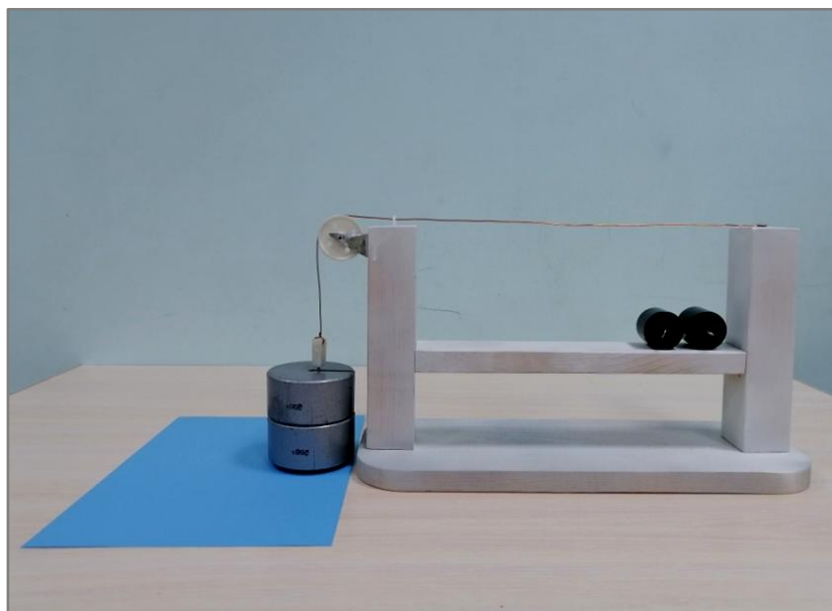


Рис. 6. «Выигрыш в силе»

Грузы могут быть различной массы, но их отношение друг к другу должно равняться примерно 1:5. Грузы и лист бумаги прилагаются к установке.

Перед началом эксперимента требуется под большим грузом разместить лист бумаги и отрегулировать натяжение проволоки таким образом, чтобы груз прижимал лист к столу и проволока была натянута. При подвешивании за проволоку посередине между стойками грузов с суммарной массой всего лишь в 200 г килограммовый груз приподнимается, а ранее зажатый им лист освобождается.

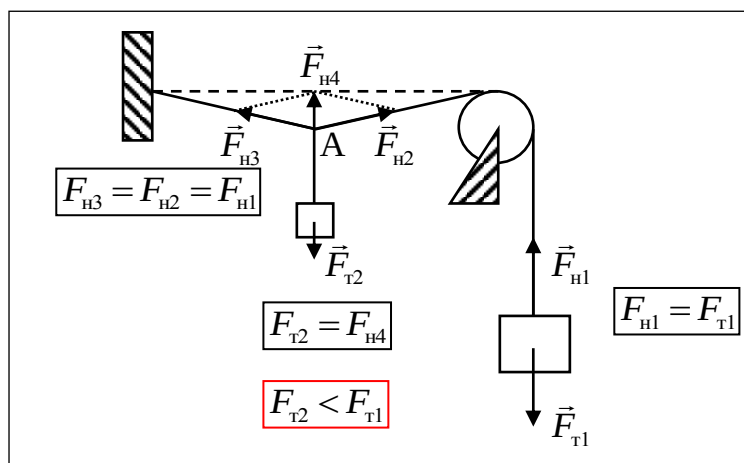


Рис. 7. К объяснению принципа действия экспоната, демонстрирующего выигрыш в силе

Для объяснения принципа действия данного устройства обратимся к схеме, показанной на рис. 7.

На большой груз действует сила тяжести $\vec{F}_{T1}$, направленная вниз, и сила натяжения проволоки $\vec{F}_{H1}$, направленная вверх (предполагается, что груз уже оторвался от опоры). Такие же по величине силы натяжения действуют и в точке подвеса A малого груза ($\vec{F}_{H2}$ и $\vec{F}_{H3}$). При их сложении получается сила $\vec{F}_{H4}$, модуль которой гораздо меньше модуля силы тяжести, действующей на большой груз. Поэтому её легко уравновесить с помощью малого груза (силой тяжести $\vec{F}_{T2}$).

Эксплуатация данного экспоната требует соблюдения элементарных требований техники безопасности: устойчивого положения установки на столе, аккуратного обращения с грузами, предотвращающего их падение.

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Кто пробовал тянуть автомобиль за трос, тот знает, что это нелёгкая задача, особенно если машина стоит на грунтовой дороге. А можно ли облегчить эту задачу, не прибегая к посторонней помощи?..

