

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.П. АСТАФЬЕВА»

Институт математики, физики и информатики

Выпускающая кафедра теории и методики обучения физике

Котяшова Юлия Андреевна  
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема «Методика обучения физике учащихся инженерно-технических классов  
(на примере раздела «Вращательное движение»)»

Направление подготовки 44.03.05 Педагогическое образование  
Профиль Физика и информатика

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой теории и

методики обучения физике

д.п.н., профессор

В.И. Тесленко

«24» мая 2016



Руководитель

д.п.н., профессор

В.И. Тесленко

Дата защиты «24» июня 2016

Обучающийся Котяшова Ю.А.

«24» июня 2016

Оценка отлично

Красноярск

2016

## Оглавление

Введение.....	3
ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КЛАССАХ.....	6
1.1. Школьное инженерно-техническое образование: проблемы и перспективы развития .....	6
1.2. Анализ содержания учебного материала по разделу «Динамика периодического движения» .....	14
1.2.1. Движение тел в гравитационном поле .....	14
1.2.2. Динамика свободных колебаний .....	15
1.2.3. Колебательная система под действием внешних сил.....	17
1.2.4. Вынужденные колебания. Резонанс .....	17
Выводы по первой главе .....	18
ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗДЕЛА ШКОЛЬНОГО КУРСА ФИЗИКИ «ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ».....	19
2.1. Методические особенности преподавания раздела «Вращательное движение».....	19
2.2. Демонстрационные опыты по разделу «Вращательное движение».....	21
2.3. Физический практикум по разделу «Вращательное движение» .....	24
Обсуждение результатов.....	35
Выводы по второй главе .....	49
Заключение .....	51
Библиографический список .....	53
Приложение .....	55

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.П. АСТАФЬЕВА»

Институт математики, физики и информатики

Выпускающая кафедра теории и методики обучения физике

Котяшова Юлия Андреевна  
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема «Методика обучения физике учащихся инженерно-технических классов  
(на примере раздела «Вращательное движение»)»

Направление подготовки 44.03.05 Педагогическое образование  
Профиль Физика и информатика

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой теории и

методики обучения физике

д.п.н., профессор

В.И. Тесленко

«24» мая 2016



Руководитель

д.п.н., профессор

В.И. Тесленко

Дата защиты «24» июня 2016

Обучающийся Котяшова Ю.А.

«24» июня 2016

Оценка отлично

Красноярск

2016

## **Введение**

Одной из главных особенностей современного периода реформирования школьного образования является ориентация на широкую дифференциацию обучения, позволяющую удовлетворить потребности каждого учащегося, в том числе и тех, кто проявляет особый интерес и способности к предмету.

В настоящий момент эта тенденция углубляется переходом старшей ступени средней школы на профильное обучение, что позволяет обеспечить восстановление преемственности среднего и высшего образования. Концепция профильного обучения определила его целью повышение качества образования и установление равного доступа к полноценному образованию различных категорий учащихся в соответствии с их индивидуальными склонностями и потребностями.

Для учащихся это означает, что выбор физико-математического профиля обучения должен гарантировать такой уровень обучения, который бы позволял удовлетворить главную потребность данной группы учащихся - продолжение образования в высших учебных заведениях соответствующего профиля. Выпускник средней школы, решивший продолжить образование в вузах физического и технического профилей, должен иметь углубленную подготовку по физике. Она является необходимой базой для поступления и обучения в этих вузах.

Решение задач профильного обучения физике возможно только при условии использования расширенных, углубленных программ. Анализ содержания школьных программ для профильных классов различных авторских коллективов показывает, что все они содержат расширенный, по сравнению с базовыми программами, объем учебного материала по всем разделам физики и предусматривают его углубленное изучение. Составной частью содержания раздела «Механика» этих программ является теория вращательного движения. Знания кинематических и динамических

характеристик и законов вращательного движения необходимы для углубленного изучения не только механики, но и других разделов физики.

Существующий уровень профессионально-методической подготовленности большинства учителей физики к преподаванию теории вращательного движения в условиях профильного обучения недостаточен, у многих учителей нет полного понимания роли теории вращательного движения в изучении школьного курса физики. Поэтому необходима более глубокая профессионально-методическая подготовка, которая позволила бы учителю максимально использовать дидактические возможности для решения задач профильного обучения.

Таким образом, **актуальность исследования** определяется: противоречием между требованиями, предъявляемыми школьными профильными программами для углубленного изучения физики к уровню знаний учащихся по теории вращательного движения.

**Проблемой** исследования является поиск экспериментальных методов для преподавания теории вращательного движения, имеющего большой прикладной характер.

**Цель исследования:** разработать физический практикум для учащихся инженерно-технических классов по разделу «Вращательное движение».

**Объектом** исследования являются процесс обучения физике учащихся в средних общеобразовательных учреждениях.

**Предметом** исследования является организация обучения физике учащихся инженерно-технических классов на основе физического практикума по разделу «Вращательное движение».

**Гипотеза:** если в процессе обучения физике учащихся инженерно-технических классов использовать систематически специально разработанные физические практикумы, то уровень подготовки по физике данных учащихся повысится.

**В соответствии с обозначенной целью, предметом и объектом исследования поставлены следующие задачи:**

1. Изучить состояние исследуемой проблемы в практике школьного обучения;

2. Провести теоретический анализ проблемы исследования в методической литературе и научно-методической литературе по теме исследования;

3. Выделить основные понятия для организации экспериментально-познавательной деятельности учащихся;

4. Разработать физический практикум по разделу «Вращательное движение».

5. Провести апробацию разработанного физического практикума по разделу «Вращательное движение».

**Решение поставленных задач потребовало использования следующих методов:**

1. Анализ учебной и методической литературы, связанной с преподаванием раздела «Вращательное движение».

2. Обобщение и систематизация содержания материала по разделу «Вращательное движение».

3. Наблюдение за учащимися в процессе обучения физике на педагогической практике.

Апробация проводилась с учащимися МБОУ СШ № 27 г. Красноярска.

# **ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КЛАССАХ**

## **1.1. Школьное инженерно-техническое образование: проблемы и перспективы развития**

В данном параграфе ВКР проводится анализ работ авторов [2] по проблемам организации обучения в инженерно-технических классах.

С этой целью выделяются основные аспекты тех исследований, которые раскрывают выделенную проблему.

В настоящее время в России в условиях новых социально-экономических отношений возникает необходимость модернизации и развития системы инженерного образования. Школьное образование - важнейшая составная часть социальной организации общества. Оно создает базу для дальнейшего профильного образования, сохраняя при этом самодостаточность. В связи с этим требуется обновление школьного образования в контексте перехода общества к посттехногенному с рыночной экономикой и сменой ценностей и социальных приоритетов. Это системное преобразование, требующее содержательных и процессуальных аспектов образования в соответствии с современными требованиями этого образования и воспитания школьного с учетом научно-технического прогресса общества, научных основ развития современных технологий и производства и возникшим дефицитом специалистов в этой области.

Система школьного образования должна не только использовать потенциал для формирования образованности учащихся с сохранением их психологического и духовного развития, но и актуализировать их стремления к творчеству, умению делать выбор и нести за него ответственность.

Непосредственные цели современного образования - это создание механизма устойчивого развития личности учащихся; обеспечение результативности и эффективности их обучения и воспитания;

необходимость повышения конкурентоспособности выпускников на внутреннем и внешних рынках труда.

Следует отметить, что за последние годы предприняты меры, направленные на укрепление и развитие материально-технической базы инженерных факультетов вузов. Профессорско - преподавательский состав технических вузов констатирует тот факт, что студенты с большим трудом усваивают тот факт, что студенты с большим трудом усваивают информацию по специальным и техническим дисциплинам из-за недостаточного уровня знаний по естественным дисциплинам и математике. Действительно, приходится признать, что, несмотря на позитивные моменты, подготовка учащихся в школах и студентов в технических вузах в нашей стране в течение последних десятилетий находится в состоянии кризиса из-за недостаточной квалификации выпускников. Особенно кризисные явления захватили инженерно-техническую школу. Квалификация выпускников непрерывно понижается, и, по мнению работодателей, каждый из них нуждается в дополнительной подготовке, что проявляется в низком профессиональном уровне техников и инженеров, в резком снижении у них уровня фундаментальных знаний по предметам естественнонаучного цикла, математике и технологии. Это происходит потому, что инженерно-технологическое учебное знание еще не осмыслено как целое явление, в котором протекают определенные интеграционные взаимодействия.

Как следствие, за последнее десятилетие в России практически полностью исчез рабочий класс, и ради его пополнения в настоящее время необходимо применять всевозможные инновации в решении следующих основных задач:

- создание рабочих мест и производственных мощностей;
- создание производства самого современного уровня;
- создание вакантных привлекательных рабочих мест на предприятиях с достойной заработной платой;

- формирование инженерных кадров как стратегии устойчивого развития страны и современного понимания инженерной культуры;
- организация эффективного научного, информационного и методического сопровождения для ориентации школьников на специальности инженерно-технического профиля.

Современный уровень высокотехнологического производства развитых стран востребовал специалистов с высоким уровнем профессиональной и социальной культур. Например, таких специалистов успешно готовят в Германии на основе специально разработанной дуальной системы профессионального образования.

Дуальная система представляет собой взаимодействие двух учебно-производственных сред: государственной профессиональной школы и частного предприятия. Предприятие и учебное заведение работают совместно, обеспечивая высокий уровень профессиональной подготовки кадров.

Важно выявить основные мировые тенденции по подготовке инженерно-технических кадров. На этой основе российское образование должно быть направлено на решение инновационных подходов к подготовке таких кадров.

Такие подходы должны задавать основные мировоззренческие и методологические ориентиры будущей и настоящей инженерной деятельности.

