

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 44.03.05 «Педагогическое образование»
(с двумя профилями подготовки)

Профили подготовки «Физика. Технология»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему:

**«КОНСТРУИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ И ПРИБОРОВ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ В ШКОЛЕ»**

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

Руководитель Киндаев А.А.
(подпись, дата) (фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр..... Киндаев А.А.
(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, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. САМОДЕЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИБОРЫ В УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ	9
1.1. Секундомер	9
1.2. Прибор для демонстрации свободного падения тел.....	14
1.3. Стробоскоп.....	15
1.4. Прибор механического нагрева	17
ГЛАВА 2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ (МОДИФИЦИРОВАНИЕ) ФИЗИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ПРИБОРОВ, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.....	21
2.1. Конструирование и применение машины Атвуда.....	21
2.2. Конструирование и применение гироскопа	36
2.3. Конструирование и применение устройства для демонстрации выигрыша в силе	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	43
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	44

ВВЕДЕНИЕ

Физика – один из самых многокомпонентных учебных предметов школьной программы. Эксперименты, теоретические 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.

Как показал сравнительный анализ школьных учебников по физике для 7-11-х классов Л.Э. Генденштейна, В.А. Грачева, В.В. Белаги, С.В. Громова, Н.С. Пурышевой, В.А. Касьянова, для изучения предлагается достаточно большое количество приборов и опытных установок. Однако заданий, а особенно детальных рекомендаций и инструкций, по их самостоятельному конструированию очень мало.

В учебниках 7 класса обычно изучаются такие приборы, как динамометр, барометр, шар Паскаля, трубка Ньютона. Для демонстрации законов физики используются простейшие устройства: различные тележки, рычаги, блоки. Опыты проводятся в основном на оборудовании, не требующем специальной подготовки.[1]

Для самостоятельного изготовления, например, в учебнике Л.Э. Генденштейна предложено изготовить динамометр. Довольно известен опыт и с магдебургскими полушариями, подготовить который без специального оборудования школьнику будет невозможно.

В 8 классе обучающиеся знакомятся с амперметром, вольтметром, реостатом и другими электротехническими приборами, калориметром, термометром и другими приборами для изучения тепловых явлений. В учебнике Н.С. Пурышевой предложено изготовить электроскоп, телескоп – в учебнике Л.Э. Генденштейна. [2]

В 9 классе изучается большое количество приборов и установок: крутильные весы, камертон, электроскоп, динамометр, трубка Ньютона, амперметр, вольтметр, гальванометр, электроскоп и др. Можно встретить сегнерово колесо и установку для проведения опыта Юнга. В учебнике С.В. Громова даётся задание по самостоятельному изготовлению электромагнита и камеры-обскуры. [3]

Десятиклассники знакомятся с установкой Штерна, служащей для определения скорости молекул газа. Интересными и необычными являются опыты по созданию искусственного тумана и добыче пламени при помощи

воздушного огня. Из практических заданий можно выделить самостоятельное изготовление сегнера колеса. [4]

В 11 классе к достаточно простым приборам из блока «Электричество» добавляется осциллограф. Изучается установка для проведения опыта Резерфорда, но её применение возможно только в специализированных научных лабораториях. Изучается микроскоп, простейшую модель которого можно изготовить самостоятельно, но этого не предлагается. [5]

К сожалению, схем, чертежей и методических рекомендаций по самостоятельной сборке приборов и установок очень мало.

В табл. 1 приведена краткая сравнительная характеристика школьников учебников на предмет изучения устройств и приборов.

Табл. 1.

Название прибора	Бела-га В.В.	Генденштейн Л.Э.	Грачёв В.А.	Громов С.В.	Касьянов В.А.	Пурышева Н.С.
7 класс						
Трубка Ньютона	+	-	+	+	Не рассм.	-
Магдебургские полушария	+	+		-		-
Барометр	+	+	+	+		-
Динамометр	+	+	+	-		+
Гидравлическая машина	+	-	+			-
Шар паскаля	-	+	+	+		-
Рычажные весы	-	+	+	-		+
Опыт Архимеда	+	+	-	+		-

8 класс						
Опыт Штерна	Не рассм.	-	Не рассм.	-	Не рассм.	+
Амперметр, вольтметр, реостат		+		-		+
Электроскоп		+		-		+
Крутильные весы		+		-		+
Электрофорная машина		+		-		+
Электромагнит		+		-		+
9 класс						
Крутильные весы	+	+	Не рассм.	+	Не рассм.	-
Амперметр, вольтметр	+	-		+		-
Установка Юнга	+	-		-		-
Электроскоп	-	-		+		+
Сегнерово колесо	-	-				+
Камера-обскура	-	-		+		-
10 класс						
Крутильные весы	Не рассм.	-	Не рассм.	Не рассм.	+	-
Электроскоп		+			+	+
Установка		-			+	+

Штерна						
11 класс						
Амперметр, вольтметр	Не рассм.	+	Не рассм.	Не рассм.	+	+
Микроскоп		+			+	-
Осциллограф		+			-	+
Установка для проведения опыта Юнга		-			+	-
Установка для поведения опыта Резерфорда		-			+	-

Цель бакалаврской работы: показать методическую целесообразность самостоятельного конструирования обучающимися устройств и приборов при изучении физики в школе; расширить возможности учителя физики при организации учебного процесса в части, касающейся конструирования физических устройств и приборов и их дальнейшего использования.

Задачи бакалаврской работы:

– сделать обзор научной и учебно-методической литературы по данной тематике;

– выявить методические особенности организации образовательного процесса в части, касающейся изучения и конструирования устройств и приборов в школьном курсе физики;

– разработать конструкцию и изготовить опытные образцы некоторых из рассмотренных устройств для демонстрации физических явлений/процессов, проведения физических экспериментов, лабораторных

работ;

— составить методические рекомендации по использованию сконструированных устройств/приборов.

ГЛАВА 1. САМОДЕЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИБОРЫ В УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

При изучении физики в школе используются различные приборы, которые можно разделить на распространённые и специальные. Конструкция и устройство первых позволяют производить элементарные измерения: расстояния, времени, массы и т. д. Чаще результаты этих измерений требуются для дальнейших расчётов и вычислений. Специальные приборы предназначены для непосредственного определения требуемых данных. Далее в данной главе приведены рекомендации по конструированию достаточно сложных, но интересных для изготовления устройств и приборов, известных из учебно-методической литературы.

1.1. Секундомер

Одним из приборов, предложенных для изготовления в книге Л.И. Анциферова «Самодельные приборы для физического практикума в средней школе», является секундомер.

Секундомер (см. рис. 1) будет иметь погрешность 0,02 с. При подключении его к источнику переменного тока с напряжением 6,3 В, частота вращения стрелки составляет 1 об/с. Для начала работы необходимо сопоставить лимб шкалы на нулевой отметке со стрелкой. В этом случае секунды отсчитываются прохождением стрелки нуля, а доли секунды показывает сама стрелка.