На этот вопрос поможет ответить данный экспонат. Заметим, что вначале груз, подвешенный за один из концов проволоки, перекинутой через блок, плотно прижимает лист бумаги к столу. Масса груза чуть больше

килограмма. Теперь подвесим груз массой всего лишь в 200 г за середину проволоки, при этом мы приложим силу не вдоль проволоки, а поперёк неё. Видим, малый груз приподнял большой, т. е. с помощью такого способа мы получили выигрыш в силе.

Вернёмся к автомобилю. Если поступить аналогичным способом, например, прикрепить один из концов троса к дереву, другой – к машине, а затем тянуть не вдоль троса, а поперёк него, то сдвинуть автомобиль сможет даже ребёнок! И подобный способ применения троса, поможет, например, выручить застрявших на лесной дороге автомобилистов».

2.2.4. Живая батарейка

Данный экспонат (см. рис. 8) известен под названием «Живая батарейка».



Рис. 8. «Живая батарейка

С помощью этого устройства можно наглядно продемонстрировать, например, влияние некоторых факторов на сопротивление человеческого организма.

Установка выполнена в виде наклонного основания с микроамперметром и двумя металлическими пластинами. Микроамперметр соединён проводниками с пластинами, выполненными из разных типов

металла: одна – алюминиевая, вторая – медная. Пластины сделаны в форме силуэтов ладоней. Важно соблюдать положение пластин относительно выходов микроамперметра для правильного направления отклонения стрелки. Пластины с микроамперметром составляют незамкнутую последовательную цепь.

Принцип работы данного экспоната заключается в следующем. Если алюминий и медь привести в соприкосновение, то между ними возникнет разность потенциалов, называемая контактной. Причём алюминий зарядится положительно, а медь отрицательно. Поэтому из этих металлов можно сделать простейшую батарейку, соединив их через прослойку электролита. В качестве такой «прослойки» может выступать и тело человека. Так, если плотно прижать руки к металлическим пластинам, составив тем самым замкнутую цепь из «живой батарейки» и микроамперметра, прибор покажет некоторую силу тока. Величина силы тока, конечно же, будет зависеть от сопротивления человеческого организма. Чем оно больше, тем ток, согласно закону Ома для замкнутой цепи, будет меньше ($I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{общ}}}$).

Эксплуатация данного экспоната требует соблюдения следующих требований техники безопасности: устойчивого положения установки на столе, регулярной дезинфекции металлических ладошек.

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Сначала давайте выясним, кто из вас подходит для создания самой «лучшей» «живой батарейки». Для этого плотно прижмите руки к металлическим ладошкам...

Видим, что при замыкании цепи в ней начинает течь электрический ток. Запоминайте показания микроамперметра...

Так как сопротивление каждого организма индивидуально, то и ток получается разным. Если сопротивление велико, сила тока мала. И наоборот, если сопротивление тела мало, то ток относительно велик.

А теперь давайте попытаемся ответить на вопрос: «Почему категорически запрещается работать с электротехническими устройствами сырыми руками?».

Намочите руки и проделайте опыт ещё раз. Видите, сила тока, текущего через ваше тело возросла в несколько раз (иногда в 5-6 раз). Конечно, в нашем случае этот ток всё равно мал, чтобы нанести хоть какой-то вред нашему организму, но на практике при работе с реальными электроприборами он может оказаться настолько большим, что поражение электрическим током может стать непоправимым».

2.2.5. Псевдорентгеновский аппарат

Данный экспонат (см. рис. 9) получил название «Псевдорентгеновский аппарат».

С помощью этого устройства можно наглядно продемонстрировать закон отражения света, свойства плоских зеркал.

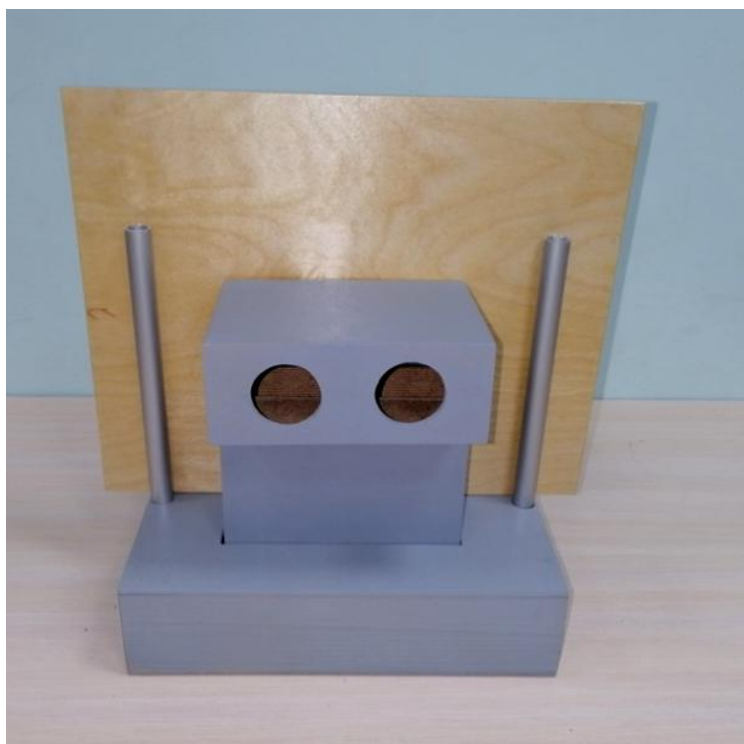


Рис. 9. «Псевдорентгеновский аппарат»