Следовательно, основополагающее значение в обновлении школьного инженерно-технического образования, на наш взгляд, должны иметь:

- фундаментальность содержания образования на основе учета аспектов человеческой культуры, обеспечивающей универсальность получаемых знаний и возможность применения их в новых практико-ориентированных технических ситуациях;

– структурно-функциональная отраженность в содержании образования всех аспектов инженерной культуры, обеспечивающих коммуникативное и техническое образование учащихся;

– ориентация обновленного содержания образования на формирование личностных и индивидуальных качеств учащихся с учетом их интересов и склонностей;

– структурно-логическое представление учебного материала по естественнонаучным дисциплинам, математике и технологии на основе интегративно-структурных связей. В учебном процессе подготовки будущих техников и инженеров должны быть задействованы средние образовательные организации для решения проблем инженерного образования. Следовательно, актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена такими факторами:

– российскому обществу необходимо создание инновационных образовательных учреждений, интегрирующих и адаптирующих лучший отечественный и зарубежный опыт в подготовке инженерно-технических кадров;

– российское образование должно формировать гражданина и профессионала на принципах интеграции фундаментального и технологического знания;

– средние и высшие учебные заведения должны функционировать в постоянной динамике обновления образовательного и материально-технического обеспечения профессиональной подготовки выпускников и будущих специалистов;

– система подготовки инженерно-технических кадров должна включать разноуровневую интеграцию фундаментального и технологического знания не только при подготовке учащихся школ, но при профессиональной подготовке будущих специалистов инженерно-технического профиля. Таким образом, инженерная подготовка преимущественно должна быть организована не в предметном и

функциональном аспекте, а в органическом единстве фундаментального, предметного и технологического знания.

Исследование проблем организации инженерно-технического образования показывает, что пока недостаточно разработаны многие аспекты в решении выделенных проблем. Анализ современного состояния образовательного процесса в контексте инженерного образования позволил нам выявить следующие противоречия:

– между необходимостью подготовки инженерно-технических кадров в российском образовании и недостаточным количеством теоретико-методических разработок по основам организации и функционирования системы пропедевтической подготовки инженерно-технических кадров на современном этапе развития средних образовательных учреждений; – между потребностью в инженерно-технической подготовке специалистов для рыночной экономики и недостатком разработанных основ для развития инновационной образовательной среды в средних образовательных учреждениях;

– между необходимостью целостной и системной организации образовательного процесса по подготовке инженерно-технических кадров и дефицитом научно-методического обеспечения учебно-материальной базы этого процесса.

С учетом вышеуказанных противоречий, авторы [2] выделяют проблему исследования, заключающуюся в выявлении теоретических и методологических основ формирования и развития инновационной среды средних общеобразовательных учреждений в контексте подготовки инженерно-технических кадров.

Основной аспект при подготовке учащихся, способных учиться в инженерной школе, делается на предоставлении возможности им получить достойное образование. Такое обучение будет направлено не только на получение реальных знаний, умений, навыков, компетенций, но и на формирование тех качеств личности, которые позволят ему выбрать

будущую профессию, связанную с интеграцией фундаментального и технологического знания.

Основы обновления образования в школе рассматриваются в содержательном, деятельностном и аксеологическом аспектах.

Содержательный аспект обновления, определяемый критериями и принципами отбора информации и структуры предметов естественнонаучного цикла и математики, представляет собой разработку единого подхода к формированию общих для предметов фундаментальных понятий и учебно-познавательных умений на основе теории деятельности и принципа преемственности. Характерными чертами этой разделенности является то, что преподавание этих дисциплин не всегда удерживает цель формирования инженерного мировоззрения. Закономерности, изучаемые в каждой отдельной дисциплине, не всегда связываются с мировоззрением, провозгласившим своей целью сохранение и устойчивое развитие общества и окружающей среды. Устранение этой разделенности и создание ситуации, при которой каждому предмету соответствует свое предназначение в процессе и результате обучения, – это основа содержательного обновления в подготовке будущего выпускника. Понимание связей и отношений между фактами и явлениями, на первый взгляд мало связанными между собой, а нередко и не согласованными во времени их предъявления, облегчается благодаря специальному структурированию учебного материала на основе модульно-эвристических комплексов.

Каждый комплекс рассматривается как система, основанная на принципах целостности, структурности, иерархичности. В таких комплексах реализуются не только информационные функции содержания учебных дисциплин в виде модулей, но и развивающие функции на основе знаний о закономерностях умственного развития учащихся с учетом их индивидуальных особенностей.

Обеспечение развивающей функции обучения при использовании комплексов осуществляется на основе эвристических методов. Содержание

информации, задаваемое для усвоения, является готовым продуктом чужого опыта, а чтобы его усвоить, необходимо осуществить определенную деятельность. Это присвоение есть процесс лично значимый и в этом смысле субъективный, но это процесс, осуществляемый по объективным законам организации человеческой деятельности, в которой выделяются цели, мотивы, реализующие потребности учащегося, а также средства деятельности на основе систематизации научных фактов, структурных форм материи, свойств тел, методов исследования и т. д.

Второй аспект обновления образования в школе касается усиления деятельностной составляющей, т. е. усиления роли каждого ученика в процессе подготовки его творческой самостоятельности в повышении уровня обученности по основным фундаментальным понятиям предметов естественного цикла. Ситуация обновления с учетом этого аспекта требует от учителя школы приоритета информационно-деятельностного и индивидуально-ориентированного подходов в организации уровневого практико-ориентированного обучения школьника для построения индивидуально-образовательного маршрута. Этому должна способствовать запланированная в модульно-эвристических комплексах исследовательская деятельность, которую учащиеся осуществляют на специальных экспериментальных площадках предприятий. Необходимость специальной подготовки к исследовательской деятельности учащихся требует пересмотра общей системы подготовки и педагогических кадров по предметам естественнонаучного цикла и математике.

Третий аспект представляет собой формирование у школьника ценностной составляющей инженерного образования. Ценностный аспект представляет собой формирование у будущего выпускника совокупности специфических ценностей коммуникативной инженерной деятельности. Эта совокупность представлена ценностями-знаниями, которые определяют владение учащимися соответствующим понятийным терминологическим аппаратом естественнонаучных учебных предметов; ценностями-

качествами, представленными многообразием взаимосвязанных и взаимодополняющих качеств личности будущих выпускников. Еще одной составляющей являются ценности-отношения (коммуникативная составляющая), раскрывающие совокупность отношений учащихся и учителей, внутреннюю позицию каждого по отношению к себе, собственной учебно-познавательной деятельности. Обсуждая проблему школьного инженерно-технического образования, необходимо совершенствовать всю структуру образовательного процесса.

Основным результатом обучения в инженерной школе должен стать набор обновленных в социальном заказе ценностей на основе дисциплинарной конструкции инженерного образования. Все это требует применения информационно-понятийного подхода к построению специальной измерительной технологии для эффективной организации диагностической и оценочной деятельности учителей и самоконтроля учебно-познавательной деятельности учащихся. Методологической основой создания подобной технологии оценки качества является переход к концепции преподавания дисциплин естественного цикла, математики и технологии как содействия развитию ученика в аксеологическом аспекте, формирования у них на этой основе инженерной культуры.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: инженерное образование – часть общей системы образования; повышение уровня инженерно-технологической подготовки возможно при условиях существенной перестройки организации и содержания образования в современных средних общеобразовательных учреждениях.

Ввиду сложности выделенной проблемы мы в своей дипломной работе рассмотрели только обучение учащихся инженерно-технических классов, одному из важных прикладных вопросов механики – «Динамика периодического движения».

Так как «Вращательное движение» – это один из распространенных видов движения в природе, технике и производстве, рассмотрим данный вопрос более подробно во втором параграфе дипломной работы.

## 1.2. Анализ содержания учебного материала по разделу «Динамика периодического движения»

### 1.2.1. Движение тел в гравитационном поле

Проведем анализ раздела «Динамика периодического движения», используя учебники физики для средних общеобразовательных школ.

Первая космическая (круговая) скорость – минимальная скорость, которую надо сообщить телу у поверхности Земли (или небесного тела), чтобы тело могло двигаться вокруг Земли (или небесного тела) по круговой орбите.

При движении тела вокруг Земли по окружности радиусом  $R + H$  на

тело действует гравитационная сила  $F_g = G \frac{mM_{\oplus}}{(R_{\oplus} + H)^2}$ , сообщающая телу

нормальное (центростремительное) ускорение  $a_n = \frac{v^2}{R_{\oplus} + H}$ . По второму

закону Ньютона  $m \frac{v^2}{R_{\oplus} + H} = G \frac{mM_{\oplus}}{(R_{\oplus} + H)^2}$ . Сокращая обе части равенства на  $\frac{m}{R_{\oplus} + H}$ ,

получаем горизонтальную скорость, которую надо сообщить телу, чтобы оно двигалось по окружности вокруг Земли на высоте  $H$ :  $v = \sqrt{G \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus} + H}}$ .

Первая космическая скорость  $v_1 = \sqrt{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}} = 7,9 \text{ км/с}$ .

Вторая космическая скорость – минимальная скорость, которую надо сообщить телу у поверхности Земли (или небесного тела) для того, чтобы оно преодолело гравитационное притяжение Земли (или небесного тела).

Вторая космическая скорость в  $\sqrt{2}\sqrt{2}$  раза больше первой космической.

## 1.2.2. Динамика свободных колебаний

Возможны два варианта колебаний в системе: под действием внешних и внутренних сил.

Вынужденные колебания — колебания, проходящие под действием внешней периодической силы.

Примером вынужденных колебаний является раскачивание боксерской груши при периодических ударах в нее.

Свободные (собственные) колебания — колебания, происходящие под действием внутренних сил в системе, выведенной из положения равновесия и предоставленной самой себе.

Таковыми колебаниями являются, например, колебания маятника часов.

Главной особенностью систем, в которых происходят свободные колебания, является наличие у них положения устойчивого равновесия.