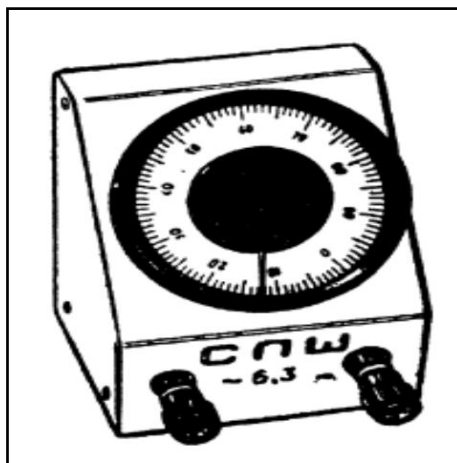


Рис. 1. К пояснению конструирования секундомера

Для изготовления прибора используется двигатель ДСД-60. Для достижения требуемой частоты вращения необходимо вместо имеющейся обмотки намотать 200 и 1500 витков провода диаметром 1,0 мм или 0,4 мм соответственно.

Корпус предлагается изготовить из листового алюминия по технологической карте № 1. В основании требуется сделать ряд отверстий: А – для крепления электродвигателя, Б – для крепления шкалы, В – для оси стрелки, Г – для клемм.

К основанию заклёпками крепятся бруски Д с резьбой М3 для монтажа крышки корпуса при помощи винтов. Для изготовления стрелки удобно использовать швейную иглу, пропущенную через отверстие в латунной трубке и припаянную к ней (технологическая карта № 2, операция № 4). Для изготовления шкалы необходимо сделать цилиндр, фетровую шайбу, металлическую шайбу и крышку по технологической карте № 2. Цилиндр изготавливается из пластмассы или металла. Шайба имеет внешний диаметр 46 мм, внутренний – 25 мм. Для изготовления диска шкалы удобно использовать оргстекло толщиной 4 мм. Внешний диаметр диска равен 76 мм, внутренний – 25 мм. На диск наносится 10 больших и 50 малых делений.

Цена деления большого деления равна 0,1 с, малого – 0,2 с. На торце диска сверлим три симметричных отверстия для крепления его винтами М2,5. В латунной шайбе толщиной 1 мм сверлим 2 отверстия $\varnothing 3$ мм, совпадающими с отверстиями в цилиндре при совмещении деталей. Для изготовления крышки предварительно требуется вырезать цилиндр из картона или древесины с внешним диаметром 76 мм. После этого из киноплёнки вырезаем ленту шириной 12 мм. Ленту в несколько слоёв наматываем на цилиндр, одновременно смачивая киноклеем. После высыхания клея сверлим 3 отверстия в кольце и крепим к диску шкалы винтами.

Технологическая карта № 1

на изготовление корпуса лабораторного секундомера.

Материал: листовой алюминий s2, пластмасса s6.

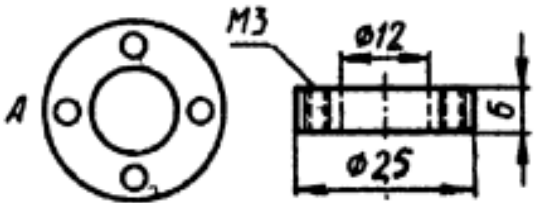
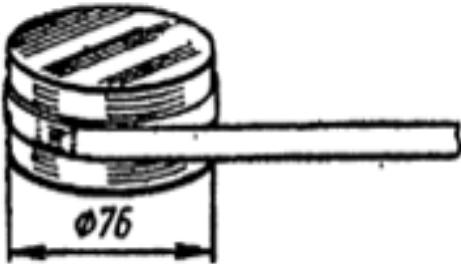
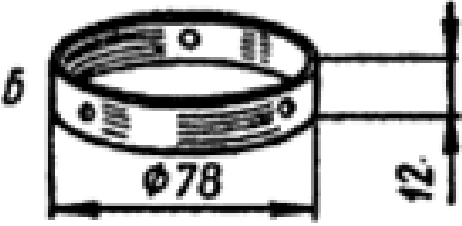
№	Операция	Инструменты	Эскиз
1	Разметка, резка, опиливание	Линейка, угольник, чертилка, слесарная ножовка, тиски, напильник	
2	Разметка, резка, опиливание, сверление, нарезание резьбы	Линейка, угольник, чертилка, слесарная ножовка, тиски, напильник, сверло $\varnothing 2,3$ мм, метчик М3	
3	Гибка на оправке, сверление, клепание	Оправка, киянка, тиски, дрель, свёрла $\varnothing 3, 6, 12$ мм, молоток	

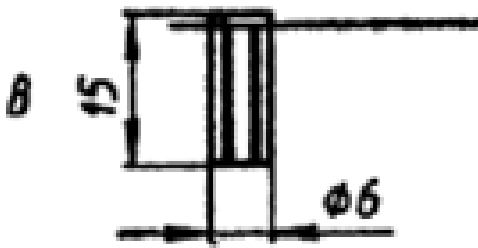
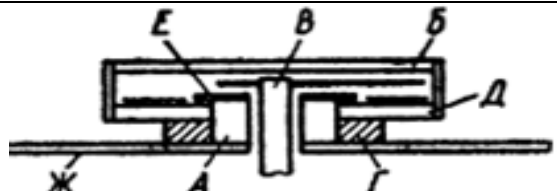
Для остановки двигателя без последующего движения по инерции, необходимо изготовить тормоз из стальной проволоки толщиной 0,8-1,0 мм. Один конец тормоза крепится к монтажному винту электродвигателя, другой остаётся свободным. При этом проволока касается оси электродвигателя. Сила воздействия тормоза на ось регулируется изгибанием проволоки.

Технологическая карта № 2

на изготовление циферблата лабораторного секундомера.

Материал: пластмасса s6, киноплёнка, трубка 5мм, оргстекло s2.

№	Операция	Инструменты	Эскиз
1	Разметка, резка, опиливание, сверление, нарезание резьбы	Линейка, циркуль, слесарная ножовка, напильник, тиски, сверло Ø2,3 мм, метчик М3	
2	Намотка, склеивание	Клей	
3	Склеивание	Клей	

4	Резка, сверление, пайка	Слесарная ножовка, тиски, сверло 1 мм, паяльник	
5	Сборка		

При сборке секундомера вначале к лицевой панели корпуса винтами М3 привинчивают цилиндр А и устанавливают электродвигатель. Затем на цилиндр надевают одну или несколько фетровых шайб Г и диск со шкалой Д. Толщина фетровых шайб и диска должна быть равна высоте цилиндра А. К цилиндру винтами М3 привинчивают металлическую шайбу Е, которая должна удерживать диск с некоторым усилием. После крепления металлической шайбы устанавливают стрелку, надевая трубку с ниппелем В на ось двигателя с небольшим усилием. Крышку шкалы Б надевают и крепят к диску винтами М2,5. [6]

Самостоятельно изготовленный измерительный прибор может быть использован при выполнении лабораторных работ раздела «Механика», измерении времени протекания других физических процессов. Данная работа подойдёт для учеников старших классов, так как требует высокой точности при изготовлении, определённых знаний в области физики и навыков работы с требующимся для этого инструментом.