Внешне указанная установка представляет собой две прямоугольных «зрительных трубы», установленных на основании в форме прямоугольного параллелепипеда. Между «зрительными трубами» может устанавливаться непрозрачная перегородка в специальных держателях.

Принцип работы данного экспоната можно понять из рис. 10.

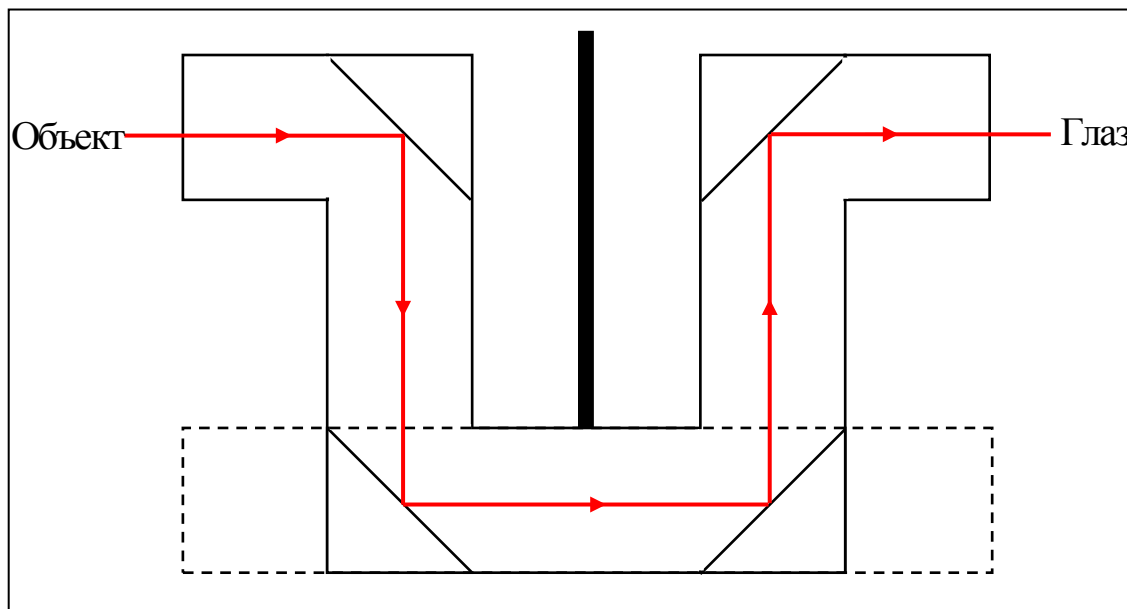


Рис. 10. К объяснению принципа действия
«псевдорентгеновского аппарата»

Наличие или отсутствие непрозрачной перегородки между «зрительными трубами» не влияет на ход лучей, идущих от объекта к глазу наблюдателя и отражаемых скрытыми в корпусе плоскими зеркалами. Поэтому мы как бы смотрим сквозь непрозрачный предмет.

Эксплуатация данного экспоната требует соблюдения следующих элементарных требований техники безопасности: устойчивого положения установки на столе, аккуратного обращения с элементами установки.

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Перед собой вы видите аппарат, позволяющий «смотреть сквозь непрозрачные предметы». Мы называем его «рентгеновским».

Обратите внимание на объект, находящийся за аппаратом, а также на то, что этот объект закрыт от непосредственного наблюдения непрозрачным экраном, если смотреть через зрительные отверстия.

Однако этот объект всё-таки будет виден в них. Можете в этом сами убедиться... Итак, наше устройство позволяет «просвечивать» тела, «как рентген».

Предложите разгадку принципа действия этого прибора...

Всё дело в том, что в скрытой части установлены четыре зеркала таким образом, как показано на схеме (см. рис. 10). На этой же схеме показан и ход луча, объясняющий принцип действия этого аппарата, который рентгеновским, конечно же, не является».

2.2.6. Воздушно-водяная ракета

Данный экспонат (см. рис. 11) получил название «Воздушно-водяная ракета».

С помощью этого устройства можно наглядно продемонстрировать принцип реактивного движения.

Указанная установка состоит из штатива для закрепления удерживающего механизма, декорированной бутылки со специальной насадкой, пускового устройства, шланга с ниппелем. Дополнительно к установке требуется автомобильный компрессор или насос и источник питания (если используется компрессор).