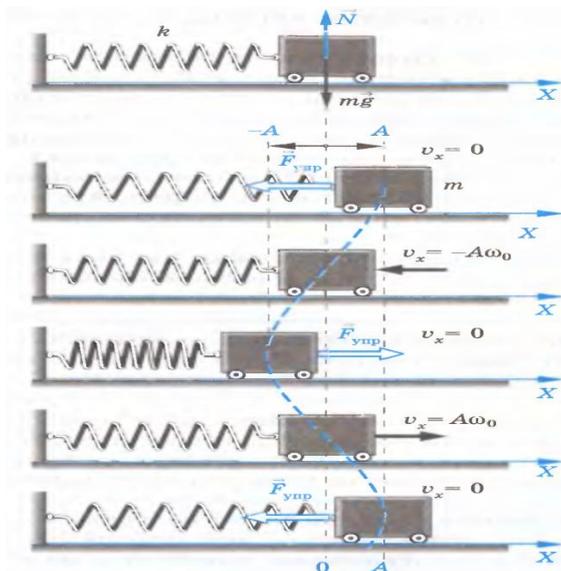


Рис. 1. Свободные (собственные) колебания пружинного маятника.

Период колебаний — интервал времени, в течение которого происходит одно полное колебание.

Свободные колебания пружинного маятника являются гармоническими, т.е. отклонение маятника от положения равновесия

изменяется со временем косинусоидально:  $x = A \cos \omega_0 t$ , где  $A$  — амплитуда колебаний.

Амплитуда колебаний — максимальное отклонение колеблющейся величины от положения равновесия.

При рассмотрении гармонических колебаний величина  $\omega_0$  называется циклической частотой (а не угловой скоростью, как при вращательном движении).

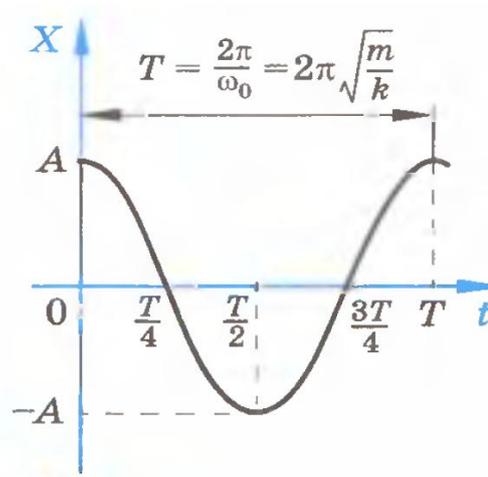


Рис. 2. График свободных гармонических колебаний

Чтобы найти период гармонических колебаний пружинного маятника, используют второй закон Ньютона, записанный в проекции на ось X:

$$m a_0 = F_{упр.0}. \text{ С учетом закона Гука } m a_0 = -kx.$$

Подставляя в эту формулу зависимость координаты  $x$  и ускорения  $a_0$  от времени, получаем  $-m\omega_0^2 A \cos \omega_0 t = -kA \cos \omega_0 t$ . Сокращая это равенство на  $A \cos \omega_0 t$  и умножая его на  $(-1)$ , имеем  $m\omega_0^2 = k$ .

Следовательно, циклическая частота собственных гармонических колебаний пружинного маятника  $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ .

Связь свободных колебаний с циклической частотой известна:  $T =$

Таким образом, период свободных колебаний пружинного маятника не зависит от начальных условий (амплитуда, скорость), а полностью

определяется собственными характеристиками колебательной системы( жесткостью  $k$  и массой  $m$  ).

Жесткость пружины характеризует силу взаимодействия( силу упругости): чем больше жесткость, тем сильнее воздействие на маятник, тем быстрее он раскачивается, тем меньше его период колебания.

Масса характеризует инертные свойства маятника: чем больше масса, тем медленнее раскачивается маятник, тем больше его период колебаний.

### 1.2.3. Колебательная система под действием внешних сил

Силы трения, направленные противоположно перемещению маятника, совершают отрицательную работу, уменьшая его механическую энергию.

Затухающие колебания — колебания, амплитуда которых уменьшается с течением времени.

Примером таких колебаний являются колебания маятника не заведенных механических часов.

### 1.2.4. Вынужденные колебания. Резонанс

Вынужденные колебания — колебания, происходящие под действием периодической внешней силы.

Эти колебания могут возникать как в колебательных системах, т. е. Системах, имеющих положение устойчивого равновесия ,так и в системах, не обладающих этим свойством.

Будем считать, что внешняя сила изменяется косинусоидально с частотой  $\omega$  и амплитудой  $F_0$  : $F = F_0 \cos \omega t$ .

Ускорение тела, согласно второму закону Ньютона,  
 $a = F_0 / m = F_0 / m \cos \omega t$ , где  $F_0 / m = a_0$  — амплитуда ускорения тела.

Вынужденные гармонические колебания совершаются по закону

$x = A \cos \omega t$ , где  $x$  — отклонение тела от положения равновесия,  $A$  — амплитуда вынужденных колебаний.

Резонанс — явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты внешней силы с частотой собственных колебаний системы.

Резонансная кривая — график зависимости амплитуды вынужденных колебаний системы от частоты изменения внешней силы.

Работа, совершаемая внешней силой, при резонансе положительна, поэтому полная механическая энергия системы  $E = E_0 + Fx \Delta x$  постоянно возрастает из-за резонансного поглощения энергии. Быстрое увеличение энергии колеблющегося тела ведет к резкому возрастанию амплитуды вынужденных колебаний.

Ввиду сложности выделенной проблемы мы в своей дипломной работе рассмотрели только обучение учащихся инженерно-технических классов, одному из важных прикладных вопросов механики — «Динамика периодического движения».

Так как «Вращательное движение» — это один из распространенных видов движения в природе, технике и производстве, рассмотрим данный вопрос более подробно во втором параграфе дипломной работы.

## **Выводы по первой главе**

Организация обучения физике учащихся инженерно-технических классов является проблемой актуальной и сложной для учителя физики.

Пока недостаточно методических разработок для организации процесса обучения физике в инженерно-технических классах.

Для того, чтобы успешно осуществлять подготовку учащихся по теме «Динамика вращательного движения» надо сформировать у них знания об основных фундаментальных понятиях и законах, используемых в этой теме. Особое внимание стоит уделить прикладным вопросам данной темы и

основному физическому эксперименту, который подтверждает справедливость законов вращательного движения.

## **ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗДЕЛА ШКОЛЬНОГО КУРСА ФИЗИКИ «ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ»**

### **2.1. Методические особенности преподавания раздела «Вращательное движение»**

В теме «Вращательное движение» наибольшую трудность представляет ее динамическая часть.

Всякое движение может быть сведено к двум простейшим движениям – поступательному и вращательному. До сих пор занимались изучением поступательного прямолинейного движения. В технике в подавляющем большинстве случаев приходится иметь дело с вращательным движением. Вращаются оси, валы, шкивы и маховые колеса и т.д. Вращательное движение легче осуществимо, легче передается и регулируется.

Рациональная методика преподавания темы «Вращательное движение» будет способствовать и лучшему усвоению многих вопросов технической механики.

Законы вращательного движения имеют свои особенности, однако много помогает сознательному пониманию сопоставление их с изученными уже законами поступательного движения.

В ответах учащихся наблюдается путаница представлений о действии центростремительной и центробежной сил. Не смотря на то, что преподаватель в самом начале изложения вопроса о центростремительной и центробежной силах подчеркивает, что первая приложена к движущемуся телу, а вторая к связи и что эти силы не могут уравниваться как силы, приложенные к двум разным телам, учащиеся часто дают такие ответы, из которых вытекают обратные выводы.

Таким образом, оказывается, что центробежная сила приложена не к связи, а к вращающемуся телу: к шару центробежного регулятора; к шарик, катящемуся по вертикальной петле; к частицам воды в центробежном насосе.

Дать верное понятие о действии центростремительной и центробежной сил и избежать указанной путаницы можно, лишь исход в объяснении всех примеров вращательного движения из понятия о действии центростремительной силы как силы, препятствующей телу двигаться по инерции и заставляющей его смещаться с прямолинейного пути на круговой; центробежную же силу следует рассматривать лишь как противодействие центростремительной силе, возникающее по третьему закону Ньютона одновременно с центростремительной силой и вместе с ней исчезающее. При этом надо разъяснить учащимся, что названия приборов — «центробежная машина», «центробежный регулятор», «центробежный насос» — вовсе не указывают на то, что в основе их действия лежит «центробежная сила»; эти названия вошли в употребление в след за неудачным термином «центробежная сила», наталкивающая на представление о стремлении тела удалиться от центра вращения, двигаясь по радиусу, между тем как тело стремится двигаться по окружности. Надо с самого начала выяснить и подчеркнуть, что основной причиной вращательного движения является центростремительная сила.

Действие центростремительной силы и надо поставить во главу угла при объяснении всех примеров вращательного движения. При таком подходе к вопросу преподаватель избежит всех затруднений, какие встречались в этой теме на его пути, и не оставит места для той путаницы в представлениях и ответах учащихся, которая наблюдается во многих случаях.

При рассмотрении примеров вращательного движения и действующих при этом сил преподавателю необходимо выдержать объяснения в едином плане, заранее наметив то основное положение, из которого он будет исходить во всех дальнейших рассуждениях по этой теме. Во многих учебниках авторы строят свои объяснения то с точки зрения центробежной,

то центроостремительной силы, а не которые пользуются при этом еще и понятием «центроостремительное ускорение», как чем-то самоочевидным, тогда как это понятие тоже очень трудно дается учащимся. В большинстве учебником рассматривается много примеров вращательного движения, но эти примеры даются обычно ради самих, без всякой системы, причем объяснения рассматриваемых при этом явлений иногда грешат против истины. Наибольшая же неустойчивость обнаруживается в наших учебниках в отношении термина «центробежная сила», не поясняя своего отношения к нему, другие — пользуются им во всех случаях, не делая при этом никаких оговорок и пояснений.