1.2. Прибор для демонстрации свободного падения тел

П.В. Албычевым в книге «Самодельные приборы по физике» предложено изготовить прибор для демонстрации свободного падения тел. Нужно сказать, что прибор демонстрирует не только падение тела, но и фиксирует наличие ускорения при свободном падении.

Следует отметить, что в книге нет подробной инструкции по изготовлению установки. Здесь представлены только основные материалы и принцип работы готового изделия со схематичным рисунком (см. рис. 4).

Для основы предлагается взять отрезок доски, к торцам которой поперечно крепятся брусья. От нижнего к верхнему брусу при помощи колков натянуты два отрезка проволоки. Проволокой удерживаются две пружины, служащие амортизатором для падающего тела. Они расположены в самом низу.

Падающим телом в данном случае служит небольшой отрезок доски с закреплёнными на нём пластинами. В отверстия пластин пропускается проволока, являющаяся направляющей и исключающая изменение положения падающего тела, а соответственно и пружины.

Пружина изготавливается из ножовочного полотна и крепится перпендикулярно к верхнему торцу падающего тела. Свободный конец пружины снабжается жестяной трубкой. В трубку вставлена акварельная кисть. Пружина перед началом работы отводится в сторону и крепится защёлкой. К доске при помощи кнопок крепится лист бумаги.

Во время проведения опыта пружина, освобождённая из защёлки, приходит в колебание; при этом кисточка, смоченная разжиженными чернилами, чертит на бумаге кривую. Период колебаний пружины постоянный и может быть определён из предварительного опыта. Через точки перегибов кривой проводят поперечные прямые, расстояние между ними падающее тело проходит в одинаковые промежутки времени. Таким образом, можно наблюдать за скоростью свободно падающего тела. [7]

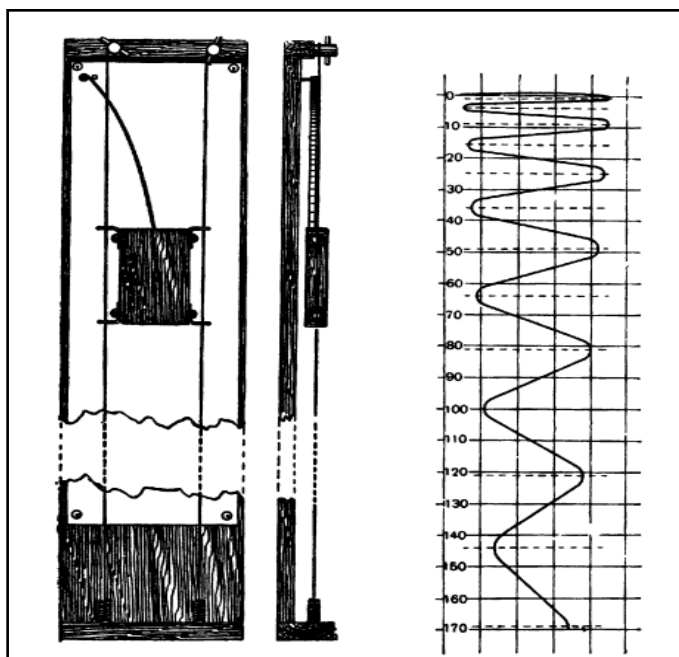


Рис. 2. Прибор для демонстрации свободного падения

Данная установка, названная в книге прибором для демонстрации свободного падения, является скорее прибором для наблюдения изменения скорости свободно падающего тела. Для его изготовления достаточно владеть элементарными навыками осуществления операций столярного и слесарного дела. Но надо учитывать, что ввиду несовершенства данного прибора, предоставляется возможность получения лишь приблизительных данных. Однако прибор позволяет наблюдать зависимость увеличения скорости свободно падающего тела с течением времени.

1.3. Стробоскоп

При быстрой смене кадров (снимков) создаётся впечатление непрерывного движения. Дело в том, что глаз человека сохраняет зрительное впечатление около 0,1 секунды. Если смена изображений происходит быстро, то предыдущее зрительное впечатление сливается с последующим. Глаз небольшое время продолжает видеть исчезнувшее изображение, уже сменившееся другим. Несложным прибором, дающим представление о принципе получения движущихся фигур из отдельных статичных, является стробоскоп.

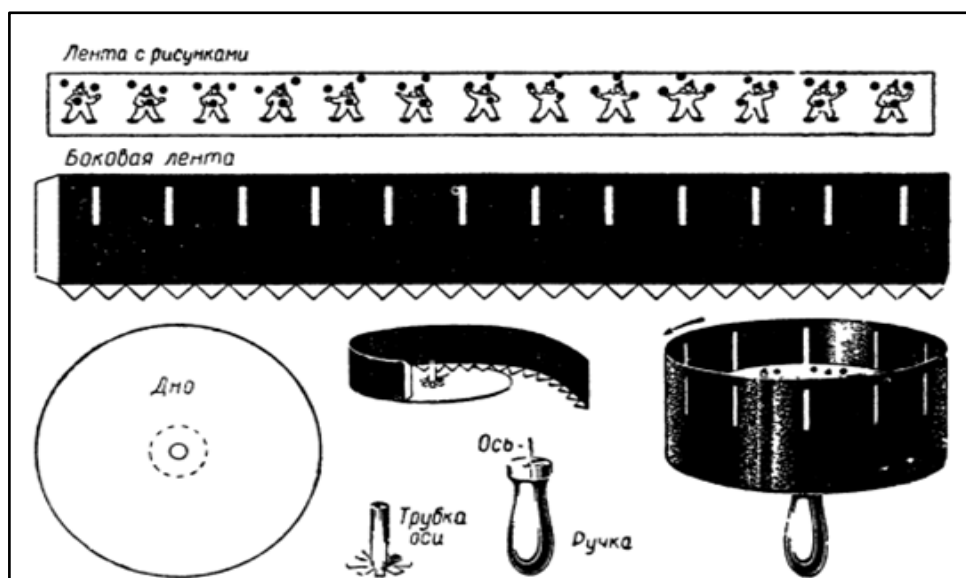


Рис. 3. К пояснению конструирования стробоскопа

Одна из инструкций по изготовлению самодельного стробоскопа описана в книге В.А. Смирнова «Опыты и самоделки по физике» (см. рис. 5). Основу составляет круг диаметром 125 мм из картона или фанеры. Вертикальная стенка изготавливается из полосы плотной бумаги длиной 410 мм, шириной 80 мм. На нижней стороне полосы бумаги рекомендуется нарезать зубцы для дальнейшего склеивания с основанием. На равном расстоянии в заготовке вырезаем 12 прорезей в 5 мм шириной и 30 мм высотой. Бумага должна быть чёрного цвета. Основание и цилиндр склеиваются друг с другом.