Рис. 11. «Воздушно-водяная ракета»

Принцип работы данного экспоната заключается в следующем: бутылка закрепляется с помощью насадки в удерживающем устройстве. С помощью компрессора через шланг в бутылку накачивается воздух до давления примерно в 2 атм. После выключения компрессора приводится в действие пусковое устройство (необходимо дёрнуть за его ручку).

Сжатый воздух из бутылки будет выходить в одну сторону, а сама бутылка, согласно закону сохранения импульса, получит импульс в противоположном направлении. Для усиления эффекта при подготовке опыта в бутылку добавляется немного воды.

Эксплуатировать данный экспонат рекомендуется на открытом пространстве, обеспечив бутылке свободный полёт. Для предотвращения удаления бутылки на значительное расстояние можно привязать к ней крепкую нить необходимой длины. Во время проведения опыта необходимо обеспечить отсутствие на пути полёта бутылки людей, животных и каких-либо других предметов. При проведении эксперимента в помещении следует ограничиваться «заправкой» бутылки лишь сжатым воздухом, а опыт проводить со страховочной нитью. Давление в бутылке не должно превышать 2 атм. Также следует соблюдать все меры предосторожности при работе с электрическими приборами (при использовании компрессора и источника питания).

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Некоторые животные используют для своего перемещения реактивный способ движения. Давайте понаблюдаем за осьминогом (демонстрируется видеофрагмент с его передвижением)... Видите, он набирает в свою полость воду, а затем выбрасывает её назад, при этом приобретает скорость в противоположном направлении. Именно такой принцип позволяет запускать ракеты.

Установим нашу ракету-бутылку в удерживающем механизме, соединим её «заправочный» шланг с компрессором. Включим компрессор... Двух атмосфер вполне достаточно. А теперь с помощью пускового устройства вы-

свободим насадку бутылки. Видим, что бутылка приобрела значительную скорость из-за быстрого выброса сжатого газа в противоположную сторону. Повторим опыт, заправив ракету небольшим количеством воды. В этом случае бутылка приобретает ещё больший импульс, нежели чем в первом случае».

2.2.7. Двойная мёртвая петля

Данный экспонат (см. рис. 12) получил название «двойной мёртвой петли».

С помощью этого устройства можно наглядно продемонстрировать закон сохранения и превращения энергии.

Данная установка представлена неподвижным основанием с закреплённой на ней трассой для запуска шаров. Трасса имеет два петлеобразных участка, в верхней части одного из которых есть вырез (в этом месте отсутствует часть металлопластиковых труб, из которых изготовлена петля).



Рис. 12. «Двойная мёртвая петля»

Сами петли закреплены благодаря системе металлических и деревянных опор. Именно это даёт возможность правильно настроить установку для успешного прохождения шарами всего маршрута.

При запуске шара с определённой точки трассы он проходит весь маршрут. Если высота в начальном положении недостаточна, шар может упасть с верхней точки второй или первой петли.

Эксплуатация данного экспоната требует соблюдения следующих элементарных требований техники безопасности: устойчивого положения установки, аккуратного обращения с шариками, предотвращения их попадания в случае падения в человека, а также в предметы интерьера.

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Запустите шарик с высоты, помеченной красной рисккой... Что произошло?.. Шарик не смог преодолеть даже первую мёртвую петлю – запаса его потенциальной энергии было для этого недостаточно.

Теперь запустите шарик с синей метки. Видим, что шарик успешно преодолевает первую петлю даже с разрезом, но на преодоление второй петли энергии вновь не хватает.

Наконец, запустим шарик с самой верхней, зелёной, метки. Шарик преодолевает и первую и вторую мёртвые петли. Это говорит о том, что в этом случае запаса потенциальной энергии шарика хватило, чтобы получить необходимую скорость и не оторваться в самых опасных верхних точках петель.

А теперь проведите такой же опыт с другими шарами. Сделайте выводы».

2.2.8. Странное пламя

Данный экспонат (см. рис. 13) мы назвали «странным пламенем».

С помощью этого устройства можно наглядно продемонстрировать инертные свойства газообразных тел.

Указанная установка представляет собой свечной фонарь или лампион. Свеча крепится на подставку внутри фонаря. Доступ к свече может осуществляться либо съёмом корпуса с основания, либо через специальную дверцу. С четырёх сторон фонаря закреплены защитные прозрачные

элементы. Материалом может служить обычное или органическое стекло. Важно, чтобы фонарь имел возможность пополнять запас кислорода для поддержания горения свечи.



Рис. 13. «Странное пламя»

При ускорении свечи, находящейся на открытом основании, пламя отклоняется назад. Обратный эффект наблюдается при ускорении свечи, если она находится под прозрачным колпаком: её пламя отклоняется вперёд, что кажется, на первый взгляд, странным.