Термин «центробежная» сила обычно вызывает у ученика неправильное представление об инерциальном противодействии, как о силе, которая может вызвать движение по направлению ее действия, что имеет место при прямолинейном движении. Между тем движение по радиусу от центра никак не может осуществиться под действием «центробежной» силы; движение может совершаться только по касательной к окружности и то при условии и в момент потери им связи с другим действующим на него телом. В этот момент обе силы, центроостремительная и «центробежная» перестают существовать.

Предлагается строить объяснения явлений, происходящих при вращательном движении, исходя исключительно из рассмотрения действия центроостремительной силы.

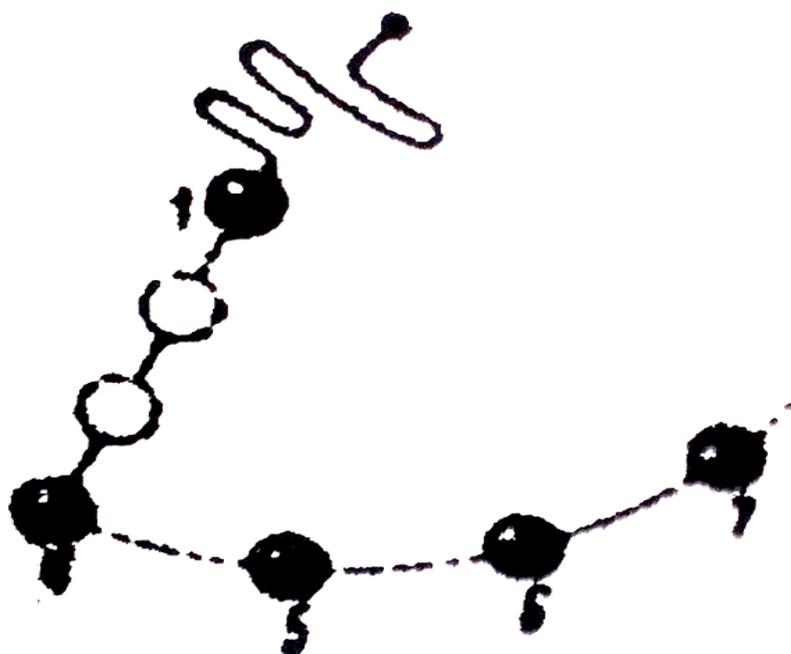
## **2.2. Демонстрационные опыты по разделу «Вращательное движение»**

### **❖ «Движение шарика по окружности»**

Оборудование: шарик, привязанный на нить

Цель: учащиеся должны знать особенности движения шарика по окружности

План эксперимента:



*Рис.1 Движение шарика по окружности*

- 1) форма проведения – демонстрационная;
- 2) время проведения – 3-4 минуты;
- 3) объект наблюдения – шарик на нити.

Вывод: шарик заставила двигаться центростремительная сила, возникшая со стороны нити, выражающаяся в ее натяжении.

❖ «Зависимость центростремительной силы от угловой скорости»

Оборудование: вращательная машина, маятник.

Цель: учащиеся должны знать, как центростремительная сила зависит от угловой скорости.

План эксперимента:

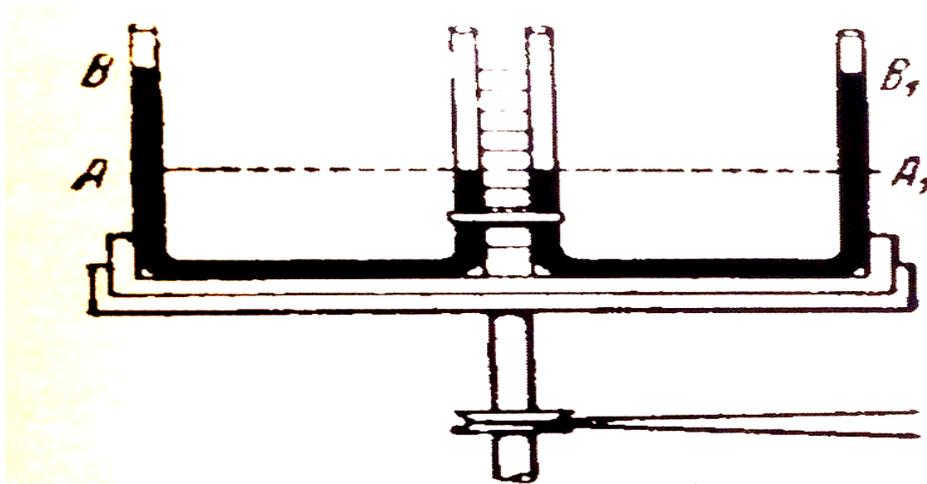


Рис.2 Зависимость центробежной силы от угловой скорости

- 1) форма проведения – демонстрационная;
- 2) время проведения – 5 минут;
- 3) объект наблюдения — угол отклонения.

Вывод: центробежная сила увеличивается в зависимости от изменения угловой скорости.

❖ «Пропорциональность центробежной силы квадрату числа оборотов»

Оборудование: вращательная машина, прибор с изогнутыми трубками, жидкость( ртуть, вода, медный купорос).

Цель: учащиеся должны знать какова пропорциональность центробежной силы квадрату числа оборотов.

План эксперимента:

- 1) форма проведения – демонстрационная;
- 2) время проведения – 3-4 минуты;
- 3) объект наблюдения — жидкость.

Вывод: с увеличением числа оборотов вдвое, увеличивается центробежная сила в 4 раза, т.е. прямо пропорционально квадрату числа оборотов.

### **2.3. Физический практикум по разделу «Вращательное движение»**

**Физический практикум** – эффективное средство развития самостоятельности учащихся.

В процессе преподавания физики самостоятельность и инициатива учащихся наиболее эффективно проявляются при выполнении разнообразных экспериментальных работ. Одним из методов преподавания физика может быть повышение роли самостоятельного эксперимента учащихся. Физический практикум формирует не только умения и навыки; развивает самостоятельность учащихся. Физический практикум формирует не только умения и навыки; развивает самостоятельность учащихся; позволяет проверять практические умения и навыки; обучать применению знаний. Обзорное повторение крупной темы или раздела на экспериментальной основе возможно только при помощи физического практикума.

Практикум является более высокой степенью самостоятельного эксперимента учащихся. Он позволяет совершенствовать практические умения и навыки, полученные в результате фронтальных работ. Потому для практикума отбираются работы с приборами и установками, иллюстрирующими применение изучаемых физических закономерностей в технике, а также работы с повышенной точностью измерения.

Практикум не только является одним из рациональных методов закрепления и углубления знаний, формирования практических умений и навыков, но и дает широкие возможности для оценки знаний и, в особенности, практических умений. Одним из достоинств физического практикума как метода обучения является то, что учитель имеет возможность

учитывать индивидуальные особенности учащихся: способности, темы выполнения работы, интерес к предмету, практические умения и навыки.

Опыт показывает, что выполнение учащимися лабораторных работ практикума способствует более конкретному восприятию учебного материала, повышению интереса к физике, привитию ценных умений и навыков.

Практикум является эффективным средством развития самостоятельности учащихся, что благоприятно сказывается на всей из учебной деятельности.

Физический практикум - важное средство не только развития экспериментальных умений и навыков учащихся, но и повторение материала, систематизации и обобщение знаний по курсу физики, выявления связи теории с практикой. Физический практикум прежде всего самостоятельно выполнение лабораторных работ.

Практикум даёт ученикам возможность применить полученные знания на практике, познакомиться с методами экспериментальных исследований в физике. Взаимосвязи теории и опыта, сформировать общие умения решать практические задачи, планировать проведение эксперимента, анализировать его результаты.

Цели и задачи физического практикума:

- повторения, углубления, расширения и обобщения полученных знаний из разных тем курса физики;
- развития и совершенствования у учащихся экспериментальных умений путем использования более сложного оборудования, более сложного эксперимента;
- формирования у них самостоятельности при решении задач, связанных с экспериментом.

Основными задачами, решение которых обеспечит достижение поставленной цели являются следующие:

- развитие у школьников умений описывать и обобщать результаты наблюдений;
- развитие умений использовать измерительные приборы для изучения физических явлений;
- развитие умений у учащихся представлять результаты измерений с помощью таблиц, графиков и выявлять на этой основе эмпирические зависимости;
- применять полученные знания для объяснения принципов действия важнейших технических устройств;
- формирование коммуникативной культуры учащихся и развитие умений работы с различными типами информации.

К каждой работе учитель составляет инструкцию, которая должна содержать:

- название; цель;
- список приборов и оборудования;
- краткую теорию;
- описание неизвестных учащимся приборов;
- план выполнения работы.

Описание каждой экспериментальной работы начинается с теоретического введения.

В экспериментальной части каждой работы приводится описание экспериментальных установок и задания, регламентирующие последовательность работы учащихся при проведении измерений, образцы рабочих таблиц для записи результатов измерений и рекомендации по методам обработки и представления результатов.

В конце описаний предлагаются контрольные вопросы, ответы на которые учащиеся должны подготовить к защите работ.

Учащийся заранее готовится к выполнению каждой работы. Он должен изучить описание работы, знать теорию в объеме, указанном в описании, порядок выполнения работы.

Перед началом выполнения работы учащийся получает допуск к работе, при этом перечень вопросов, на которые учащийся должен ответить, следующий:

- цель работы;
- основные физические законы, изучаемые в работе;
- схема установки и принцип ее действия;
- измеряемые величины и расчетные формулы;
- порядок выполнения работы.

Учащиеся, допущенные к выполнению работы, обязаны следовать порядку выполнения строго в соответствии с описанием.

Работа в лаборатории заканчивается обработкой учащимся полученных экспериментальных данных, построением графиков и оформлением отчета.

А также учащийся должен ответить на все вопросы по теории в полном объеме программы, обосновать принятую методику измерений и обработки данных.

Выполнение работы на этом завершается, выставляется итоговая оценка за работу.

При оценке работы учащихся в практикуме следует учитывать их подготовку к работе, отчет о работе, уровень сформированности умений, понимание теоретического материала, используемых методов экспериментального исследования.