В ручку, изготовленную из дерева, вбивается гвоздь без шляпки – ось. В центре дна получившейся коробки проделываем отверстие для оси. На отверстие крепится втулка из жести или картона высотой 20-30 мм. Коробка, насаженная на ось должна свободно вращаться на оси.

Далее на полосу белой бумаги шириной 40 мм наносятся 13 изображений с последовательным изменением движений. Длина полосы должна соответствовать длине внутренней окружности коробки. Бумага с изображениями погружается внутрь коробки. Для работы с моделью стробоскопа нужно взять его за ручку и привести во вращательное движение

коробку. Наблюдателю, смотрящему в прорези, будет казаться, что фигура пришла в движение. [8]

Данный стробоскоп является скорее устройством для демонстрации особенностей человеческого восприятия окружающих явлений. Глаз, в свою очередь, представляет собой сложно устроенную оптическую систему. Функция каждой из составных частей такой системы может быть описана с помощью законов физики раздела «оптики».

1.4. Прибор механического нагрева

В разделе «Термодинамика» книги Л.И. Анциферова представлена подробная инструкция для изготовления прибора механического нагрева.

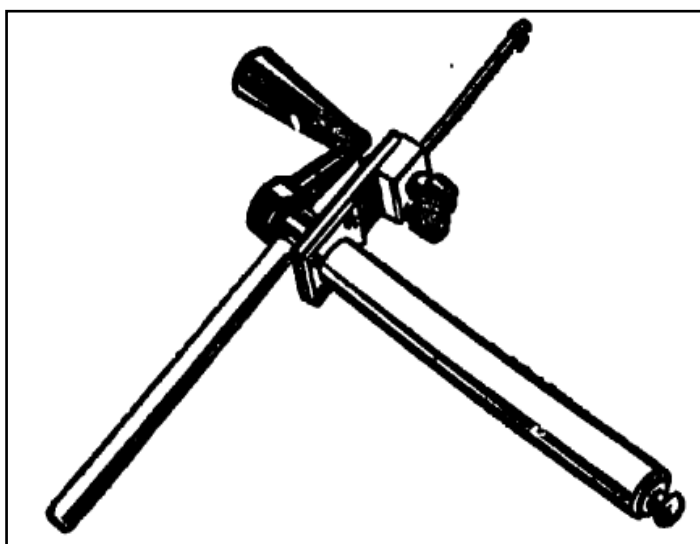


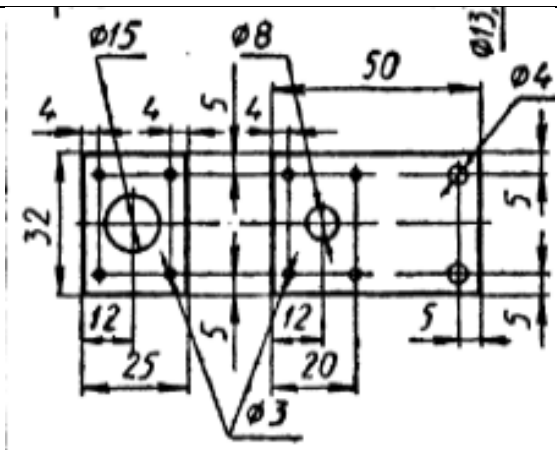
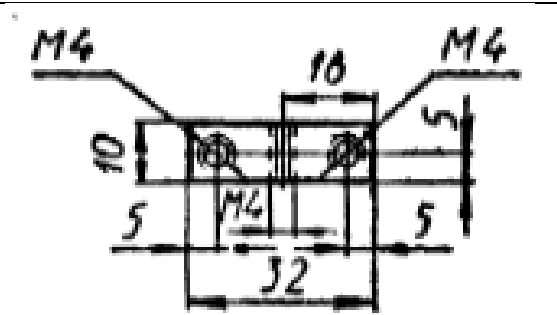
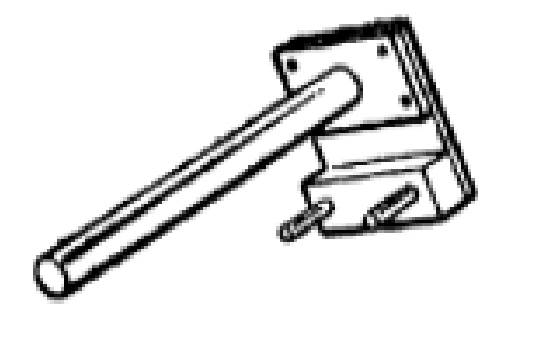
Рис. 3. Эскиз прибора механического нагрева

Простой на первый взгляд прибор, требует точности при подготовке и соединении деталей. Лишь в этом случае он сможет выполнять свою функцию.

Технологическая карта № 3

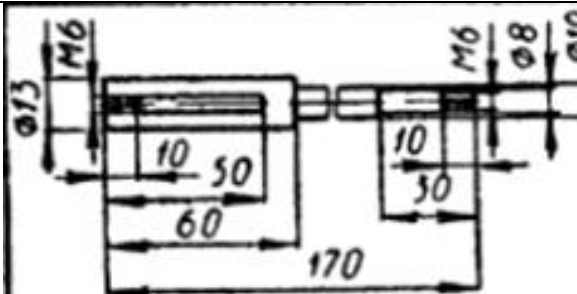
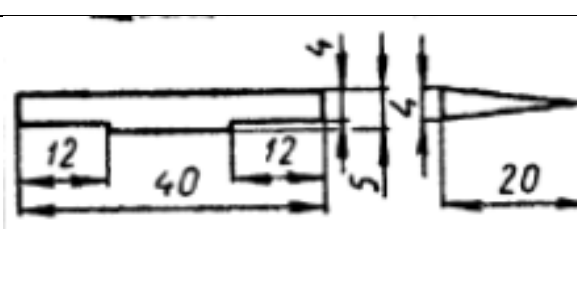
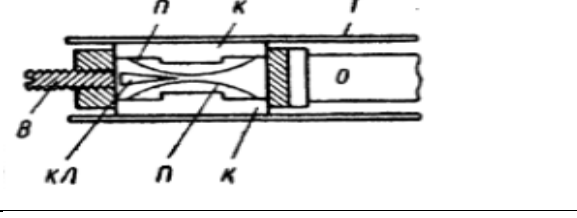
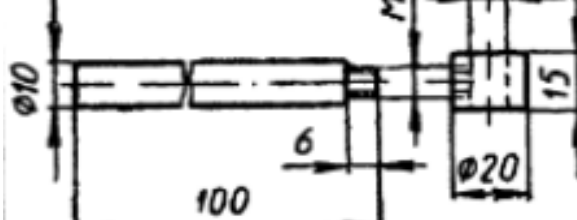
Основание прибора

№	Операция	Инструменты	Эскиз
1	Сверление, точение, резка	Сверло $\varnothing 13,5$ мм, проходной резец, отрезной резец	

2	Разметка, выпиливание, опиливание, сверление	Угольник, линейка, чертилка, ножовка слесарная, напильник, тиски, сверла 3, 4, 8, 15 мм	
3	Разметка, выпиливание, опиливание, сверление, нарезание резьбы	Угольник, линейка, чертилка, ножовка слесарная, напильник, тиски, сверло $\varnothing 3,5$ мм, метчик М4	
4	Сборка		

Прибор предназначен для изучения первого закона термодинамики, и в частности изучения изменения внутренней энергии системы при совершении механической работы. Он представляет собой латунную трубку, внутри которой имеются колодки, упирающиеся в стенки трубки (см. рис. 6). При вращении рукоятки колодки трутся о стенки сосуда, при этом выделяется тепло. Для определения силы трения колодок о внутреннюю стенку трубки стержень устанавливают в муфте штатива, а за крючок цепляют пружину динамометра. Силу трения между колодками и трубкой можно менять вращением винта.