Эксплуатация данного экспоната требует соблюдения следующих требований техники безопасности: аккуратного обращения с огнём и элементами установки.

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Куда отклонится пламя свечи, если мы придадим ускорение закрытому фонарю... «Назад» – таков обычный ответ на этот вопрос. Давайте посмотрим. Странно, но пламя отклонилось вперёд. Ваш ответ был бы правильным, если бы свеча не находилась в закрытом корпусе пространства. Снимем его и продelaем опыт ещё раз. Действительно, в этом случае при разгоне пламя отклоняется назад, проявляя свои инертные свойства.

Если же свеча закрыта, то окружающий её воздух тоже пытается разогнаться. Но, так как холодный воздух более инертен, чем горячий, то пламя разгоняется быстрее, чем он, и пламя, опережая его, отклоняется вперёд – по ходу движения фонаря».

2.2.9. Удивительный маятник

Данная установка (см. рис. 14) получила название «Удивительный маятник».



Рис. 14. «Удивительный маятник»

С помощью этого устройства можно наглядно продемонстрировать влияние полей на период колебаний математического маятника.

Указанная установка состоит из массивного основания, на котором установлена стойка. Поперечная перекладина, прикреплённая к торцу стойки, выполняет роль двухстороннего кронштейна для подвешивания металлических шаров на нитях.

Размер и масса металлических шаров, как и длины их подвесов, одинаковы для обоих нитяных маятников. Под одной из планок, указывающих направление движения шаров при колебании, размещаются неодимовые магниты. При этом шарик маятник должен обладать ферромагнитными свойствами.

Если одновременно запустить маятники, отклонив их на одинаковые углы и направив вдоль намеченных планками траекторий, то можно наблюдать, как один из них колеблется с большей частотой, чем другой.

Эксплуатация данного экспоната требует соблюдения следующих элементарных требований техники безопасности: устойчивого положения установки на столе, аккуратного обращения с шариками.

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Давайте вспомним формулу для расчёта периода колебаний математического нитяного маятника.

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

где l – длина подвеса, g – модуль ускорения свободного падения.

Запустим оба маятника одновременно. Видим, что один из них колеблется с большей частотой, т. е. с меньшим периодом. В чём же дело? Ведь подвесы этих маятников имеют одинаковую длину.

Давайте определим периоды колебаний обоих маятников. Для этого засечём время, например, десяти полных колебаний, а затем это время поделим на десять.

$$T = \frac{t}{N}.$$

Теперь, зная период, определим значение ускорения свободного падения, выразив его из формулы для периода колебаний:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}.$$

Видим, что для более «быстрого» маятника g оказалось большим, чем $9,8 \text{ м/с}^2$, хотя для второго близкорасположенного маятника оно примерно равно этому значению. Отсюда делаем вывод о том, что помимо гравитационного поля на шарик «быстрого» маятника действует ещё какое-то поле. Что это за поле может быть?..

Всё дело в том, что под шариком этого маятника расположены неодимовые магниты, которые усиливают притяжение, и здесь можно ввести так называемое эффективное значение $g^* > g$, сообщаемое не только действием силы тяжести, но и магнитным полем. Давайте рассчитаем разность значений $(g^* - g) \dots$.

2.2.10. Капля в невесомости

Данный экспонат (см. рис. 15) получил название «Капля в невесомости».



Рис. 15. «Капля в невесомости»

С помощью этого устройства можно наглядно продемонстрировать собственную форму жидкости (опыт Плато).

Данная установка довольно проста и её сборка может быть осуществлена при помощи обычных штативов, если, например, проводить опыт в условиях школьного кабинета физики.

Стационарная установка состоит из основания с вертикальной стойкой и перпендикулярной ей полочкой под стакан. В полочке предусмотрено углубление для надёжной фиксации стакана, в который наливается смесь

воды и спирта. Пропорция смеси в стакане подбирается таким образом, чтобы она равнялась плотности машинного масла, находящегося в цилиндрическом сосуде сверху. Цилиндрический сосуд, оснащённый краном, закрепляется в двухпалом зажиме.

Эксплуатация данного экспоната требует соблюдения следующих элементарных требований техники безопасности: устойчивого положения установки на столе, аккуратного обращения со стеклянными элементами и жидкостями.

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Наверное, вы уже все хорошо знаете, что жидкость принимает форму того сосуда, в котором она находится. Но это справедливо в привычных нам земных условиях. А что будет, если, образно выражаясь, «выключить гравитацию»? Тогда мы узнаем, какова собственная форма жидкости.