## **Комплект «Вращение Вр»**

### **1. Назначение**

Комплект «Вращение» предназначен для проведения демонстрационных опытов по механике на уроках физики в 6-10 классах общеобразовательной школы. Комплект предназначен для эксплуатации в помещениях при температуре от +10 до +35 и относительной влажности не

более 80%, при температуре не выше +25 в районах с умеренным и холодным климатом.

Питание комплекта осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц.

## **2. Технические данные**

Диаметр диска, мм, не более -430

Диапазон регулировки частоты вращения диска, с-1- от 0 до 10

Высота стойки, мм, не менее- 230

Мощность электродвигателя, Вт, не более -50

Соотношение масс грузов-1:3

Габаритные размеры комплекта, мм, не более-490\*490\*180

Масса комплекта, кг, не более- 9,5

## **3. Комплектность**

*Таблица 1*

Позиция	Наименование	Количество
1	2	3
1	Электропривод	1
2	Пульт управления	1
3	Ловушка	1
4	Груз	2
5	Груз	1
6	Блок	1
7	Диск	1
8	Штанга	1
9	Динамометр	1
10	Стойка	2
11	Кронштейн	1
12	Воронка	1

13	Хвостовик	1
14	Стержень с шариками	1
15	Шарик с муфтой	1
16	Шар	1
17	Шпагат	1
18	Коробка с дробью	1
19	Направляющая	1
20	Насадка конусная	1
21	Шкала	3
22	Гайка	1
23	Ось	1
24	Дуга	1
25	Указатель	2
26	Шкив	1
27	Винт с потайной	1
28	головкой	3
29	Винт М5	2
30	Винт М3	1
31	Мешочек	1
32	Фрикционное кольцо	1
33	Предохранитель	1
34	Ящик	1
	Руководство по эксплуатации	1

Для демонстрации опытов дополнительно должны применяться не входящие в комплект приборы :

- 1) счетчик-секундомер ССУ-М для отсчета времени и частоты вращения;
- 2) подставка от штатива универсального.

#### 4. Устройство и работа прибора

Общий вид комплекта показан на рис.3.

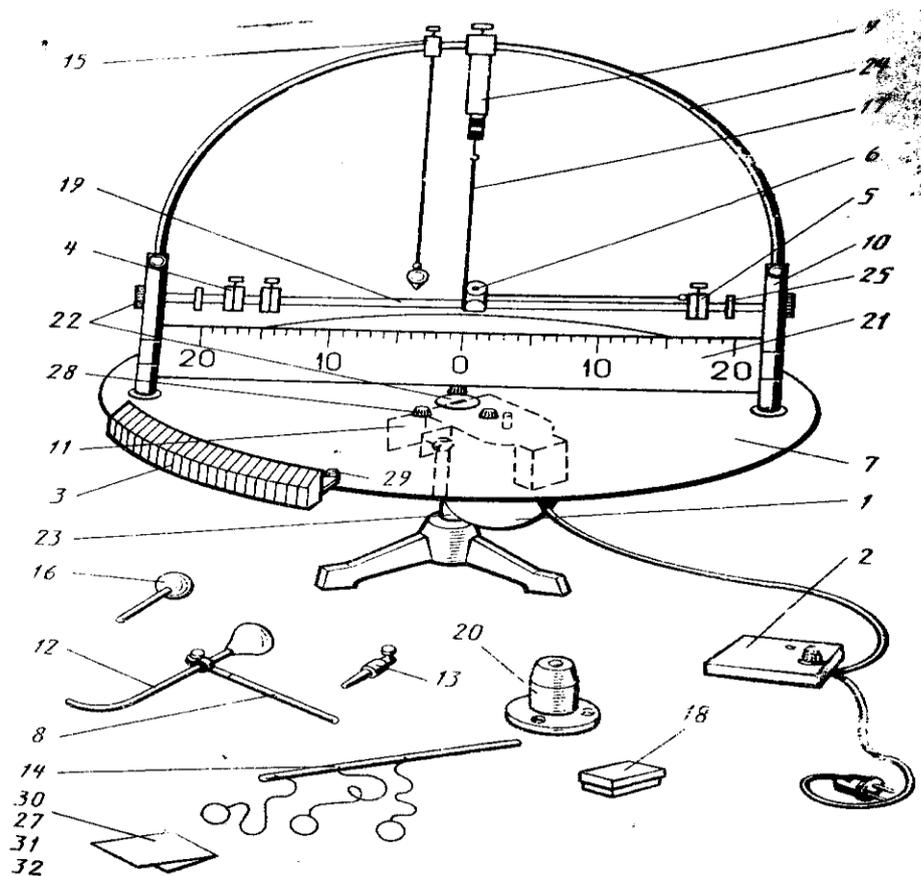
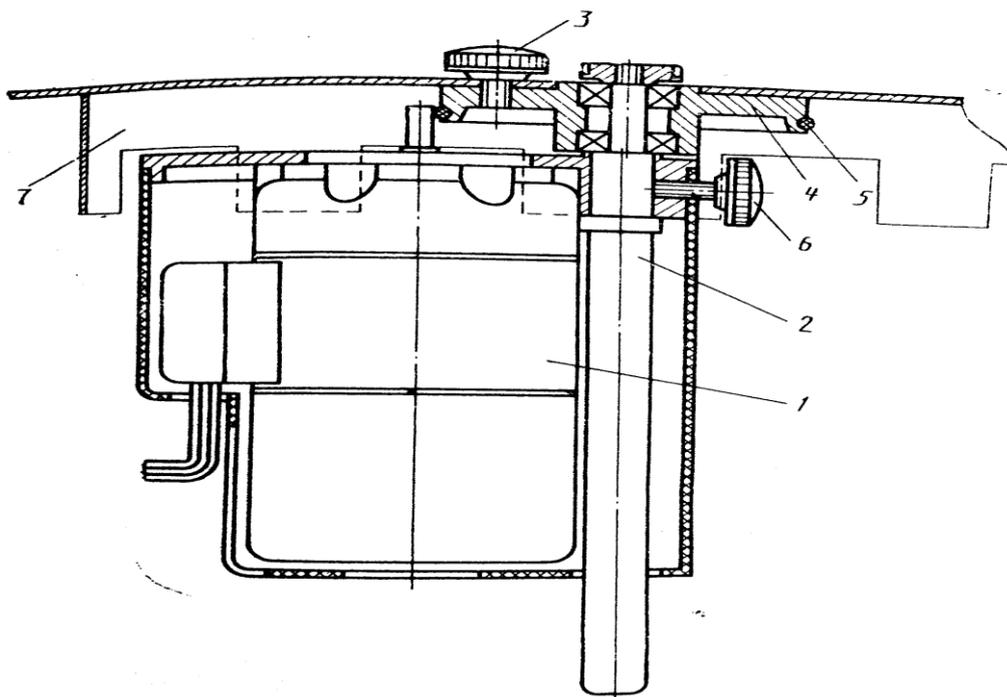


Рис.3. Комплект «Вращение Вр»

Основным рабочим узлом, на который монтируются все приспособления комплекта, служит металлический диск 7, на нижней плоскости которого закрепляется шкив с фрикционным кольцом. Диск насаживается на ось 23 электропривода, которая закрепляется в подставке штатива универсального. На нижней поверхности диска имеется тахометрическая кольцевая гребенка 7 (рис.4).



*Рис.4. Схема комплекта «Вращение Вр»*

На корпусе электропривода винтом закрепляется кронштейн 11, предназначенный для установки фотодатчика счетчика-секундомера ССУ-М, при помощи которых можно определить угловую скорость (частоту вращения) диска с точностью до  $0,1 \text{ с}^{-1}$ .

Электропривод через регулятор оборотов 2 подключается к сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц.

Регулятор оборотов выполнен в пластмассовом корпусе, на верхней крышке которого расположены предохранитель F1 в держателе, светоизлучающий диод VD1, выполняющий функцию светового индикатора включения в сеть, и ручка регулятора числа оборотов, закрепленная на потенциометре R9, совмещенном конструктивно с выключателем S1. В крышке корпуса имеется круглое отверстие, через которое производится дополнительная регулировка в случае вращения диска при крайнем левом положении ручки регулятора оборотов.

Элементы схемы регулятора оборотов расположены на плате с печатным монтажом и функционально объединены в схемы подавления радиопомех от электродвигателя и регулирования числа оборотов электродвигателя.

Схема подавления радиопомех в заданных диапазонах частот состоит из LC и RC и фильтров (L1; L2;C2;R2;R3;C3...C10) и работает на принципе резонансных явлений и утечки токов высокой частоты на землю.

Схема регулирования числа оборотов электродвигателя включает в себя симметричный тиристор VT1, работающий в режиме ключа, и формирователь управляющих тиристором VT1 импульсов, состоящий из резисторов R4...R9, диодного тиристора VT2, конденсатора C11 и диодной сборки VD2...VD5. В начале полупериода синусоидального питающего напряжения тиристоры VT1 и VT2 закрыты, а конденсатор C11 заряжается током, величина которого определяется сопротивлением резисторов R8 и R9. При достижении на конденсаторе C11 напряжения, равного порогу срабатывания диодного тиристора VT2, происходит разряд конденсатора C11 через тиристор VT2 диодную сборку VD2...VD5 и резисторы R6 и R7. Разрядный ток создает импульс напряжения на управляющем электроде тиристора VT1 для его открывания. Величина указанного импульса определяет степень открывания тиристора VT1 и, соответственно, величину напряжения на обмотке электродвигателя, а в конечном итоге — скорость вращения вала электродвигателя.

Аналогичные процессы происходят при поступлении полупериода противоположной полярности.

Стабилитроны VD6 и VD7 компенсируют резкие броски напряжения в электросети. Резистор R1 служит для ограничения тока, проходящего через светочувствительный диод. Резисторы R4 и R5 необходимы для развязки входа и выхода схемы регулирования.