Подвижный элемент прибора

№	Операция	Инструменты	Эскиз
1	Сверление, точение, резка, опиливание, нарезание резьбы	Сверло М5, проходной резец, отрезной резец, напильник, тиски, метчик М6, плашка М6	
2	Разметка, резка, опиливание	Угольник, чертилка, слесарная ножовка, тиски, напильник	
3	Сборка		
4	Сверление, точение, резка, нарезание резьбы	Проходной резец, отрезной резец, сверла Ø5, 8 мм, метчик М6, плашка М6	

Детали изготавливаются по представленным выше технологическим картам. Латунную трубку лучше подобрать готовую, чем вытачивать из прутка. В этом случае малый фланец нужно изготовить из латуни отдельно и, пропустив конец трубки сквозь отверстие фланца, пропаять место

соединения. Брусok, изготовленный по операции 3, притягивают к большому фланцу винтами М4 длиной 25 мм. Ось прибора готовят по технологической карте № 4 (операция № 1). Вначале делают осевое отверстие диаметром 5 мм на глубину 50 мм, вытачивают и отрезают деталь. Затем сверлом 3 мм сверлят поперечные отверстия для окна, рассверливают их до диаметра 5 мм и вытачивают окно. В последнюю очередь нарезают резьбу М6.

В операции № 2 показано изготовление колодок и клина из текстолита толщиной 5 мм. Из упругой стальной полосы длиной 40 и шириной 5 мм изготавливают дугообразные пружины. Собранный механизм трения показан на чертеже в операции № 3. При вращении оси О колодки К трутся о трубку Т. Если ввинчивать винт В, то клин КЛ будет раздвигать пружины П, что приводит к увеличению силы, действующей со стороны колодок на трубку, т. е. к увеличению силы трения между колодками и трубкой.

При нормальном положении оси в трубке из отверстия фланца выступает конец оси длиной 25 мм. На него надевают муфту со стержнем (операция № 4) и укрепляют ручку. Детали ручки можно изготовить из разных материалов. Ручка представляет собой рычаг и рукоятку. Рычаг делают из бруска 80×10×8 мм, в котором сверлят 2 отверстия и нарезают резьбу М6 на расстоянии 5-10 мм от концов. Одно отверстие служит для крепления рукоятки на винте М6, а с помощью другого ручку насаживают на ось. Рукоятку можно сделать в форме цилиндра диаметром 12 мм с каналом 6 мм и длиной 30 мм. [6]

Таким образом, совершая механическую работу, можно повысить температуру системы. Подробная инструкция по изготовлению установки, демонстрирующей данное явление, описана Л.И. Анциферовым. Данная работа может быть выполнена обучающимися старших классов, т. к. для точного изготовления деталей требуются навыки обращения с металлообрабатывающими станками.

ГЛАВА 2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ (МОДИФИЦИРОВАНИЕ) ФИЗИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ПРИБОРОВ, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

2.1. Конструирование и применение машины Атвуда

Технологическая карта № 5 на изготовление машины Атвуда

№	Материалы и инструменты	Операция	Результат
Верхний кронштейн			
1	Листовой металл s3, слесарная ножовка, напильник, тиски, разметочные принадлежности (далее РП)	Выпиливание заготовок 130×40, 110×40, 100×40, 80×40 мм. Опиливание	
2	Заготовки 110×40, 130×40 мм, тиски, молоток, оправка, РП	Гибка 40/30/40 мм, 40/50/50 мм	
3	Заготовки 100×40, 80×40 мм, сверлильный станок, свёрла Ø 5, 6, 10 мм, метчик М6, вороток, тиски, РП	Сверление, нарезание резьбы	

4	Заготовки п. 2, сверла $\varnothing 6$, 10 мм, РП	Сверление	
5	Гаечный ключ 10, болт М6 (4шт), плоская шайба (4 шт), шайба Гровера (4 шт)	Резьбовое соединение деталей	
6	Слесарная ножовка, тиски, напильник, шпилька М10 или болт, РП	Пиление, опилование	
7	Грунт для изделий из металла, краска	Грунтование, окрашивание	
8	Детали п. 5, шпилька, пружина, шайба плоская (4 шт), гайка М10 (2 шт)	Сборка	

Нижний кронштейн			
1	Листовой металл s3, слесарная ножовка, напильник, тиски, РП	Выпиливание заготовок 130×40 (2 шт), 100×40, 80×40 мм, опилование	
2	Заготовки 130×40 мм, тиски, молоток, оправка, РП	Гибка 40/50/40 мм	
3	Заготовки 100×40, 80×40 мм, сверлильный станок, свёрла Ø 5, 6, 10мм, метчик М6, вороток, тиски, РП	Сверление, нарезание резьбы	
4	Заготовки п. 2, свёрла Ø 5, 6 мм, метчик М6, вороток, зубило, молоток, надфиль	Сверление, рубка, опилование внутренних отверстий	

5	Гаечный ключ 10, болт М6 (4шт), плоская шайба (4 шт), шайба Гровера (4 шт)	Резьбовое соединение деталей	
6	Грунт для изделий из металла, краска	Грунтование, окрашивание	
7	Детали п. 6, болт М6 (2 шт), шайба плоская (6 шт), шайба Гровера (2 шт), гаечный ключ 10	Сборка	
Шарнир			
1	Листовой металл s3, слесарная ножовка, напильник, тиски, РП	Выпиливание заготовок 90×20 (3шт), 60×20 (3 шт), 50×20 (3 шт), опилование	

2	Заготовка 50×20 мм, тиски, оправка, молоток, сверлильный станок, свёрла Ø 5, 6 мм	Гибка, сверление	
3	Заготовка 90×20 мм, тиски, оправка, молоток, сверлильный станок, свёрла Ø 6 мм	Гибка 20/70 мм, сверление	
4	Сверлильный станок, сверло Ø 5 мм, метчик М6, вороток, тиски	Сверление, нарезание резьбы	
5	Грунт, краска, детали п. 2, 3, 4	Грунтование, окрашивание	
6	Детали п. 5, гаечный ключ 10, болт М6 (2 шт), шайба плоская (6 шт),		