Итак, в заранее подготовленный водно-спиртовой раствор осторожно введём каплю масла. Благодаря тому что смесь имеет плотность, близкую к плотности масла, происходит компенсация действия силы тяжести действием силы Архимеда, и жидкость принимает собственную форму – форму шара! Такую форму масло принимает благодаря силам поверхностного натяжения, при этом площадь поверхности тела становится минимальной среди тел такого же объёма (следовательно, минимальной становится и поверхностная энергия жидкости)».

2.2.11. Круговое и колебательное движения

С помощью данного устройства (см. рис. 16) можно наглядно продемонстрировать метод вращающегося вектора амплитуды и, например, показать развёртку колебаний.

Установка состоит из неподвижного основания с закреплёнными на нём стойками. Между стоек расположена планка, перпендикулярно которой в подшипнике установлена ось. К одному торцу оси жёстко прикреплён диск, к другому – ручка, вращая которую мы приводим в движение диск с той же

частотой. На внешней стороне диска прикреплён подшипник с осью, на которой размещена ёмкость с отверстием в нижней части. Ёмкость имеет возможность свободно вращаться вокруг удерживающей её оси, при этом оставаясь в вертикальном положении благодаря силе тяжести и грузу, прикреплённому к её дну. Под рамкой размещается узкий и достаточно протяжённый лист плотного картона или бумаги с твёрдой подложкой. Важно, чтобы лист мог свободно перемещаться вдоль основания установки. Для проведения эксперимента потребуется манная крупа или мелкий песок, которые засыпаются в ёмкость. Если дать возможность сыпучему веществу высыпаться тонкой струйкой из ёмкости и при этом вращать ручку, то на листе будет появляться отрезок. Одновременное равномерное вращение ручки основной оси установки с равномерным перемещением листа в одном направлении приведёт к появлению изображения синусоиды.

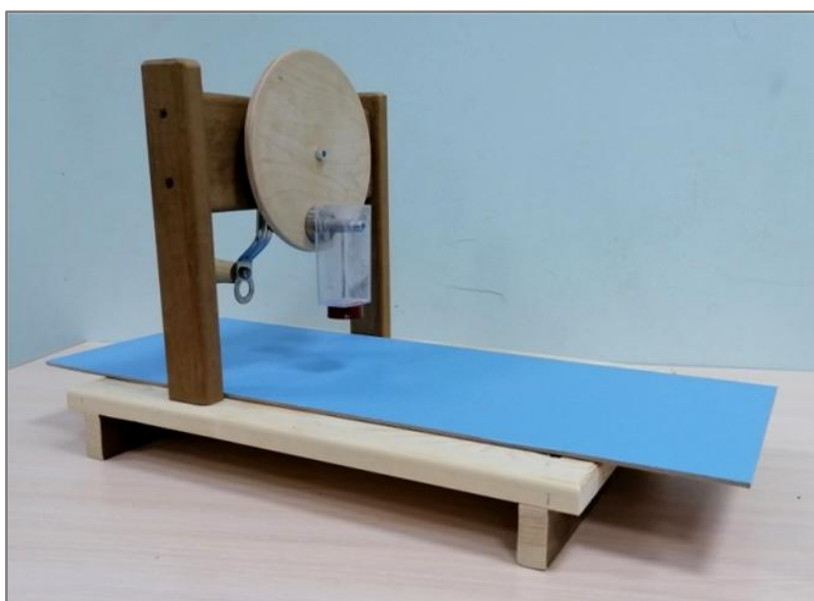


Рис. 16. Круговое и колебательное движения

Во время вращения диска манная крупа, сыплющаяся из ёмкости «рисует» на листе бумаги отрезок. Если лист перемещать с постоянной скоростью, то песок будет рисовать синусоиду.

Эксплуатация данного экспоната требует соблюдения следующих элементарных требований техники безопасности: устойчивого положения уста-

новки на столе, аккуратного обращения с вращающимися деталями и манной крупой или песком, предотвращения их попадания в глаза.

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Для описания колебательного движения часто используют метод вращающегося вектора амплитуды. В чём заключается его суть? Заставим вращаться вектор амплитуды (на диске он показан красной стрелкой) с постоянной угловой скоростью. Чтобы следить, как ведёт себя проекция конца вектора, мы открыли ёмкость с манной крупой. Так как ёмкость поворачивается под действием силы тяжести, оставаясь всё время вертикальной, то струйка манной крупы будет представлять собой естественно рисующийся перпендикуляр на горизонтальный синий лист, расположенный снизу. Можно увидеть, что конец струйки перемещается между красными прямыми на этом листе, совершая колебательное движение с соответствующей красному вектору амплитудой.

Чтобы убедиться, что это движение является гармоническим, выполним так называемую развёртку колебаний – начнём равномерно тянуть синий лист. Видим, что струйка песка рисует на нём синусоиду. Это можно проделать несколько раз...