## **5. Подготовка комплекта к работе**

Произвести сборку установки согласно рисунку 6. Для этого вынуть из ящика электропривод. Вставить снизу в отверстие фланца ось 2 ступенчатым концом до упора. Нижний конец оси зажать в подставке штатива универсального. На нижнюю часть диска закрепить тремя винтами 3 шкив 4. Установить диск на ступенчатой части оси электропривода и, поворачивая ось в отверстии фланца, установить необходимую степень контакта вала электродвигателя с функциональным кольцом 5 шкива, после чего закрепить ось в этом положении винтом 6.

Включить прибор в сеть. Плавно поворачивая ручку регулятора оборотов, убедиться, что угловая скорость диска плавно возрастает, после чего вернуть ручку в исходное положение и отключить прибор от сети.

Установить на диске приспособления, необходимые для проведения какого-либо опыта. Если в процессе демонстрации необходимо измерять угловую скорость то на корпусе электропривода закрепить кронштейн, а в него установить фотодатчик из комплекта счетчика-секундомера ССУ-М, как показано на рисунке 4, и подключить его к гнезду Д2 секундомера. Включить секундомер в режим счетчика импульсов за 1 с. Нажать кнопки «стоп» и «сброс». Нажать и отпустить кнопку «Пуск» и через секунду на индикаторном табло высветится угловая скорость диска в десятых долях с-1.

### **Комплект «Вращение Вр» позволяет показать:**

- возникновение центростремительной силы;
- зависимость центростремительной силы от массы, скорости и радиуса вращения тела;
- модель опыта Штерна;
- модель маятника Фуко;
- равновесие системы вращающихся тел.

### **Опыт 1. Возникновение центростремительной силы**

**Цель:** рассмотреть возникновение центростремительной силы.

### Оборудование:

- диск;
- стержень с тремя шариками на нитях.

### Подготовка установки и выполнение опыта

На поверхность диска, установленного горизонтально, кладут большую пробку или деревянный брусок. Диск приводят во вращение, плавно увеличивая скорость. Предмет, лежащий на диске, удерживается на нем силой трения покоя, которая в этом случае выполняет роль центростремительной силы. После достижения некоторой скорости сила трения покоя оказывается недостаточной, чтобы удерживать тело на окружности, и оно слетает с диска.



*Рис.5. Возникновение центростремительной силы*

В одном из крайних отверстий диска закрепляют стойку, в которую с помощью винта зажимают стержень с тремя шариками на нитях в таком положении, чтобы один из шариков висел над центром диска. Диск приводят во вращение, плавно увеличивая скорость. Шарик, висящий над центром

диска, остается в прежнем положении, а остальные два шарика отклоняются от оси тем больше, чем дальше они находятся от оси вращения.

### **Обсуждение результатов**

Разлагая вектор силы тяжести шарика на две составляющие, показывают, что: 1) центробежной силой, удерживающей шарик на окружности, является горизонтальная составляющая сила тяжести, или центробежной силой является равнодействующая силы тяжести и силы натяжения нити.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называется равнодействующей сил?
2. Какая сила называется центробежной?

### **Опыт 2. Зависимость центробежной силы от массы, скорости и радиуса вращения тела.**

**Цель:** рассмотреть как зависит центробежная сила от массы, скорости и радиуса вращения тела.

#### **Оборудование:**

- диск;
- рама из деталей универсального штатива;
- колодка и тахометр;
- динамометр;
- пряжка;
- карабин.

Варьируя скорость вращения, положение груза (радиус окружности), его массу и усилие, можно проверить пропорциональность центробежной силы каждому из входящих в формулу параметров ( $m$ ,  $\omega$ ,  $R$ ), если два других параметра поддерживаются постоянными. Усилие

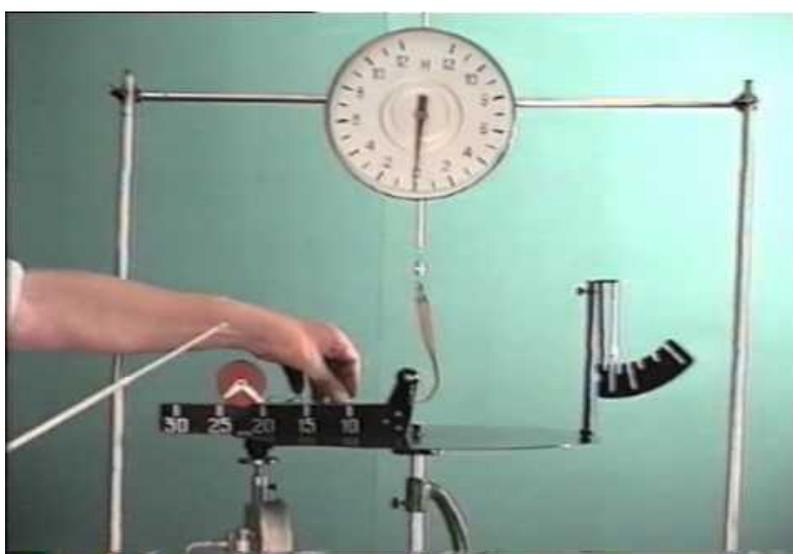
задаётся с учётом того, что в ходе эксперимента проверяемый параметр необходимо изменять не менее чем в два раза.

### **Подготовка установки**

Для того, чтобы собрать установку, изображённую на рисунке 8, нужно ось диска зажать в отверстии треноги. Затем на оси диска собрать раму из деталей универсального штатива и на ее верхней перекладине закрепить динамометр. Все части установки необходимо так отрегулировать, чтобы колодка и тахометр, установленные на диске, при вращении не задевали за раму, а крючок динамометра был точно над осью диска. Крепление колодки и тахометра на диске не должно препятствовать их свободному повороту при случайном задевании.

Один из катков ставят на направляющие колодки и соединяют с крючком динамометра посредством тесьмы. Тесьма для изменения ее длины имеет пряжку, а на верхнем конце – карабин, предотвращающий закручивание.

Подготовленную установку таким способом переносят на демонстрационный стол и устанавливают горизонтально.



*Рис.6. Зависимость центростремительной силы от массы, скорости и радиуса вращения тела*

## Выполнение опыта

Для демонстрации зависимости центростремительной силы от массы тела каток меньшей массы подвешивают к крючку динамометра и показывают, что масса его равна 200 г. Затем каток кладут на направляющие колодки, соединяют его тесьмой с крючком динамометра и, подтягивая пряжку, помещают каток на расстоянии 30 см от оси диска. Рукой приводят диск в движение и поддерживают постоянную скорость 1 об/сек. При этом следует обратить внимание на то, что динамометр показывает 300 г. Опыт повторяют с катком удвоенной массы, при этом величина центростремительной силы, которую показывает динамометр, оказывается равной 600 г.

При уменьшении скорости диска до 0,5 об/сек показания динамометра уменьшаются до 150 г.

Подтягивают пряжку на тесьме и уменьшают радиус вращения до 15 см. При скорости 1 об/сек динамометр показывает 300 г.

### Обсуждение результатов

Полученные результаты записывают в таблицу.

*Таблица 1*

№ п/п	m, г	n, об/сек	R, см	F, г
1	250	1	30	300
2	500	1	30	600
3	500	0,5	30	150
4	500	1	15	300

Результаты опытов позволяют сделать выводы, что величина центростремительной силы прямо пропорциональна массе тела, радиусу вращения и квадрату угловой скорости.

Полезно подставить формулу  $F = 4\pi^2 m R n^2$  данные одного из опытов, вычислить величину центростремительной силы и убедиться, что она

совпадает с соответствующим показанием динамометра. Например, при  $m=500$  г,  $R=30$  см и  $n=1$  об/сек центробежная сила будет:

$$F=4*3,14^2*0,5кг*0,3м*1 \text{ 1/сек}^2= 6 \text{ Н}$$

Контрольные вопросы

Какая сила называется центробежной?

Какая скорость называется угловой?

### **Опыт 3. Модель опыта Штерна**

Модель опыта Штерна состоит в демонстрации движения шарика, выпущенного из центральной области вращающегося диска с некоторой скоростью в радиальном направлении. В системе координат, связанной с диском, шарик в процессе движения отклоняется от первоначального направления.

В предлагаемом эксперименте угол отклонения шарика регистрируется в зависимости от угловой скорости вращения. При проведении опыта шарик выпускается из трубки, закрепленной в центральной части верхней перекладины рамы, и попадает в ловушку, образованную двумя коническими поверхностями, совмещенные по дуге окружности основания. Следует отметить, что в движение шарика происходит не только в плоскости вращения установки. После вылета из трубки в горизонтальном направлении он под действием силы тяжести приобретает и вертикальную составляющую скорости. Однако в данном эксперименте нас интересует только двумерная задача - рассмотрение относительного движения шарика и рамы (ловушки) в плоскости вращения.

Опыт Штерна в школьном курсе физики рассматривается в качестве подтверждения основных положений МКТ. В школьных условиях данный эксперимент продемонстрировать невозможно. С помощью установки, собираемой на основе элементов набора «Вращательное движение» можно создать механическую модель классического опыта и наглядно продемонстрировать учащимся возможность измерения скорости молекул.

При обсуждении результатов опыта, следует обратить внимание учащихся на то, что смещение места «оседания атомов» определяется соотношением их скорости в радиальном направлении и скорости движения ловушки по дуге окружности.

Однако модель опыта Штерна можно показывать и при изучении раздела «Механика», в частности, при рассмотрении вопросов, связанных с инерциальными и неинерциальными системами отсчета.

**Цель опыта:** рассмотреть прямолинейное движение тела во вращающейся системе отсчета.

**Оборудование:**

- основание;
- узел привода с рамой и датчиком частоты вращения;
- блок управления;
- шарик стальной - 3 шт.;
- ловушка;
- трубка изогнутая с воронкой и клипсой;
- кабель измерительный;
- секундомер демонстрационный или компьютерный измерительный блок.