	шайба Гровера (2 шт), барашковая гайка (2 шт)		
Пружинный тормоз			
1	Листовой металл s3, слесарная ножовка, напильник, тиски, РП	Выпиливание заготовки 75×20 мм, опиливание	
2	Заготовка п. 1, РП, тиски, оправка, молоток	Гибка 55/20 мм	
3	Заготовка п. 2, сверлильный станок, сверло Ø 5, 10 мм, тиски	Сверление, зенкерование	
4	Деталь п. 3, грунт, краска	Грунтование, окрашивание	

5	<p>Деталь п. 4, пружина $\varnothing 15$ мм, стяжка нейлоновая (2 шт)</p>	<p>Соединение пружины с кронштейном стяжками</p>	
Стартовая площадка			
1	<p>Листовой металл s3, слесарная ножовка, напильник, тиски, РП</p>	<p>Выпиливание заготовки 75×35 мм, опиливание</p>	
2	<p>Заготовка п. 1, РП, тиски, оправка, молоток, сверла $\varnothing 5$, 10 мм, тиски, сверлильный станок</p>	<p>Гибка 55/20 мм, сверление, зенкерование</p>	
3	<p>Деталь п. 2, грунт, краска</p>	<p>Грунтование, окрашивание</p>	

Пусковой механизм			
1	Листовой металл s3, слесарная ножовка, напильник, тиски, РП	Выпиливание заготовок 80×15, 40×20 мм, опилование	
2	Заготовки п. 1, сверлильный станок, сверло Ø 5 мм, тиски, метчик М6, вороток	Сверление, зенкерование, нарезание резьбы в центральных отверстиях	
3	Детали п. 2, грунт, краска	Грунтование, окрашивание	
4	Детали п. 3, болт М6 25 мм ×1, плоская шайба ×3, шайба Гровера ×1, гаечный ключ 10	Сборка подвижной конструкции пускового механизма	

Основание			
1	Отрезок доски не менее 2 м, столярная ножовка, рубанок, кисть малярная, РП, краска	Пиление, строгание, окрашивание	
2	Деталь п. 1, самоклеящаяся плёнка	Оклеивание	
3	Самоклеящаяся плёнка, деталь п. 2, канцелярский нож, ножницы, РП	Вырезание рисок и цифр, наклеивание их на основу	
Грузы			
1	Круг Ø 22 мм, дрель, слесарная ножовка, метчик, вороток, шпилька М6, напильник	Пиление, сверление, нарезание резьбы, опилование	

Сборка			
1	Нижний кронштейн, РП, крестообразная отвертка, саморез с прессшайбой 16 мм ×4, дрель, сверло Ø2,5 мм	Сверление, соединение деталей 20/180 см снизу	
2	Верхний кронштейн, РП, крестообразная отвертка, саморез с прессшайбой 16мм ×4, дрель, сверло Ø 2,5 мм	Сверление, соединение деталей 20/180 см сверху	
3	Накладка из шайбы М10 с отверстиями Ø 4 мм, крестообразная отвертка, сверло Ø 2,5 мм, 10 мм, дрель, саморез 16мм ×2	Сверление, соединение деталей саморезами	

4	Блок Ø 15 мм с шурупом ×2, дрель, сверло Ø 4 мм, РП	Сверление отверстий под 45, крепление блоков	 
5	Стартовая площадка, РП, дрель, сверло Ø 2,5 мм, саморез 16 мм ×2, отвертка	Соединение деталей	
6	Шкив, болт М10, гайка М10 ×3, плоская шайба ×4, шайба Гровера ×2, дрель, сверло Ø 10 мм, ключ 17	Соединение деталей	
7	Пружинный тормоз, РП, дрель, сверло Ø 2,5 мм, саморез 16мм ×2, отвертка	Соединение деталей	

8	Дрель, РП, коронка по дереву Ø 40, 30 мм, стамеска	Сверление, резание	
9	Оргстекло, лобзик ручной, тиски, пузырьковый уровень, плёнка, нож	Выпиливание круга из оргстекла, склейка	
10	Шарниры, саморезы 16 мм × 6, дрель, сверло Ø 2,5 мм, отвертка, РП	Соединение деталей 5/95/95 см	
11	Швеллер 20×10 мм, шарнир, болт М6 25 мм × 3, шайба плоская × 6, шайба Гровера × 6, дрель, сверло Ø 6 мм, ключ гаечный 10	Сверление отверстий 5/95/95 см, болтовое соединение	

12	Части устройства п. 10, 11.	Сборка шарнирного соединения деталей	
13	Пусковой механизм, дрель, сверло $\varnothing 2,5$ мм, отвертка, саморез 16 мм $\times 2$, нитка 1 м, магнит, нейлоновая стяжка $\times 3$, пружина		

Собранная установка (одна из модификаций машины Атвуда) позволяет организовывать проведение, например, таких работ физического практикума, как «Изучение законов равноускоренного движения тел», «Определение ускорения свободного падения с помощью машины Атвуда».

Ниже приводится описание лабораторной работы «Определение ускорения свободного падения»

Цель работы является развитие навыков работы с машиной Атвуда при проведении физического эксперимента, экспериментальное определение значение ускорения свободного падения.

Приборы и принадлежности: машина Атвуда, набор грузов, перегрузки, секундомер.

Содержание работы обучающегося:

- изучение или повторение (если работали ранее) устройства, принципа действия и назначения машины Атвуда, зарисовка схемы установки;
- определение ускорение свободного падения;
- запись результатов измерений и вычислений в виде таблицы;
- формулировка выводов по работе;
- запись замечаний об особенностях данного эксперимента, предложения по его совершенствованию.

Краткую теорию опыта можно предложить в следующем виде.

Если положить на один из грузов M перегрузок m_1 , то вся система придёт в движение. Пусть грузы переместились на расстояние s , изменение потенциальной энергии при этом, очевидно, равно приросту кинетической энергии системы, которая складывается из кинетической энергии грузов, перегрузков и вращающегося блока, т. е. справедливо равенство

$$m_1 g s = \frac{(2M + m_1) v^2}{2} + \frac{J \omega^2}{2}, \quad (1)$$

где v – скорость движения грузов в конце падения, J – момент инерции блока, ω – его угловая скорость в конце падения грузов.

Скорость движения грузов в конце падения может быть вычислена, если измерено перемещение грузов s и время t , в течение которого проходило это перемещение, а именно:

$$s = \frac{at^2}{2}, \quad (2)$$

$$v = at, \quad (3)$$

и, таким образом,

$$v = \frac{2s}{t}. \quad (4)$$

Момент инерции блока J относительно оси, проходящей через центр блока перпендикулярно к нему, в формуле (1) определяется согласно соотношению:

$$J = \frac{m_0 r^2}{2}, \quad (5)$$

где m_0 – масса блока, r – его радиус.