Таким образом, прослеживается взаимосвязь между движением конца вектора амплитуды по окружности и колебательным движением его проекции на горизонтальную ось».

2.2.12. Катапульта

Данная установка (см. рис. 17) является уменьшенным макетом используемых в военном деле метательных машин. Здесь тоже используется принцип плавного накопления потенциальной энергии с последующим резким её освобождением. Макет представлен в виде прямоугольной деревянной рамы с вращающимися колёсами. Вдоль рамы располагается главный вал, по обе стороны которого располагаются два ворота. Посередине вала жёстко закреплено метательное плечо с углублением в торцевой части,

предназначенным для удерживания и последующего беспрепятственного высвобождения груза при выстреле. Поперечная перекладина отвечает за резкое, но достаточно мягкое торможение метательного плеча после выстрела. Установка снабжена спусковым механизмом и системой пружин, позволяющей подбирать мощность катапульты самостоятельно.



Рис. 17. Катапульта

Для использования катапульты достаточно привести её в исходное положение натяжением одной или нескольких пружин, зафиксировав метательное плечо в спусковом механизме. Направление стрельбы должно быть безопасным для людей, животных и окружающих предметов. Установив шарик в предусмотренное углубление, можно произвести выстрел по мишени нажатием на спусковую кнопку.

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Практически каждый назовёт данное устройство катапульти и будет прав. Но на самом деле это уменьшенная копия металлической машины, которая использовалась в древности и в средние века для поражения целей во время ведения боя. Катапульта является обобщённым названием для большого количества различных метательных машин, снарядами для которых выступали камни, стрелы, ядра и другие предметы. И демонстрируемая катапульта скорее похожа на камнемёт.

Сможем ли мы использовать данное оружие подобно современному стрелковому, просто нажав на спусковой крючок? Скорее всего, нет, ведь патроны заряжены порохом, энергия сгорания которого велика и быстро высвобождается при его воспламенении.

Для того чтобы выстрелить из катапульти, необходимо заставить её сначала запасти потенциальную энергию. Присмотримся повнимательнее к устройству нашей мини-катапульти. Какие элементы позволяют накапливать потенциальную энергию?.. В данном случае пружина.

В настоящих метательных машинах плавное увеличение потенциальной энергии также достигалось с помощью ворота, но использовались тогда не пружины, а, например, прочные канаты, обладающие высокой упругостью.

После того как катапульта приведена в боевое состояние (пружина натянута), остаётся только нажать на спусковую кнопку. Прежде чем это сделать, поставим на пути шарика преграду – рамку, затянутую салфеткой. Теперь приводим в действие спусковой механизм... Что мы видим?.. Метательная «ложка» пришла в движение, т. е. потенциальная энергия растянутой пружины преобразовалась в энергию вращения «ложки», а затем, когда «ложка» ударилась о перекладину, часть энергии перешла во внутреннюю, а часть осталась у шарика в виде кинетической энергии поступательного и, возможно, вращательного движения. Но, шарик еле долетел до преграды, значит, запас потенциальной энергии был невелик.

Как можно увеличить потенциальную энергию, первоначально запаасаемую нашей катапультой?.. Присоединением дополнительных пружин (всего их предусмотрено 4).

Присоединим на этот раз все четыре. Ещё раз произведём выстрел. Теперь запаса потенциальной энергии хватило, чтобы сообщить шарiku необходимую кинетическую энергию для разрушения преграды».

2.2.13. Стойкий штангист

Эту занимательную установку (см. рис. 18) можно отнести к категории научных игрушек. Наряду с балансирующей птицей и неваляшками штангист, казалось бы, непонятным образом сохраняет равновесие, даже если раскачивать его в разные стороны.

Данное устройство включает в себя неподвижную платформу достаточной высоты и металлическую фигурку человека с импровизированной штангой. Части фигурки и штанги жёстко скреплены между собой. На концах длинного и изогнутого грифа штанги закреплены массивные «блины» в форме полнотелых стальных цилиндров.



Рис. 18. «Стойкий штангист»

Секрет баланса конструкции заключается в том, что основная её масса сосредоточена в цилиндрах, которые располагаются ниже точки соприкосновения фигурки штангиста с платформой. Поэтому любое отклонение от состояния равновесия завершится возвращением системы в исходное положение под действием силы тяжести.

Важно во время использования такого экспоната следить за его расположением примерно по центру площадки платформы. Следует избегать падения штангиста на пол – это может привести к травме или порче окружающих предметов.

Смоделируем возможный вариант использования данного экспоната.

«Всем знакомы такие увлекательные научные игрушки, как неваляшка или балансирующая птица. В обоих случаях положение центра тяжести задаётся замаскированными внутри игрушек массивными грузами, в то время как сами они выполнены из лёгкого и тонкостенного материала. Отклонения подобных систем от положения равновесия приводят их к колебаниям, но в конечном итоге система снова приходит в положение равновесия.