**Подготовка установки**

Установите на демонстрационный стол основание и зажмите в нем узел привода с рамой и датчиком частоты вращения. Подключите кабель питания электродвигателя к блоку управления, а шнур питания блока управления - в сеть 220 В 50 Гц. Соедините выходной разъем датчика частоты вращения с разъемом 1 демонстрационного секундомера или компьютерного измерительного блока с помощью измерительного кабеля. Проверьте, чтобы в зоне вращения рамы не осталось никаких посторонних предметов.



*Рис.6. Модель опыта Штерна*

Закрепите ловушку с помощью двух зажимов в нижней части (в самом низком положении) на боковых стойках рамы . Зажимы крепятся на одной высоте. Трубка изогнутая с воронкой закрепляется на верхней планке рамы. Нижний конец трубки направляется в сторону ловушки и устанавливается перпендикулярно плоскости рамы.

После сборки установки проверьте, попадает ли шарик в ловушку в состоянии покоя. (Шарик необходимо бросить несколько раз). Шар должен попасть в зазор между конусами и зафиксироваться. Желательно, чтобы отражений шарика от внешнего конуса ловушки не возникало. Если шарик летит слишком высоко, то поднимите ловушку вверх (для этого следует ослабить зажимы крепления ловушки).

### **Выполнение опыта**

Включите электронный секундомер и установите на нем режим измерения частоты. Если для измерений используется компьютер, то подключите к нему компьютерный измерительный блок, запустите программу, и выберите в разделе «Датчики» пункт меню «Датчик частоты вращения», в котором, в свою очередь, войдите в сценарий «Вращение с постоянной или медленно изменяющейся скоростью». При выполнении измерений следуйте инструкциям к применяемому прибору.

Не включая привод вращения рамы, несколько раз запустите шарик и продемонстрируйте учащимся, что он захватывается в одной и той же точке ловушки. Шарик необходимо каждый раз вынимать из ловушки, и только последний брошенный шарик следует оставить на месте. Он будет показывать учащимся точку, от которой следует отсчитывать углы отклонения шарика при вращении системы.

Включите установку на минимальной частоте вращения, а затем плавно увеличьте частоту до значений примерно 0.4 - 0.5 об/с. Поместите шарик в воронку. После того, как он окажется в ловушке, Вам следует удвоить частоту вращения и осуществить бросок оставшегося третьего шарика. Измерение углов отклонения проводится по имеющейся на ловушке шкале после полной остановки вращения.

Опыты с бросанием шариков во время вращения установки можно повторить, подтвердив тем самым полученный результат - линейный рост угла отклонения шарика от первоначального направления движения с возрастанием угловой скорости вращения системы.

При проведении опыта частота вращения не должна превышать 1 об/с (показания секундомера - не выше 20 Гц), иначе угол отклонения может превысить  $90^\circ$  - предельный угол, на который рассчитана ловушка.

#### Обсуждение результатов

Представляет интерес проанализировать результаты данного эксперимента количественно, и таким образом воспроизвести методику определения скорости движения атомов в опыте Штерна.

Для наглядности будем считать, что шарик летит над диском, вращающимся с угловой скоростью  $\omega$ . Скорость шарика на срезе трубки  $V_r$ , направлена горизонтально и по радиусу диска. Горизонтальная скорость шарика остается постоянной во время его движения до края диска, поэтому время  $t$  движения шарика составит  $t = R/V_r$ . Под  $R$  здесь следует понимать радиус, на котором шарик застревает в ловушке, или радиус внешнего цилиндра, на котором «оседали» атомы в опыте Штерна. За это время диск (или ловушка) поворачивается на угол  $\varphi$ , равный:

$$\varphi = \omega t = \omega R/V_r$$

Полученное соотношение объясняет линейную зависимость угла отклонения от частоты вращения, наблюдавшуюся в эксперименте. Скорость шарика (или атомов в опыте Штерна) таким образом легко вычисляется из условий эксперимента ( $R$  и  $\omega$ ) результатов измерений ( $\varphi$ ):

$$V_r = \omega R/\varphi$$

Рассчитайте скорость шарика на основе выведенной формулы.

Оценку горизонтальной скорости движения шарика в этом опыте можно сделать и на основании закона сохранения энергии в поле силы тяжести (рассматривается движение шарика внутри трубки, всеми эффектами, связанными с вращением, пренебрегаем, т.к. трубка расположена в приосевой области):

$$\frac{mV_r^2}{2} = mgh$$

$$V_r = \sqrt{2gh}$$

Здесь  $m$  – масса шарика,  $g$  – ускорение свободного падения,  $h$  – расстояние от горловины воронки до уровня, на котором шарик выходит из трубки.

Сравните значения скорости шарика, полученные разными методами.

В неинерциальной системе отсчета, связанной с вращающимся диском (ловушкой), положение шарика удобно характеризовать координатами ( $r, \varphi$ )

– расстоянием тела от центра вращения и углом отклонения от первоначального направления движения. Для этих координат справедливы простые соотношения, понятные из предшествующего рассмотрения:

$$r = V r t, \quad \varphi = - \omega t$$

Знак «минус» перед угловой скоростью означает, что в системе координат, связанной с ловушкой, смещение шарика происходит в направлении, противоположном вращению диска. Кривая, описываемая такими уравнениями, имеет вид спирали и в математике называется спиралью Архимеда ( $r = a \varphi$ )

Следует отметить, что в проведенном эксперименте после вылета из трубки шарик, свободно падая в поле силы тяжести, приобретает некоторую скорость в вертикальном направлении. Однако эта составляющая скорости не оказывает никакого влияния на рассматриваемые в эксперименте явления. Вертикальная составляющая скорости должна учитываться только при выборе наклонов конических поверхностей, образующих ловушку.

Контрольные вопросы

Какую систему отсчета называют неинерциальной?

Какая скорость вращения называется угловой?

## **Опыт 2. Модель маятника Фуко**

Модель маятника Фуко играет при изучении физики огромное мировоззренческое значение. При изучении этого вопроса следует обратить внимание учащихся с одной стороны на простоту предлагаемой установки, с другой — на те важные выводы, которые можно сделать из проведения данного эксперимента.

**Цель опыта:** доказательство суточного вращения Земли.

**Оборудование:**

- основание;
- узел привода с рамой и датчиком частоты вращения;

блок управления;

- шар с нитью и держателем.

#### Подготовка установки

Установите на демонстрационный стол основание и зажмите в нем узел привода с рамой и датчиком частоты вращения(рис.8.).



*Рис.8. Модель маятника Фуко*

Подключите кабель питания электродвигателя к блоку управления, а шнур питания блока управления - в сеть 220 В 50 Гц. Проверьте, чтобы в зоне вращения рамы не осталось никаких посторонних предметов.

Закрепите на раме нитяной маятник, вставив винт держателя в отверстие в центре верхнего профиля рамы и зажав его с помощью гайки. Длина нити должна составлять 20 см.

#### Выполнение опыта

Раскачайте маятник, и рукой поворачивая раму, продемонстрируйте независимость плоскости колебаний маятника от вращения системы. Плоскость колебаний маятника рекомендуется выбрать в направлении

взгляда учащихся, т.к. при этом не возникнет сомнений в неизменности направления колебаний маятника.

Для дальнейшей демонстрации можно включить установку на минимальной скорости вращения.

В комментариях к эксперименту необходимо рассмотреть происходящее с точки зрения наблюдателя в системе отсчета, связанной с вращающейся рамой.

При этом следует отметить, что опираясь на неизменность плоскости колебаний маятника, наблюдатель может определить угловую скорость системы, в которой он находится. Именно этот метод позволяет показать, что земля имеет суточное вращение относительно своей оси.

Контрольные вопросы

- 1) Какое движение называется вращательным?
- 2) Как обеспечить видимость траектории движения шарика по диску?
- 3) Легкий или тяжелый шарик лучше взять для этого опыта? Почему?

### **Опыт 3. Равновесие системы вращающихся тел**

Эксперимент состоит в демонстрации того, что для двух связанных между собой тел, находящихся по разные от оси вращения, существует положение равновесия, в котором взаимодействие тел обеспечивает центростремительную силу, необходимую для движения каждого из них по окружности. Согласно третьему закону Ньютона тела действуют друг на друга с силами, равными по величине и противоположными по направлению. Поэтому поиск положения равновесия сводится к нахождению такого положения тел (такого удаления от оси вращения), которое соответствует одинаковым значениям центростремительной силы, необходимой для удержания каждого из них на окружности.

Этот опыт важен при формировании понятия «действие» и «противодействие». Он может служить иллюстрацией третьего закона Ньютона. В отличие от предыдущих опытов, при объяснении данного эксперимента учащимся следует уточнить, какие тела взаимодействуют.

Причем в данном опыте в равной степени важны все тела, участвующие во взаимодействии.

Поясните, какие силы при взаимодействии равны по модулю, укажите, где находятся точки их приложения. Крайне важно подчеркнуть, что точки приложения находятся на разных телах.

Предупредите очень распространенное заблуждение, пояснив разницу между силами «действия» и «противодействия» и уравновешенными силами. Силы «действия» и «противодействия» всегда приложены к разным телам, а уравновешенные силы приложены к одному телу.

**Цель опыта :** Изучить условия равновесия связанных тел, вращающихся вокруг оси;

Продемонстрировать способ сравнения масс;

Продемонстрировать справедливость третьего закона Ньютона.