Угловая скорость блока ω в конце падения грузов вычисляется как

$$\omega = \frac{v}{r}, \quad (6)$$

или с учётом (4):

$$\omega = \frac{2s}{rt}. \quad (7)$$

Подставляя (4), (5) и (7) в (1) и выражая g , получим

$$g = \frac{(4M + 2m_1 + m_0)s}{m_1 t^2}. \quad (8)$$

В рабочей формуле (8) значения M , m_1 и m_0 определяют взвешиванием, s определяют по вертикальной сантиметровой шкале прибора, время t – по секундомеру.

Задание № 1. Определение ускорения свободного падения

По формуле (8), произведя все необходимые измерения, определите ускорение свободного падения g . Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 1. Измерения сделайте не менее 5 раз для трёх различных расстояний s (три серии опытов).

Табл. 1

№	M	m_1	m_0	s	t	g	Δg	$\frac{\Delta g}{g}$
---	-----	-------	-------	-----	-----	-----	------------	----------------------

Задание № 2. Повторите опыт с другим перегрузком при постоянной высоте s .

Контрольные вопросы и задания:

1. Какой закон положен в основу вывода рабочей формулы?
3. Какое движение называется свободным падением? Каковы его законы?
4. Почему ускорение силы тяжести неодинаково в различных точках

земной поверхности?

5. Почему два небольших диска одинакового диаметра (картонный и металлический) падают в воздухе с различными скоростями?

6. Как убедиться на опыте, что ускорение свободного падения не зависит от формы и массы тела? [9]

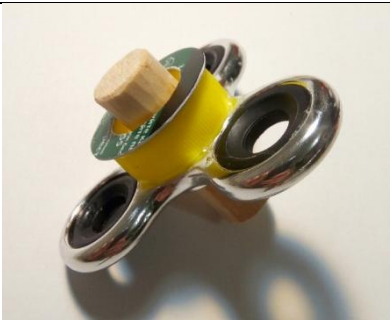
2.2. Конструирование и применение гироскопа

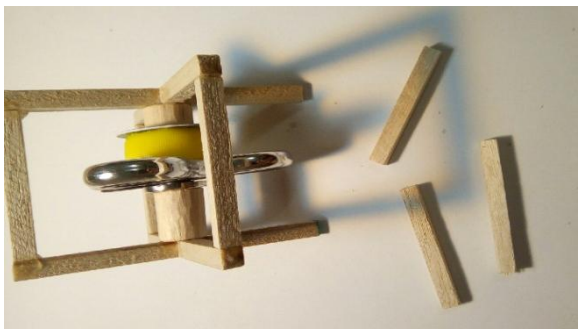
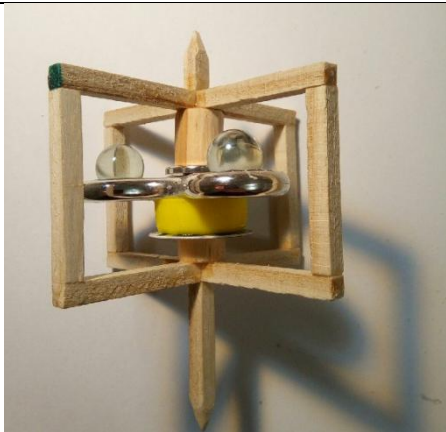
Гироскоп (от греч. γῆρος – круг, окружность и σκόπεω – наблюдать), устройство, совершающее быстрые циклические (вращательные или колебательные) движения и чувствительное вследствие этого к повороту в инерциальном пространстве.

Основным элементом гироскопа, предложенного к изготовлению, является так называемый спиннер. Данный механизм содержит в своей конструкции подшипник, обеспечивающий снижение трения между подвижными друг относительно друга деталями. Благодаря этой особенности спиннера, гироскоп будет удерживать равновесное положение длительное время. [10]

Технологическая карта № 6 на изготовление гироскопа.

№	Материалы и инструменты	Операция	Результат
1	Рейка 5×5мм, разметочные принадлежности (далее РП), нож	Отрезаем рейку 80 мм, соединяем по центру под прямым углом в полдерева	

2	Спиннер, декоративные стеклянные шарики ×3, секундный клей	Вклеиваем шарики в отверстия конструкции спиннера	
3	Пробка от пластиковой бутылки, РП, нож	Вырезаем круглое отверстие по размеру подвижной детали спиннера	
4	Пластиковая карта, РП, нож	Вырезаем кольцо по размеру спиннера	
5	Отрезок древесины, РП, ножовка, нож	Вырезаем 2 цилиндра по размеру конструкции	
6	Детали п. 2, 3, 4, 5, универсальный быстросохнущий клей	Склеиваем детали согласно изображения	

7	Рейка, детали п. 1, 6, клей, нож, РП	Отрезаем 4 отрезка рейки, соединяем детали п. 1 параллельно друг другу	
8	Рейка, РП, нож	Отрезаем 2 отрезка рейки 30 мм, затачиваем с 1 стороны	
9	Детали п. 7, 8, клей	Приклеиваем оси вдоль оси вращения спиннера	
10	Изделие п. 9, нить 0,5 м	Намотав нить на свободный цилиндр, устанавливаем гироскоп на горизонтальной поверхности и, придерживая каркас, быстро вытягиваем нить	

Такое устройство способно демонстрировать устойчивое положение оси тела за счёт непрерывного вращения одного из его элементов (ротора).

Исторически подобный механизм выступал в качестве одного из доказательств вращения Земли, т. к. расположение оси вращения ротора в пространстве сохраняется независимо от возможных перемещений рамки, в которой он закреплён.

На основе уникальных свойств гироскопа стали создаваться различные гироскопические приборы. По общему названию можно определить принципиальные особенности их работы. Существуют различные способы размещения гироскопов в приборах: карданов подвес, воздушная подушка, электромагнитное поле. Гироскоп может являться датчиком угла наклона, поворота или угловой скорости. Это далеко не все возможные механизмы и области применения этого прибора.

2.3. Конструирование и применение устройства для демонстрации выигрыша в силе

Для того чтобы наглядно продемонстрировать один из способов получения выигрыша в силе, можно предложить обучающимся изготовить следующую несложную установку, представленную на рис. 4.