В неваляшке груз находится в самом низу, в балансирующей птице – в кончиках крыльев, в нашем случае – в «блинах» штанги, грузах расположенных ниже точки опоры штангиста. Таким образом, мы наблюдаем с вами состояние устойчивого равновесия. Если отклонять штангиста из положения равновесия или вращать вокруг своей оси, он всё равно вернётся в состояние равновесия. Сила тяжести будет стремиться вернуть массивные грузы в самое нижнее из возможных положений, а сила трения в конечном итоге приведёт к затуханию колебаний или вращений».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации были решены все поставленные задачи:

- сделан обзор научной и учебно-методической литературы по данной тематике;
- определён перечень самодельных устройств и приборов, рекомендуемых к использованию при изучении механики, молекулярной физики и термодинамики, электродинамики, оптики, а также астрономии;
- модифицированы такие установки для проведения лабораторных работ и работ физического практикума, как машина Атвуда и трибометр;
- разработана конструкция и изготовлено более 15 занимательных устройств и приборов, служащих для организации интерактивных площадок по физике и астрономии;
- даны методические рекомендации по использованию изготовленных самодельных устройств и приборов.

Также необходимо отметить, что в ходе работы над магистерской диссертацией членами кружка «Лаборатория занимательной физики и астрономии» во главе с автором диссертации был получен Ректорский грант на выполнение проекта «Интерактивные реальные и виртуальные экскурсионные маршруты как инновационная форма организации образовательной деятельности по физике и астрономии на базе «Музея занимательных наук» Педагогического института им. В.Г. Белинского Пензенского государственного университета»; проект «Интерактивные образовательные маршруты по астрономии и космонавтике как инновационная форма организации культурно-просветительской деятельности» прошёл в финал Всероссийского конкурса «Моя страна. Моя Россия»; а проект «Конструирование и изготовление устройств для проведения демонстрационного и лабораторного эксперимента по физике» был удостоен первого места на областном конкурсе научно-технического творчества «Прогресс-2022».

Кроме того, о результатах работы докладывалось на конференциях различного уровня, в том числе с международным участием, опубликовано 6 статей в изданиях РИНЦ.

Всё это говорит о том, что самодельные устройства, приборы, установки, используемые для изучения физики и астрономии, вызывают большой научный и учебно-методический интерес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Албычев, П.В. Самодельные приборы по физике. / П. В. Албычев. – М.: Учпедгиз, 1950.
2. Анциферов, Л.И. Самодельные приборы для физического практикума в средней школе. / Л. И. Анциферов. – М.: Просвещение, 1985.
3. Глазырин, А.И. Самодельные демонстрационные приборы по физике и опыты с ними. / А.И. Глазырин – М.: Учпедгиз, 1960.
4. Смирнов, В.А. Опыты и самоделки по физике. / В. А. Смирнов. – ЁЁ Медиа, 1955.
5. Попов, Б.В. Самодельные оптические и электрохимические приборы/ Б.В. Попов. – М.: Детская литература, 1971.
6. Новиков, И.Д. Самодельные астрономические инструменты и наблюдения с ними. / И.Д. Новиков В.А. Шишаков – М.: Наука, 1965.
7. Генденштейн, Л.Э. Физика 7 класс: учебник для общеобразовательных учебных заведений. / Л. Э. Генденштейн, А. Б. Кайдалов. – М.: Мнемозина, 2012.
8. Громов, С.В. Физика 8 класс: учебник для общеобразовательных учебных заведений. / С. В. Громов, Н. А. Родина. – М.: Просвещение, 2013.
9. Белага, В.В. Физика 9 класс: учебник для общеобразовательных учебных заведений. / В. В. Белага, И. А. Ломаченков, Ю. В. Панебратцев. – М.: Просвещение, 2019.
10. Касьянов, В.А. Физика 10 класс: учебник для общеобразовательных учебных заведений. / В. А. Касьянов. – М.: ДРОФА, 2013.
11. Пурышева, Н.С. Физика 11 класс: учебник для общеобразовательных учебных заведений. / Н. С. Пурышева, Н. Е. Важевская, Д. А. Исаев, В. М. Чагурин. – М.: Дрофа, 2014.
12. Аксененко, Н.И. Лабораторный практикум по кинематике и динамике материальной точки. / Н. И. Аксененко, Р. В. Зайцев, А. А. Киндаев. – Пенза: Изд-во ПГПУ, 2007.
13. Лунц, Я.Л. Введение в теорию гироскопов. / Я. Л. Лунц. – М.:

Наука, 1972.

14. Албычев, П.В. Физика на самодельных приборах. Книга 3. / П.В. Албычев. – Москва-Ленинград.: Государственное издательство, 1930.