**Оборудование:**

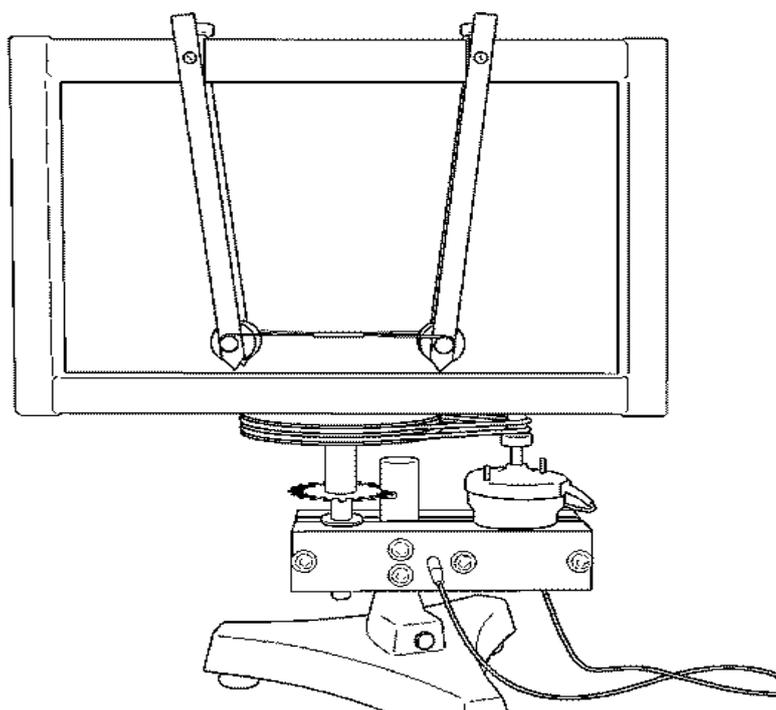
- основание;
- узел привода с рамой и датчиком частоты вращения;
- блок управления;
- груз 0.2 кг с подвесом - 2 шт.;
- груз 0.4 кг с подвесом;
- скоба для соединения грузов;
- кабель измерительный;
- секундомер демонстрационный.

**Подготовка установки**

Соберите установку, как показано на рис.9. Установите на демонстрационный стол основание и зажмите в нем узел привода с рамой и датчиком частоты вращения. Подключите кабель питания электродвигателя к блоку управления, а шнур питания блока управления - в сеть 220 В 50 Гц. Соедините выходной разъем датчика частоты вращения с разъемом 1 демонстрационного секундомера или компьютерного измерительного блока с

помощью измерительного кабеля. Проверьте, чтобы в зоне вращения рамы не осталось никаких посторонних предметов.

Установите на раме два подвеса (2) с грузами по 0.2 кг (1) по разные стороны от оси вращения. Скрепите грузы скобой(3). Длина скобы такова, что расстояние между центрами грузов составляет 15 см. Используя шкалу на верхней рейке рамы, закрепите подвесы так, чтобы расстояние между ними составило 18 см.



*Рис.9. Равновесие системы вращающихся тел*

### **Выполнение опыта**

Включите электронный секундомер и установите на нем режим измерения частоты. Если для измерений используется компьютер, то подключите к нему компьютерный измерительный блок, запустите программу, и выберите в разделе «Датчики» пункт меню «Датчик частоты вращения», в котором, в свою очередь, войдите в сценарий «Вращение с постоянной или медленно изменяющейся скоростью». При выполнении измерений следуйте инструкциям к применяемому прибору.

Сделайте несколько запусков установки при различных положениях подвесов относительно оси вращения. Включать установку следует на минимальной частоте вращения и затем плавно ее повышать. Одним из исследуемых положений должно быть симметричное расположение подвесов, и соответственно грузов. Обратите внимание учащихся на то, что в этом положении грузы остаются в исходном положении относительно оси вращения до значений угловой скорости примерно 1 об/с, в то время как во всех остальных положениях смещение грузов от положения равновесия начинается сразу после начала вращения.

Результат эксперимента можно сформулировать таким образом, что при одинаковом удалении тел равной массы от оси вращения для удержания их на траектории в виде окружности к ним должны быть приложены одинаковые по величине силы, что и обеспечивается стяжкой, соединяющей тела между собой. Отметим, что центр масс тел при этом располагается на оси вращения.

Для исследования условия равновесия тел разной массы замените один из грузов грузом массой 0.4 кг и повторите эксперимент в той же последовательности. В данном случае обязательным положением грузов является следующее: груз массой 0.4 кг должен быть в 2 раза ближе к центру, чем груз массой 0.2 кг.

При таком расположении грузов центробежные силы, обеспечивающие их движение по окружностям заданного (исходного) радиуса, одинаковы.

Следует сказать, что если частота вращения установки превышает определенное значение, грузы резко выходят из положения равновесия и смещаются до тех пор, пока их движение не ограничивается рамой. Это происходит потому, что положение равновесия грузов не является устойчивым, а в эксперименте всегда присутствует некоторая ошибка в установке грузов.

Обсуждение результатов

Центростремительная сила в данном эксперименте возникает благодаря тому, что тела связаны друг с другом. Таким образом значения центростремительных сил, приложенных к обоим телам ( $F_1$  и  $F_2$ ), всегда одинаковы, и условие равновесия можно записать в следующем виде:

$$F_1 = F_2$$

$$F = ma, \quad a = \omega^2 R$$

Так как тела вращаются с одинаковой угловой скоростью, условие равновесия принимает вид:

$$m_1 R_1 = m_2 R_2,$$

или:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{m_1}{m_2}$$

Таким образом, для равновесия необходимо, чтобы расстояния, на которые тела удалены от оси вращения, были бы обратно пропорциональны их массам. Для тел одинаковой массы это означает равенство расстояний от центра. Тела с отношением масс 1:2 движутся по окружностям, радиусы которых относятся как 2:1. Именно такое соотношение радиусов окружностей, по которым двигались тела в условиях равновесия, и имело место в эксперименте.

Контрольные вопросы

- 1) Сформулируйте третий закон Ньютона
- 2) Какая сила называется центростремительной?
- 3) Какие бывают условия равновесия вращающихся тел?

## **Выводы по второй главе**

Ввиду трудности усвоения учащимися теории по вращательному движению следует особое внимание уделить демонстрационным опытам и физическому практикуму.



## Заключение

Проблема, рассмотренная в выпускной квалификационной работе, актуальна и раскрыта на определенном уровне. Разработан физический практикум и методика его проведения в инженерно-технических классах.

Особое внимание учителю физики, работающему с учащимися данных классов, следует уделить физической сущности таких проведенных опытов:

- возникновение центростремительной силы;
- зависимость центростремительной силы
- модель опыта Штерна;
- модель маятника Фуко;
- равновесие системы вращающихся тел.

Разработанный физический практикум рекомендован в качестве учебного пособия для экспериментального изучения прикладных вопросов раздела «Вращательное движение». Корректировка разработанного содержания физического практикума требует экспериментальной проверки в специально организованном педагогическом эксперименте.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие **задачи**:

1. Изучено и проанализировано состояние исследуемой проблемы в практике школьного профильного обучения физике;
2. Проведен теоретический анализ методической литературы по теме исследования;
3. Выделены основные понятия для организации познавательной деятельности учащихся;
4. Разработан физический практикум для инженерно-технических классов.

Проблема, рассмотренная в выпускной квалификационной работе, актуальна и требует своего дальнейшего исследования по проверке эффективности разработанного физического практикума.

В результате частичной апробации разработанного физического практикума было выявлено, что учащиеся затрудняются в причинах возникновения вращательного движения. Путают такие понятия как «парасил» «угловая» и «линейная скорость» и записи Второго закона Ньютона.

## Библиографический список

1. Астахов А.В., Широков Ю.М. Курс физики: Т. 1 Механика. Кинетическая теория материи. – М.: Наука, 1977. – 384 с.
2. Буров В.А. и др. Фронтальные экспериментальные задания по физике в средней школе. - М.: Академия, 2005. - 208 с.
3. Касьянов В.А. Физика.10 кл. Учебн. для общеобразоват. Учебн. заведений. - 5-е изд., стереотип. - М.: Дрофа, 2003. - 416 с.: ил.
4. Касьянов В.А. Физика.10 кл. Профильный уровень: учебн. для общеобразоват. учреждений .- 9-е издание , стереотип. – М.: Дрофа, 2013. – 448с
5. Методика преподавания физики и астрономии в 7-9 классах общеобразовательных учреждений: Книга для учителя / под ред. А.А. Пинского, И.Г. Кирилловой. М. Просвещение, 1999.
6. Марголис А.А. и др. Практикум по школьному физическому эксперименту: Учебное пособие для пед. институтов. Изд. 2-е. — М.: Просвещение, 1968. 390 с.
7. Мякишев Г.Я, Буховцев Б.Б, Сотский Н.Н Физика. 10 класс. Учебник: Учебник. - М.: Гардарика, 2008. - 138 с.
8. Носова Т.И., Каменецкий С.Е. и др. Механика. Факультативный курс. Пособие для учителей. М.:
9. Пёрышкин А.В., Гутник Е.М. Физика. Учебник для 9 класса. М: Дрофа, 2002 г.
- 10.** Пособие для учителя / А.Г. Асмолов, Г.В. Бурменская, И.В. Володарская, О.А. Карабанова, Н.Г. Салмина, С.В. Молчанов. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 2011. — 159 с.
11. Практикум по физике в средней школе: Дидакт. материал: Пособие для учителя / Под ред. В.А. Букова, Ю.И. Дика. М.: Просвещение, 1987. — 191 с.

12. Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы. Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. - М.: ГЕОТАР Медиа, 2007. - 640 с.
13. Тесленко В.И., Богомаз И.В., «Школьное инженерно-техническое образование: концептуальное осмысление». Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева 2014 № 4 [30]
14. Физика: Учеб.для 11 кл.шк. и кл. с углубленным изучением физики / А.Т. Глазунов, О.Ф. Кабардин; Под ред. А.А. Пинского – 8-е изд.М.: Просвещение,2003 – 432 с.
15. Методика изучения динамики твердого тела в курсе физики профильной средней школы. URL:<http://www.bestreferat.ru/referat-214722.html>
16. Формирование основных понятий вращательного движения в средней школе. URL:<http://www.kazedu.kz/referat/53313>
17. Демонстрационное оборудование «L-микро». URL:<https://fiz.1september.ru/articlef.php?ID=200502103>

**Физический практикум о раздел «вращательное движение»**