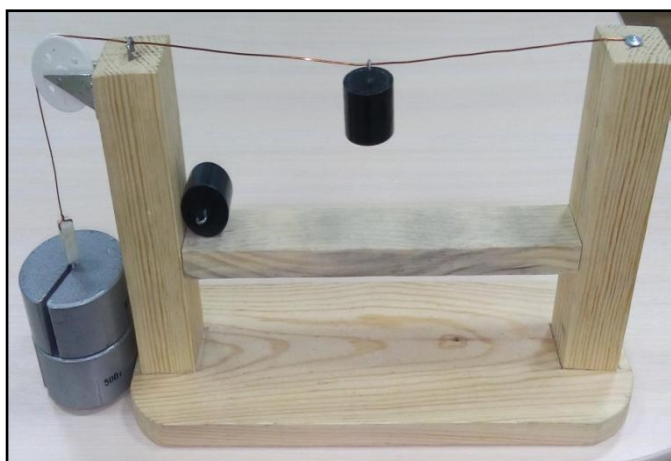


Рис. 4. Фотография установки, демонстрирующей выигрыш в силе

Для объяснения принципа действия данного устройства можно воспользоваться схемой, показанной на рис. 5. На большой груз действует

сила тяжести, направленная вниз, и сила натяжения проволоки, направленная вверх. Такие же по величине силы натяжения действуют и в точке подвеса малого груза. При их сложении получается сила, модуль которой гораздо меньше модуля силы тяжести, действующей на большой груз. Поэтому её легко уравновесить с помощью малого груза.

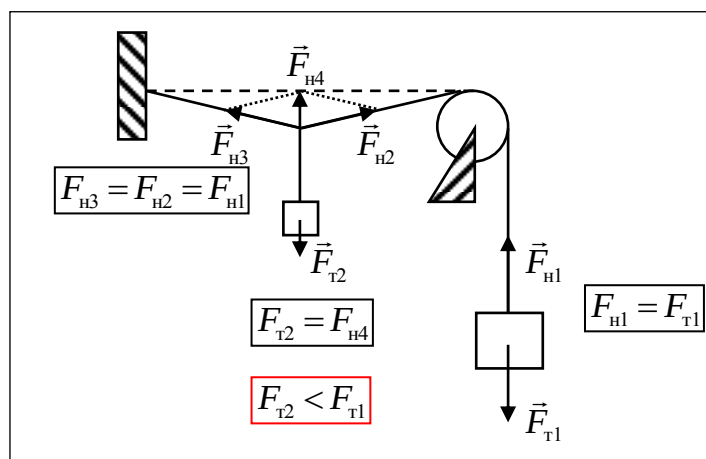
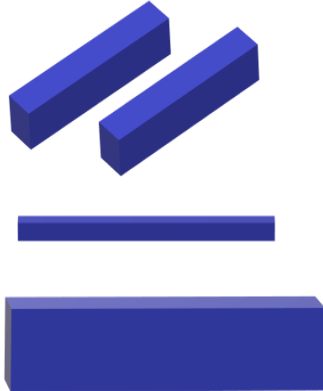
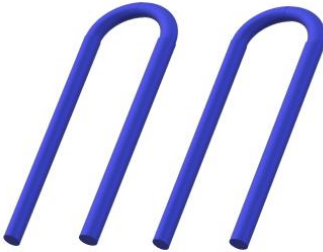


Рис. 5. К объяснению принципа действия экспериментальной установки, демонстрирующей выигрыш в силе

По завершении демонстрации физических принципов, положенных в основу работы данной установки, можно привести примеры практического использования увиденных и изученных фактов. Аналогичный способ применения троса, например, может выручить застрявших на лесной дороге автомобилистов: один конец троса крепится за дерево, другой за машину, усилия прикладываются не вдоль троса, а поперёк него.

Технологическая карта № 7 на изготовление установки,
демонстрирующей выигрыш в силе

№	Материалы и инструменты	Операция	Результат
1	Ножовка, рубанок, разметочные принадлежности	Отрезаем детали по размерам: Стойка 220×40×30 (2 шт.) Перекладина 270×40×20 (1 шт.) Основание 350×150×20 (1 шт.)	
2	Бокорезы, линейка	Отрезок проволоки $\varnothing$ 1 мм 0,5 м	
3	Круглогубцы, бокорезы, гвоздь 2×50	Скоба 20×10 мм	

Сборка установки происходит согласно рис. 4 при помощи саморезов. Места соединения деталей предварительно засверливаются сверлом $\varnothing$ 2,5 мм. Свободный конец проволоки неподвижно крепится к торцу одной из стоек, далее пропускается через скобу, вбитую в торец второй стойки. Затем проволока проходит через блок.

Для демонстрации его действия на перекинутую через блок проволоку укрепляется груз массой около 1 кг. В первоначальном состоянии этот груз должен плотно прижимать лист бумаги к столу. Когда же на середину

горизонтального участка проволоки подвешивается груз массой около 200 г (приблизительно в пять раз меньше, чем у основного груза), лист бумаги освобождается и его можно вынуть без усилий. Таким образом, с помощью двухсотграммового груза можно приподнять килограммовый, т. е. получить выигрыш в силе приблизительно в 5 раз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы были решены все поставленные задачи.

- сделан обзор научной и учебно-методической литературы по данной тематике, проведён сравнительный анализ школьных УМК по физике различных авторов в части, касающейся изучения и конструирования физических устройств и приборов;

- выявлены методические особенности организации образовательного процесса при изучении и конструировании устройств и приборов в школьном курсе физики;

- разработана конструкция и изготовлены опытные образцы некоторых из рассмотренных устройств для демонстрации физических явлений/процессов, проведения физических экспериментов, лабораторных работ, а именно гироскопа, устройства для изучения и демонстрации выигрыша в силе, машины Атвуда;

- составлены краткие методические рекомендации по использованию сконструированных устройств/приборов.

Кроме того, были разработаны подробные технологические карты по изготовлению указанных выше устройств, инструкции по их использованию. Также стоит отметить, что на базе слесарно-токарных мастерских факультета физико-математических и естественных наук Педагогического института им. В.Г. Белинского Пензенского государственного университета были изготовлены и другие физические устройства (маятник Максвелла, скамья Жуковского, модель абсолютно чёрного тела и др.), которые стали экспонатами «Музея занимательных наук», о чём докладывалось на научно-практических студенческих конференциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генденштейн, Л.Э. Физика 7 класс: учебник для общеобразовательных учебных заведений. / Л. Э. Генденштейн, А. Б. Кайдалов. – М.: Мнемозина, 2012.
2. Громов, С.В. Физика 8 класс: учебник для общеобразовательных учебных заведений. / С. В. Громов, Н. А. Родина. – М.: Просвещение, 2013.
3. Белага, В.В. Физика 9 класс: учебник для общеобразовательных учебных заведений. / В. В. Белага, И. А. Ломаченков, Ю. В. Панебратцев. – М.: Просвещение, 2019.
4. Касьянов, В.А. Физика 10 класс: учебник для общеобразовательных учебных заведений. / В. А. Касьянов. – М.: ДРОФА, 2013.
5. 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.
6. Анциферов, Л.И. Самодельные приборы для физического практикума в средней школе. / Л. И. Анциферов. – М.: Просвещение, 1985.
7. Албычев, П.В. Самодельные приборы по физике. / П. В. Албычев. – М.: Учпедгиз, 1950.
8. Смирнов, В.А. Опыты и самоделки по физике. / В. А. Смирнов. – ЁЁ Медиа, 1955.
9. 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.
10. Лунц, Я.Л. Введение в теорию гироскопов. / Я. Л. Лунц. – М.: Наука, 1972.